



TOGETHER
for a sustainable future

OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50th anniversary of the United Nations Industrial Development Organisation.



TOGETHER
for a sustainable future

DISCLAIMER

This document has been produced without formal United Nations editing. The designations employed and the presentation of the material in this document do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat of the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries, or its economic system or degree of development. Designations such as “developed”, “industrialized” and “developing” are intended for statistical convenience and do not necessarily express a judgment about the stage reached by a particular country or area in the development process. Mention of firm names or commercial products does not constitute an endorsement by UNIDO.

FAIR USE POLICY

Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

CONTACT

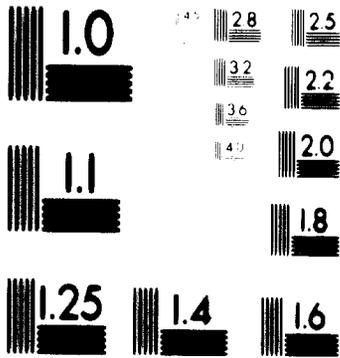
Please contact publications@unido.org for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at www.unido.org

1

OF

7



MICROCOPY RESOLUTION TEST CHART
NATIONAL BUREAU OF STANDARDS
STANDARD REFERENCE MATERIAL 1010a
(ANSI and ISO TEST CHART No. 2)

24 x
F

Atkins Planning

**Um relatório para a
Organização das Nações Unidas para
Desenvolvimento Industrial**

04615-P
2777

**Inovações tecnológicas e suas
implicações na planificação a
longo prazo da Indústria
Siderúrgica no Brasil**

Atkins Planning

**Um relatório para a
Organização das Nações Unidas para
Desenvolvimento Industrial**

04615

**Inovações tecnológicas e suas
implicações na planificação a
longo prazo da Indústria
Siderúrgica no Brasil**

Atkins Planning
Woodcote Grove Ashley Road
Epsom Surrey Inglaterra

Novembro de 1972

ÍNDICE

	Página
TERMS DE REFERÊNCIA	i
ABREVIATURAS	v
PREFÁCIO	vii
PREÂMBULO PELOS ESTRATEGISTAS DE RENOME	ix
SUMÁRIO E RECOMENDAÇÕES	xxiii
SECÇÃO A	
CAPÍTULO 1 - A INDÚSTRIA ATUAL E A PLANIFICADA	
1.1 A composição da indústria	1
1.2 Produção atual e capacidade planificada	9
1.3 Diversidade do produto	11
1.4 Organização da indústria	11
CAPÍTULO 2 - RECURSOS E TRANSPORTE	
2.1 Estoques	16
2.2 Carvão e cervão vegetal	19
2.3 Combustíveis e eletricidade	23
2.4 Materiais de processamento e água	25
2.5 Transporte	27
CAPÍTULO 3 - AVALIAÇÃO DAS FACILIDADES EXISTENTES PARA FABRICAÇÃO DE FERRO	
3.1 Fabricação de coque	31
3.2 Concrecionamento	33
3.3 Altos fornos para produção de ferro	35
3.4 Outros processos de fabricação de ferro	39
CAPÍTULO 4 - AVALIAÇÃO DAS ATUAIS INSTALAÇÕES DE FABRICAÇÃO DE AÇO	
4.1 Características de instalação	41
4.2 Prática de operação	43
CAPÍTULO 5 - AVALIAÇÃO DAS FACILIDADES EXISTENTES PARA FUNDIÇÃO E LAMINAÇÃO	
5.1 Fundição e laminação primária	49
5.2 Laminador secundário	50
5.3 Fabricação de tubos	53
5.4 Processos de cobertura	54
5.5 Produtos acabados	54

**CAPÍTULO 6 - AVALIAÇÃO DAS PRÁTICAS ADOTADAS
PELAS ACERARIAS E SEU RENDIMENTO**

6.1	Lacuna no rendimento	59
6.2	Informações originárias da gerência	69
6.3	Racionalização	70
6.4	A função dos novos processos de manufatura	71

SECÇÃO B

CAPÍTULO 7 - PROCESSAMENTO DE MINÉRIO DE FERRO

7.1	Tendências em preparação do minério de ferro	72
7.2	Desenvolvimento de instalações para concreção	83
7.3	Desenvolvimento de instalações para produção de pelota	86

CAPÍTULO 8 - FABRICAÇÃO CONVENCIONAL DE COQUE

8.1	Impeto ao desenvolvimento	89
8.2	Composição da mistura de carvão para coque	89
8.3	Preparação de carvão	91
8.4	Secagem e pré-aquecimento da carga de carvão	92
8.5	Maior capacidade das estufas	94
8.6	Maior regime de coqueificação	95
8.7	Usinas para produtos derivados	96
8.8	O futuro da manufatura convencional de coque e o seu valor econômico unitário	96

CAPÍTULO 9 - FABRICAÇÃO DE COQUE "FORMADO"

9.1	Processos para fabricação de coque formado	98
9.2	Propriedades do coque formado	102
9.3	Experiências de produção de ferro em altos-fornos com coque formado	104
9.4	O futuro do coque formado em altos-fornos	105

**CAPÍTULO 10 - FABRICAÇÃO DE FERRO EM ALTO-FORNO
E FUNDIÇÃO ELÉTRICA**

10.1	Desenvolvimento do alto-forno	108
10.2	Dimensão e rendimento dos altos-fornos	109
10.3	Regime de consumo de coque	115
10.4	Injeção de combustível	119
10.5	Melhoramentos na prática de altos-fornos	127
10.6	Efeitos de preparação da carga	130
10.7	Uso de minério de ferro parcialmente reduzido para a alimentação de altos-fornos	130
10.8	Efeitos de cargas de calcário em altos-fornos	134
10.9	Uso de carvão vegetal na fabricação de ferro	135
10.10	Qualidade de metal quente em ferro produzido por altos-fornos	138
10.11	Processos de fundição elétrica para manufatura de ferro	139

**CAPÍTULO 11 - FABRICAÇÃO DE FERRO POROSO
POR REDUÇÃO DIRETA**

11.1	Processos de fabricação de ferro por redução direta	143
11.2	Processos de redução gasosa	144
11.3	Processos de redução de combustível sólido	152
11.4	Pré-redução elétrica	155
11.5	Fabricação de ferro por redução direta fazendo uso de energia nuclear	155
11.6	O futuro da redução direta	156

CAPÍTULO 12 - MANUFATURA DE AÇO E METAL QUENTE

12.1	Desenvolvimentos recentes do processo	158
12.2	Processos de conversão com sopramento a topo	159
12.3	Processos de conversão por sopramento à parte inferior	164
12.4	Fabricação de aço pelo processo Siemens-Martin	168
12.5	Adição de elementos de liga	170
12.6	Manufatura contínua de aço	171
12.7	Futuro da produção de aço a metal quente	172

CAPÍTULO 13 - MANUFATURA DE AÇO COM METAL À FRIO

13.1	Tendências na seleção de processo	175
13.2	Desenvolvimentos em fornalhas de arco elétrico	177
13.3	Manufatura de aço com ferro poroso	185
13.4	Preparação e manipulação de sucata	188

CAPÍTULO 14 - MÉTODOS PARA A PRODUÇÃO DE AÇO

14.1	Tendências na seleção de processos para a manufatura de aços comuns	191
14.2	Custos dos diferentes processos para a manufatura de aço	191
14.3	Tendências futuras na seleção de processos	197

CAPÍTULO 15 - FUNDIÇÃO

15.1	Fundição de lingotes	200
15.2	Fundição contínua	202
15.3	Comparação entre forjamentos de lingotes e forjamento contínuo	213
15.4	Inovações técnicas em forjamento	216

CAPÍTULO 16 - LAMINAÇÃO PRIMÁRIA

16.1	O desenvolvimento de laminação	218
16.2	Fábricas de placas	220
16.3	Moinhos para blocos	221
16.4	Moinhos para tarugos	222

CAPÍTULO 17 - LAMINAGEM DE PRODUTOS PLANOS

17.1	Usinas de pranchas	224
17.2	Usinas de tiras à quente	225
17.3	Usinas para tiras laminadas à frio	231
17.4	Usinas para tiras estreitas	233

CAPÍTULO 18 - LAMINAGENS DE PRODUTOS NÃO-PLANOS

18.1	Usinas estruturais	234
18.2	Usinas de trilhos	236
18.3	Usinas para produtos de mercantilização	237
18.4	Usinas de fio máquina	238

CAPÍTULO 19 - FABRICAÇÃO DE CANALIZAÇÕES E DE TUBAGEM

19.1	Tendências na produção de canalizações e de tubagem	239
19.2	Tubagens soldadas	240
19.3	Tubagens sem costura	243
19.4	Outros desenvolvimentos em produção de tubos	245
19.5	Processos de acabamento	246
19.6	Experiência de tubagens	248
19.7	Camadas de proteção	248
19.8	Custos de produção	249

CAPÍTULO 20 - REVESTIMENTOS

20.1	Produtos revestidos	251
20.2	Folha de flandres	252
20.3	Aço não estanhado	254
20.4	Tira galvanizada	255
20.5	Revestimentos orgânicos	257
20.6	Outros revestimentos	258
20.7	O futuro e longo prazo	259

CAPÍTULO 21 - PRODUÇÃO DE AÇOS ESPECIAIS

21.1	Produção de aço líquido	261
21.2	Refinação de aços.	262
21.3	Adição de elementos de liga	263
21.4	Adição de desoxidantes	263
21.5	Extração física de gás	264
21.6	Remoção de inclusões não metálicas	267
21.7	Remoção de elementos indesejáveis metálicos e não-metálicos	268
21.8	Técnicas especiais	268
21.9	Tendências em processos de refinação de aços inoxidáveis	270
21.10	Forjamento de aços especiais	270
21.11	Aços especiais para laminação	271

CAPÍTULO 22 - MINI-ACERARIAS

22.1	Definição	275
22.2	Estudo das mini-acerarias existentes	276
22.3	Custos e localização de mini-acerarias	278
22.4	Disponibilidade de sucata e seu preço	282
22.5	Desenvolvimentos futuros em mini-acerarias	283

CAPÍTULO 23 - POLUIÇÃO

23.1	Necessidade de controle de poluição	285
23.2	A atual legislação sobre poluição	285
23.3	Revisita dos métodos de controle de poluição em acerarias e fábricas de ferro	286
23.4	Custo total de controle de poluição	294
23.5	Tendências em técnicas de recuperação e de re-ciclo	294

CAPÍTULO 24 - AUTOMATIZAÇÃO

24.1	Aspectos de autometização	296
24.2	Automatização na indústria siderúrgica	297
24.3	Tendência futura	304

CAPÍTULO 25 - NECESSIDADE DE ENERGIA

25.1	Acerarias integradas	305
25.2	Alto-forno - método BOF	305
25.3	Redução direta - métodos por forno de arco elétrico	306
25.4	Método por fornalha de arco elétrico à base de sucata	308

CAPÍTULO 26 - LOCALIZAÇÃO DAS FABRICAS DA INDUSTRIA SIDERURGICA

26.1	Fatores que afetam a localização	309
26.2	Os antecedentes históricos que afetam a localização	309
26.3	A herança do passado.	310
26.4	Rendimento operacional	311
26.5	Custos de transportes	313

CAPÍTULO 27 - TENDÊNCIAS NA PRODUÇÃO DE AÇO

27.1	Fatores que causam mudanças na configuração da produção de aço	315
27.2	A tendência no sentido de grandes acerarias e suas implicações	315
27.3	O efeito de mudanças no uso de minério de ferro	317
27.4	O efeito de fornecimento de sucata.	319
27.5	O efeito de fornecimentos de carvão	322
27.6	Fatores que afetam a configuração de acerarias	324
27.7	O crescimento de produção nas diferentes áreas	327
27.8	Financiamento do crescimento de produção	329

CAPÍTULO 28 - DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO

28.1	Aço de propriedade especificada	334
28.2	Produtos acabados	339

CAPÍTULO 29 - COMPETIÇÃO COM OUTROS MATERIAIS

29.1	Indústrias orientadas para o consumo geral	343
29.2	Construção	344
29.3	Embalagem	345
29.4	Canalizações e tubagem	346

CAPÍTULO 30 - TENDÊNCIAS NO CONSUMO DE AÇO

30.1	Consumo de aço em relação ao crescimento industrial	347
30.2	Evolução da mistura de produtos	354

CAPÍTULO 31 - TENDÊNCIAS NA BALANCA COMERCIAL INTERNACIONAL DO AÇO

31.1	Balança comercial	357
31.2	Configuração geográfica da comercialização	359
31.3	Produtos transacionados	359
31.4	O movimento comercial e a sua evolução	361
31.5	Comércio de produtos semi acabados	362
31.6	Preços no mercado nacional	363
31.7	Preços de exportação	366
31.8	Flutuações de preços	369
31.9	Uma comparação entre os sistemas de preços de entrega e de preços de devidos pontos de preços básicos	369
31.10	Lucros nas indústrias siderúrgicas	372

CAPÍTULO 32 - A FUNÇÃO DOS PAÍSES EM DESENVOLVIMENTO

381

SECÇÃO C

CAPÍTULO 33 - EXPANSÃO DA INDÚSTRIA

33.1	Capacidade total necessária ao ser atingido o ano de 1980	384
33.2	Capacidade calculada para 1980 da indústria existente	390

CAPÍTULO 34 - IMPLICAÇÕES PARA FORJAMENTO, LAMINAÇÃO E ACABAMENTO NO BRASIL

34.1	Setor de produto plano	396
34.2	Setor do produto não-plano	399
34.3	Setor de produtos de aço especiais	404
34.4	A demanda de aço	406

CAPÍTULO 35 - AS IMPLICAÇÕES PARA A INDÚSTRIA SIDERÚRGICA NO BRASIL

35.1	Equilíbrio entre a manufatura de aço por metal quente e por metal frio	407
------	--	-----

	Página
35.2	As necessidades existentes no setor de produto plano 410
35.3	As necessidades de setor de produtos não-planos 413
35.4	As necessidades do setor de aços especiais 414
35.5	Tendências tecnológicas na produção de aço e de ferro com implicações significativas no planejamento da indústria siderúrgica brasileira 416

CAPÍTULO 36 - IMPLICAÇÕES PARA O PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO NA INDÚSTRIA SIDERÚRGICA DO BRASIL

36.1	Estrutura do setor de produtos planos 430
36.2	Estrutura do setor de produtos não-planos 432
36.3	Estrutura do setor de aços especiais 437
36.4	Considerações de planejamento que são comuns a todos os setores da indústria 439

CAPÍTULO 37 - DESENVOLVIMENTO DE CAPACIDADE PARA ENGENHARIA E MANUFATURA DE MAQUINARIA

37.1	Estudo de viabilidade 441
37.2	Engenharia de projeto e administração 444
37.3	Engenharia civil estrutural 448
37.4	Desenho de maquinaria e equipamento 449
37.5	Construção de instalações e maquinaria 450
37.6	Produção de rolos 454
37.7	Equipamento elétrico 455
37.8	Conclusões e recomendações 456

CAPÍTULO 38 - INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO

38.1	Prática mundial 457
38.2	Objetivos de investigação e do desenvolvimento 460
38.3	A organização de investigações e de desenvolvimento 462
38.4	A função educative 464
38.5	Necessidades requeridas por um programa de educação 464
38.6	Conclusões gerais e recomendações 468

CAPÍTULO 39 - EDUCAÇÃO E TREINAMENTO PARA A INDÚSTRIA SIDERÚRGICA

39.1	A necessidade de pessoal qualificado 473
39.2	Tipos de educação e treinamento 474
39.3	Organização da educação e do treino 476
39.4	A transferência de tecnologia 477
39.5	Conclusões e Recomendações 479

CAPÍTULO 40 - RECOMENDAÇÕES PARA AÇÃO NA PLANIFICAÇÃO NA INDÚSTRIA SIDERÚRGICA BRASILEIRA

40.1	Os planejadores 480
40.2	Estudos de áreas vitais de decisão 481
40.3	Estratégia global para a indústria 485

APÊNDICES

Página

APÊNDICE 1 - DADOS BÁSICOS DE RENDIMENTO

A1.1	Definições do critério de rendimento	488
A1.2	Níveis de rendimento	489
A1.3	Rendimentos do processo	491

APÊNDICE 2 - DERIVAÇÃO DO CUSTO COMPREENSIVO E FATORES DE RECUPERAÇÃO DE CAPITAL

A2.1	Definição dos termos de custo	493
A2.2	Custo compreensivo	493
A2.3	Capital para exploração	496

APÊNDICE 3 - CUSTOS DE AÇO À LUZ DE CONFIGURAÇÕES NAS ACERARIAS ESCOLHIDAS

A3.1	Análise do valor das tendências da tecnologia mundial	501
A3.2	Descrições das usinas modelos	505
A3.3	Custo de aço produzido em usinas modelos	509

	APÊNDICE 4 - REFERÊNCIAS	518
--	--------------------------	-----

RELAÇÃO DE QUADROS

<u>Quadro</u>	<u>Página</u>	
1.1	Lista de companhias com produtos e capacidade correlacionada de produtos acabados	2
1.2	Classificação de acerarias no Brasil	8
1.3	Distribuição de acerarias no setor de produtos não-planos	9
1.4	Distribuição de produção em 1971	10
1.5	Diversidade do produto 1969-1971	12
2.1	Reservas em depósitos de minério de ferro	17
2.2	Disponibilidade de sucata prevista no Brasil	18
2.3	Reservas de carvão brasileiro	21
2.4	Características típicas de carvões lavados	22
2.5	Capacidade de geração regional de eletricidade	25
2.6	Aumento na demanda em infra-estrutura de transportes 1970 a 1980	28
3.1	Instalações de baterias de fogões de coque tipo fendido	32
3.2	Instalações de concrecionamento	34
3.3	Rendimento de maquinaria de concrecionamento	34
3.4	Instalações de altos-fornos	35
3.5	Padrão de produção de ferro	36
3.6	Rendimento de instalações de produção de ferro	37
4.1	Avaliação das existentes instalações para fabricação de cimento	41
4.2	Instalações para fabricação de aço	42
4.3	Produção de aço pelo sistema BOF	44
4.4	Produção de aço por sistema Siemens-Martin	45
4.5	Produção de aço por arco elétrico	46
5.1	Instalações de fundição contínua	49
5.2	Instalações de laminadoras	50
5.3	Rendimento de laminadoras de produtos planos	52
5.4	Rendimento de acerarias de produtos não-planos	52
5.5	Gama de produtos planos	54
5.6	Gama de produtos não-planos	55
5.7	Produtos para além das capacidades de instalação	57
5.8	Grupos afativas de produtos	58

<u>Quadro</u>	<u>Página</u>
6.1 Rendimentos nas áreas do processo	60
6.2 Utilização de maquinaria - 1969	62
6.3 Mão-de-obra - números empregados	63
6.4 Rendimento da mão-de-obra	64
7.1 Uso relativo de processos de preparação do minério	73
7.2 Produção mundial de pelota	76
8.1 Gama do teor de matéria volátil e produção de coque em certos países	90
8.2 Efeitos do pré-aquecimento do carvão	93
9.1 Classificação simples, com exemplos, de processos de fabricação de 'coque' não-clássico	99
9.2 Propriedades do coque formado comparadas com as do coque convencional	103
9.3 Desdobramento dos custos da fabricação de coque	106
10.1 Desdobramento dos custos de fabricação em altos-fornos	108
10.2 Custos compreensivos de conversão de altos-fornos para fabricação de ferro	115
10.3 Tendência no consumo de coque em altos-fornos	118
10.4 Algumas propriedades dos produtos injetados em altos-fornos	123
10.5 Custo de produção de ferro pelo processo Tyaland-Hole	140
10.6 Custo de fabricação de ferro pelo processo Elektrokemisk	142
11.1 Processos importantes de redução direta	144
11.2 Situação relativa dos projetos de redução direta	145
11.3 Custos de fabricação de ferro pelo processo HYL	149
11.4 Custos de fabricação de ferro pelo processo SL/RN	154
12.1 Distribuição da capacidade da fornalha básica de oxigênio em 1971	159
12.2 Configuração de instalações BOF em 1971	161
12.3 Percentagem de sucata em cargas para produção de aço pelo processo BOF em vários países	163
12.4 Lista mundial de instalações OBM/Q-BOF	167
13.1 Melhoramentos em produtividade devidos a pré-aquecimento de fornalhas	183
13.2 Vantagens econômicas de pré-aquecimento separado de sucata	184
14.1 Computação dos custos de sucata	197
14.2 Preços de sucata entregue nos países selecionados	193
14.3 Custos de manufatura de aço à metal quente	194
14.4 Custos de manufatura de aço à metal frio	194
14.5 Custos de fabricação de aço à base de sucata	195
15.1 Custos de operação de fundição de lingotes	201
15.2 Custos de operação de fundição contínua	213
15.3 Custos comparativos de produção de terços por fundição de lingotes e por outros métodos de fundição contínua	214

<u>Quadro</u>	<u>Página</u>
16.1 Custos de laminagem para diferentes instalações	220
20.1 Instalações sem estanhamento - EUA e Canada	256
22.1 Acerarias nos EUA com capacidades anuais inferiores a 200.000 toneladas	277
22.2 Custos compreensivos de mini-acerarias	281
22.3 Sensibilidade dos custos compreensivos em mini-acerarias	282
26.1 Efeito da dimensão e localização de acerarias sobre os custos de produção	314
27.1 Comércio internacional de minério de ferro	318
27.2 Exportações e importações de sucata de ferro e de aço	320
27.3 Despesa em investimento em relação à produção de aço cru	330
30.1 Tendências no crescimento do consumo de aço	348
30.2 Elasticidade do aço e produto doméstico bruto	349
31.1 Percentagens de importações, exportações e consumo em relação a produção	358
31.2 Comércio de exportação em semia e produtos acabados	360
31.3 Índices de preços de aço em 1970, a base de 1953	366
31.4 Estimativas de lucro, aço e manufatura, Japão	373
31.5 Indicações de lucros na indústria siderúrgica na Alemanha, 1968/69	376
31.6 Lucros de indústria siderúrgica dos EUA	378
32.1 Planos para a expansão de acerarias nos países em desenvolvimento	382
33.1 Demanda de laminados planos	386
33.2 Demanda de laminados não-planos	387
33.3 Perspectiva regional da demanda de produtos de aço	388
33.4 Necessidades em capacidade por produto em 1980	390
33.5 Capacidade prevista em 1980 (setor de laminados planos)	392
33.6 Capacidade prevista em 1980 (setor de laminados não-planos)	394
33.7 Capacidade prevista em 1980 (aços especiais)	395
34.1 Demanda em capacidade de instalação e disponibilidade em 1980 para o setor de produto plano	397
34.2 Demanda em capacidade de instalação e disponibilidade em 1980 para o setor de produto não-plano	400
34.3 Demanda em capacidade de instalação e disponibilidade em 1980 para o setor de aço especial	405
35.1 Disponibilidade prevista de sucata no Brasil, 1980	408
35.2 Previsão da capacidade de manufatura de aço e necessidade de sucata para instalações existentes em 1980	409
35.3 Capacidade em manufatura de aço requerida e existente em 1980 para o setor de produto plano	412
35.4 Capacidade de aços especiais requeridos e existentes em 1980	414

<u>Quadro</u>	<u>Página</u>	
36.1	Localização da capacidade e demanda nacional prevista em 1980 no setor de produtos não-planos	434
38.1	Montantes dispendidos em investigações e desenvolvimento pelas indústrias siderúrgicas de varios países	458
38.2	Pessoal em investigações e desenvolvimento nas indústrias siderúrgicas dos países da OEEC	459
39.1	Estimativa do pessoal necessário e indústria siderúrgica em 1980	474
A3.1	Exigências em materiais e energia motriz	502
A3.2	Elementos de custo básico	504
A3.3	Resumo dos custos de produção para usinas modelo	510
A3.4	Usina modelo - 1	511
A3.5	Usina modelo - 2	512
A3.6	Usina modelo - 3a	513
A3.7	Usina modelo - 3b	514
A3.8	Usina modelo - 4	515
A3.9	Usina modelo - 5	516
A3.10	Usina modelo - 6	517

RELAÇÃO DE FIGURAS

<u>Figura</u>		<u>Página</u>
1.1	Localização de indústria siderúrgica brasileira	7
2.1	Padrão regional de processo a sucata basilar previstos em 1980	20
2.2	Facilidades em transporte	27e
7.1	Produção mundial de minério em torrões, concreção e pelotas	74
7.2	Capacidade mundial em produção de pelotas	75
7.3	Produção das instalações japonesas para concreção e pelotas	78
7.4	Produtos aglomerados nos EUA e no Canadá	80
7.5	Crescimento nas dimensões das instalações de concreção no Japão	85
9.1	Processos de coque formado	101
10.1	Os melhores rendimentos em acerarias e altos-fornos	110
10.2	Média mundial de produção de altos-fornos	113
10.3	Curva de escala de economias típicas em altos-fornos modernos	114
10.4	Média mundial do teor de coque	116
10.5	Tares típicos de combustíveis em grandes altos-fornos japoneses	117
10.6	Efeito de injeção de óleo em substituição de coque	121
10.7	Efeito do teor de injeção de óleo na produtividade de altos-fornos	122
10.8	Um exemplo de aplicação de reator nuclear e altos-fornos (1). Produção e injeção de gás redutor no alto-forno	126
10.9	Um exemplo de aplicação de reator nuclear e altos-fornos (2). Regeneração de gás e re-injeção do alto-forno.	126
10.10	Efeito de temperatura de fundição no teor de coque	129
10.11	Uso de pressão topada elevada no Japão	129
10.12	Efeito da dimensão do coque na produção de altos-fornos	131
10.13	Efeito de pelotas na produtividade de altos-fornos em uma variedade de altos-fornos	132

<u>Figura</u>		<u>Página</u>
10.14	Efeito de pelotas no teor de coque	132
10.15	Custos de desoxoframento em altos-fornos e exteriormente (Condições Reino Unido)	137
12.1	Economias na escala de manufatura de aço pelo processo BOF	160
12.2	Custos comparativos de conversão compreensiva para manufatura de aço por processos BOF e Siemens-Martin	169
12.3	Porcentagem de produção mundial de aço bruto por diferentes processos	173
13.1	Economias de escala em refugo na manufatura de aço à base de arco elétrico (Custos de maquinaria moderna de alta potência na Europa ocidental)	176
13.2	Comparação dos custos de manufatura de aço elétrico com metal frio e pelo método Siemens-Martin (Custos baseados nas práticas usadas na Europa ocidental)	178
13.3	Saúde operatória da fornalha dupla SKF	181
13.4	Efeitos de cargas de pelotas reduzidas na possível redução do regime do transformador e consumo de eletricidade	187
14.1	Economias de escala de vários métodos de processos para aço líquido	196
14.2	Porcentagem da produção japonesa de aço bruto por vários processos	198
15.1	Aumento no uso de forjamentos contínuos	204
15.2	Variação em velocidade de forjamento contínuo e produção dimensional do produto	209
15.3	Capacidade teórica de forjamento/velocidade de forjamento	211
15.4	Dimensão do colherão/período de forjamento	212
19.1	Vias do processo para manufatura de tubos soldados	241
19.2	Vias do processo para a manufatura de tubos sem costura	242
19.3	Custos compreensivos de conversão da produção de tubos sem costura e de tubos com costura	250
23.1	Aplicabilidade dos diferentes tipos de retentores de pó em relação à dimensão de partícula	288
24.1	Disposição típica do movimento para controle por computador de uma aceraria de tiras à quente	303
25.1	Diferença em necessidades térmicas em altos-fornos/aceraria BOF	307
26.1	Efeito em produção por entrada atrasada em serviço	312
27.1	Valor médio das exportações Norte-Americanas de carvão metalúrgico fob portos americanos	323

<u>Figura</u>		<u>Página</u>
27.2	Crescimento de produção de aço bruto	328
30.1	Curvas de intensidade de aço (consumo aparente de aço por cabeça da população)	351
30.2	Regime de crescimento em consumo de aço (Porcentagem por ano)	352
30.3	Distribuição regional do consumo de aço (porcentagem)	353
30.4	Dobramento da produção total de produtos laminados acabados por tipos de produtos	355
31.1	Preços de barras mercantis na Dinamarca	364
31.2	Preços japoneses para exportação	367
31.3	Preços de exportação de produtores europeus para certos produtos em ferro e aço	368
31.4	Comparação dos sistemas de entrega e de preço básico	371
35.1	Padrão de demanda para produtos não-planos em 1980	415
37.1	Carta de um delineamento típico da organização para engenharia, administração e construção de uma aceraria integrada para ferro e aço	445
38.1	Organização típica de investigações siderúrgicas numa economia centralizada (URSS)	465
38.2	Organização de investigações siderúrgicas no Reino Unido	466
38.3	Organização de uma associação para investigações siderúrgicas	467
40.1	Estratégia de planificação global	486
A3.1	Plano de circulação funcional 1 para acerarias modelo - Brasil	506
A3.2	Plano de circulação funcional 2 para acerarias modelo - Internacional	507
A3.3	Plano de circulação funcional 3 para acerarias modelo - Brasil	507

TERMOS DE REFERÊNCIA

1. Antecedentes e finalidade do projeto

Os antecedentes do projeto são os seguintes: A Indústria Siderúrgica Brasileira, cuja produção em 1945 foi inferior a 200.000 toneladas por ano, se tem expandido desde essa data para cá com grande incremento e, em 1969, atingiu 4,95 milhões de toneladas. Tanto o Governo como empresas privadas têm considerado muitos estudos e planos nos últimos anos. Em 1966 a organização Booz, Allen and Hamilton Int. Inc., sob os auspícios do Banco Mundial e do Governo Brasileiro levou a cabo um estudo muito importante da indústria siderúrgica Brasileira. Com base em esse trabalho o Governo Brasileiro preparou um plano nacional para a indústria siderúrgica, abrangendo o período entre 1968 a 1977, com recomendações pormenorizadas para o período entre 1968 a 1972. Os projetos recomendados para este último período estão agora a ser implementados. Devido a eles, a capacidade em produção de aço no Brasil, calculada em 5,1 milhões de toneladas de lingotes em 1967, deveria ter subido para 7,7 milhões de toneladas entre 1973 e 1974. Por outro lado se espera que o consumo aparente de aço no país aumente à razão de pelo menos 10,5 por cento, por ano, durante a próxima década. Esta previsão é baseada na taxa mínima de crescimento do plano GNP do Governo para um período de 7 por cento por ano e na elasticidade da produção de aço relativa ao GNP que, nos últimos 15 anos, foi em média de 1,5 por cento. Conseqüentemente, o consumo aparente de aço, que foi de aproximadamente 5,1 milhões de toneladas de lingotes em 1960, deveria aumentar para uns 15,5 milhões de toneladas em 1980.

Para satisfazer a demanda de uma expansão melhor da indústria siderúrgica brasileira será necessário ir para além do plano contemplado e já existente. Este fato será necessário, devido não só à impossibilidade de importar as quantidades de aço que irão ser necessárias mas também devido às condições favoráveis que existem para o desenvolvimento da indústria siderúrgica brasileira, especialmente a bem conhecida existência de algumas das maiores reservas mundiais de minério de ferro de alta qualidade. De fato, há necessidade de estudar a viabilidade de expansão da indústria siderúrgica brasileira não só para satisfazer o mercado nacional mas também para a eventual exportação. Conseqüentemente, planos para expansão da produção de aço podem considerar a adição de 10 a 15 milhões de toneladas por ano de capacidade nova até 1980, a fim de se atingir uma capacidade global à volta de 20 milhões de toneladas por ano, por altura do ano 1980.

O Governo está empenhado na preparação dos correspondentes estudos e planos mas, entre outros elementos que carecem decisão, se encontra a necessidade de uma boa avaliação das tendências tecnológicas da indústria siderúrgica mundial e as consequentes implicações relatadas na indústria siderúrgica Brasileira. A informação necessária inclui os aspectos técnicos e econômicos dos processos e equipamentos para a preparação de minério, redução, fabricação de aço, laminação, escolha de produtos a misturar nos mesmos complexos e controle de qualidade.

O objetivo do projeto é fornecer o Governo com informações básicas que, num período curto de tempo, levem ao uso completo da capacidade instalada por meio de melhoramentos tecnológicos; será essencial planificar a expansão a longo prazo da indústria siderúrgica brasileira ao longo de linhas ótimas, tanto técnicas como econômicas.

O estudo se preocupará com o desenvolvimento da indústria de aço primário, isto é, a manufatura de produtos primários em aço laminado e apenas aqueles produtos secundários como, por exemplo, tubos, forjaduras, chapas revestidas, que são normalmente feitos pelas acerarias que produzem os produtos primários. A extração, beneficiamento, exportação e pre-redução de minérios de ferro só serão discutidos no quanto se relacionam com o desenvolvimento da indústria siderúrgica brasileira.

2. Responsabilidades do Contratante

Tendo em mente os antecedentes e Objetivo do Projeto, como descrito no artigo 1.1, o Contratante deverá se encarregar e levar a cabo os objetivos específicos e trabalhos seguidamente descritos.

A. Estudo Tecnológico e avaliação da Indústria Siderúrgica Brasileira

Ao abrigo desta Secção o Contratante deverá:

- (i) Fazer um estudo e avaliação que abranja as instalações existentes, processos e produtos, bem como as expansões planificadas e o estabelecimento de novas instalações.
- (ii) Cálculo, do ponto de vista técnico, dos tipos e características do equipamento, processos e produtos seguido pela avaliação da sua eficiência técnica e econômica bem como rendimento, fazendo comparações com as mais modernas e eficientes acerarias noutros países.
- (iii) Prestar especial atenção aos índices de rendimento e por em destaque insuficiências técnicas, se existentes.

Este estudo, cálculo e avaliação devem ser baseados em informações, dados e estudos postos à sua disposição pelo Governo, complementado por amostras diretas feitas numa base seletiva. O resultado final deve ser uma apresentação, análise e avaliação claras do estado técnico da indústria siderúrgica brasileira como à data existente, baseada nos planos presentes, e como será a situação em 1975, prestando atenção especial ao possível aumento de produção e ou produtividade e possível melhoramento de qualidade, em um período curto de tempo, mercê de modificações técnicas.

O Contratante, de harmonia com os termos em A (i), (ii) e (iii) desta secção fornecerá um delineamento geral e as recomendações julgadas necessárias para a indústria siderúrgica em geral, de preferência e um estudo pormenorizado das acerarias individuais que constituem a indústria, se bem que devem ser feitas referências a tais acerarias para ilustrar situações e recomendações.

B. Estudo, apresentação e análise das principais alternativas tecnológicas abertas à indústria siderúrgica moderna

Em este estudo o Contratante deve frisar as tendências significativas na evolução da tecnologia de fabricação de ferro e aço, cobrindo todos os processos, deste minério de ferro a produtos de aço completos. A análise das possibilidades tecnológicas e as tendências em natureza, características e aplicações de produtos de ferro e de aço devem receber a mesma atenção que é usualmente dedicada à consideração de problemas relativos à redução, fabricação de aço, de lingotes e de laminação.

Deve ser considerada com meticulosidade a competição provinda de produtos 'não em aço'.

Fatores como, por exemplo, ótimos tecnológicos, tamanho das instalações, tendências internacionais na localização de instalações, para pré-redução e ou para fabricação de aço, em relação às fontes de matérias primas e aos mercados devem também ser consideradas.

Deve ser posto em destaque o potencial e a missão que poderá caber a países em desenvolvimento no futuro da indústria mundial de ferro e de aço e sua comercialização.

Os aspetos económicos relevantes à comparação e avaliação dos ótimos tecnológicos devem ser considerados.

Deve ser dada ênfase ao estudo de fatores e aspetos de grandes toneladas de produção siderúrgica e comercialização de "aço em massa" mas a função de acerarias de "mini produção de aço" deve também ser examinada, se subentendendo aqui por "mini produção de aço" a variedade de acerarias mais pequenas, com uma capacidade anual à volta de 200.000 toneladas, cuja existência é justificada para satisfazer certos mercados "especializados" requerendo aços para ferramentas, ligas de aço, perfilados especiais ou certos mercados limitados, locais, que só com dificuldade poderão ser sustentados por outras fontes devido a custo em transportes, não perdendo também de vista o facto de que mesmo nos países em desenvolvimento "mini produção de aço" tem um papel muito importante.

C. Indicação e análise das implicações tecnológicas, financeiras e tendências económicas na indústria siderúrgica mundial na planificação a longo prazo da indústria siderúrgica brasileira

O Contratante deverá indicar e analisar as implicações tecnológicas, financeiras e tendências económicas na indústria siderúrgica mundial na planificação a longo prazo da indústria siderúrgica brasileira, tomando em linha de conta os fatores de produção em

matérias primas, energia, transporte, equipamento, refratários, 'conhecimentos', força obreira, os vários processos a adotar, os produtos intermédios a finais a entregar à indústria, o potencial brasileiro no campo de exportações, a localização a tamanho das novas instalações, os relevantes campos económicos e financeiros, tudo com recomendações orientadas no sentido da ação a tomar.

Estas recomendações terão de ser, tanto na sua forma como na sua essência, expressas de maneira a serem de utilidade ao Governo e às indústrias do Brasil na planificação da expansão da indústria siderúrgica até 1980, e devem considerar os interesses do Governo tal como expressados no artigo 1.1, sendo subentendido que localização e dimensão só podem ser discutidas e recomendadas numa forma preliminar dependendo a sua finalidade de mais estudos pormenorizados e específicos.

O estudo, como descrito nesta Secção C, deve também incluir análise e recomendações para ação que leve ao desenvolvimento de capacidades locais completas em engenharia siderúrgica, desenho de instalações, desenho de equipamento, construção de equipamento, investigações e desenvolvimento de novos processos e produtos e treino de especialistas.

ABREVIATURAS

Deve ser anotado que em todo este relatório foram usadas unidades SI exceto onde por convenção são expressadas de outra forma. Os custos se encontram todos expressados em dólares dos EUA.

CONSIDER	:	Conselho Consultivo da Indústria Siderúrgica
BISRA	:	British Iron & Steel Research Association
BSC	:	British Steel Corporation
OECD	:	Organização para Desenvolvimento e Cooperação Econômica
IBS	:	Instituto Brasileiro de Siderúrgica
ABM	:	Associação Brasileira de Metais
AISI	:	American Iron and Steel Institute
API	:	American Petroleum Institute
BSI	:	British Standards Institute
ECSC	:	Comunidade Européia de Carvão e Aço
EEC	:	Comunidade Econômica Européia
EFTA	:	Organização do Comércio Livre Europeu
COMECON	:	Conselho de Assistência Econômica Mútua
LAFTA	:	Associação Latino-Americana de Comércio Livre
PETROBRÁS	:	Petróleo Brasileiro S.A.
IRSID	:	Institut de Recherche de la Siderurgie, França
CRM	:	Centre de Recherche Metallurgique, Bélgica
NPL	:	Laboratório Nacional de Metalurgia, Índia
USA	:	Estados Unidos da América (EUA)
US	:	Estados Unidos (EUA)
UK	:	Reino Unido
USSR	:	União das Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS)
W.Europa	:	Europa Ocidental
BF	:	Alto-forno
BOF	:	Fornalha a oxigênio (LO)
BDI	:	Índice de rendimento de alto-forno
TFS	:	Aço sem estanho
DRTF	:	Folha de Flandres duplamente reduzida
QT	:	Resfriado e temperado (aços)
PCQ	:	Resfriado a carbono simples (aços)
CRGO	:	Laminação a frio orientada para granulação (chapas)
EA	:	Fornalha de arco elétrico
SL-RN	:	Stalco Lurgi - RN Corporation (processo patenteado)
MYL	:	nojetey Lamina (processo patenteado)
D/R	:	Redução direta
Semie	:	Produtos semi-acabados - geralmente pranchas brutas, blocos e tarugos, algumas vezes também lingotes.
R & D	:	Investigações e Desenvolvimento
GDP	:	Produto doméstico bruto
GNP	:	Produto nacional bruto
FOB	:	Livre de encargos a bordo
BSS	:	Normas Britânicas

PVC	:	Clorídrico policinílico
DC	:	Corrente contínua (CC)
DFC	:	Movimento monetário descontado
approx.	:	aproximadamente (aprox.)
c.	:	aproximadamente (aprox.)
p.y.	:	por ano
%	:	por cento (percentagem)
cf.	:	confronter (fazer referência)
qtr.	:	trimestre (calendário)
\$	:	Dólares (EUA)
¢	:	Centimos (EUA)
Cr\$	:	Cruzeiros Brasileiros
mm	:	milímetro(s)
m	:	metro(s)
km	:	quilómetro(s)
mm ²	:	milímetro(s) quadrado(s) mm ²
m ²	:	metro(s) quadrado(s) m ²
m ³	:	metro(s) cúbico(s) m ³
m ³	:	metros cúbicos à temperatura e pressão normais
g	:	grama(s)
kg	:	quilograma(s)
t	:	tonelada(s)
lb	:	libra peso(s) (medida Imperial)
tpy	:	toneladas por ano
tpd	:	toneladas por dia
kg/cm ²	:	quilogramas por centímetro quadrado
tonelada/km	:	tonelada por quilómetro
mtpy	:	milhões de toneladas por ano
MVA	:	megavolt-ampère
kVA	:	kilovolt-ampère
MW	:	megavátios
kW	:	quilovátios
kWh	:	quilovátios hora
TJ	:	terajoules
GJ	:	gigajoules
MJ	:	megajoules
kJ	:	quilojoules
MN	:	meganewtons
kN	:	quilonewtons
kcal	:	calorias quilo
hr	:	hora
CV	:	CV (potência)
°C	:	Graus centígrados
C/H	:	relação carbono-hidrogênio
IPI	:	(Impostos estaduais) (Imposto Industrial)
ICM	:	Imposto de Custo de Mercadoria (Imposto Federal)

PREFÁCIO

Em junho de 1971 a Atkins Planning foi contratada pela Organização Das Nações Unidas para Desenvolvimento Industrial para levar a cabo um estudo das implicações da tecnologia moderna na planificação a longo prazo da indústria siderúrgica do Brasil. Os termos de referência para o estudo se encontram descritos imediatamente antecedentes a este Prefácio. Expressam eles que o propósito do estudo é "facultar ao Governo informações básicas que, num período curto de tempo, permitam o uso total da capacidade instalada mercê de beneficiamentos tecnológicos e que serão essenciais para a planificação da expansão a longo prazo da indústria siderúrgica brasileira em linhas ótimas, tanto técnicas como econômicas".

O estudo foi feito por uma turma de planificadores com conhecimentos metalúrgicos, de engenharia e econômicos que trabalharam parcialmente no Brasil e parcialmente nos escritórios sede dos Consultores, em Epsom. No Reino Unido a turma pôde fazer uso dos recursos dos laboratórios da British Steel Corporation (anteriormente conhecida pelo nome de BISRA) para conselhos em novas tecnologias, investigações e desenvolvimento. Em estágios apropriados a turma foi suplementada por 'estrategistas de quilate', de reputação internacional, Sir Maurice Fiennes e Sr. John L. Young, que têm continuado a atuar como consultores durante toda a preparação do relatório.

O estudo como estabelecido nos termos da referência tinha três fases distintas: a primeira preocupada com o ajuizamento da indústria atual e os planos de expansão existentes; a segunda, as alternativas tecnológicas abertas à moderna indústria siderúrgica; e a terceira as implicações da tecnologia e de outras tendências na planificação a longo prazo da indústria siderúrgica brasileira. O trabalho respeitante à primeira fase foi levado a cabo no Brasil onde foi produzido um relatório interino sobre essa faceta do trabalho. Ao mesmo tempo continuava em progresso o trabalho na segunda fase no Reino Unido e foram produzidos relatórios interinos também sobre essas facetas. Pessoal da CONSIDER esteve associado de perto com o trabalho de ambas as fases e foi criada uma Comissão Consultiva que incluiu, entre outros, representantes do Instituto Brasileiro de Siderurgia e da Associação Brasileira de Metais, para aconselhar a turma nos problemas mais vastos da siderurgia brasileira. Os relatórios de ambas as fases foram apresentados no Brasil a uma reunião da CONSIDER, da comissão consultiva e dos estrategistas principais. As conclusões destes relatórios foram maior amplificação dos mesmos como parte da terceira fase, e as suas

implicações para a indústria siderúrgica brasileira e indústrias apoiadas foram avaliadas e discutidas numa segunda reunião que teve lugar no Brasil com a presença da CONSIDER, dos estrategistas principais e dos técnicos representativos de UNIDO. O subsequente trabalho de produção de um relatório final cobrindo todas as três fases foi feito em Epsom, mais uma vez, neste caso, com a assistência ativa dos estrategistas principais.

O relatório aborda a matéria pela mesma ordem estipulada pelos termos de referência para o estudo propriamente dito. Os capítulos iniciais - Capítulos 1 a 6 - abrangem a Indústria Siderúrgica Brasileira como atualmente existente (meados de 1971) e os seus existentes planos de expansão. Os capítulos 7 a 32 passam em revista a tecnologia mundial. Os capítulos finais - Capítulos de 33 a 40 - abordam as implicações da tecnologia na futura planificação da indústria brasileira. No prosseguimento deste ordem permitimos que as conclusões e recomendações surgissem normalmente no texto à medida que era tratada cada faceta do assunto. Para facilitar identificação preparamos um breve sumário em que se destacam estas conclusões e recomendações com contra-referências aos capítulos e artigos relevantes no corpo principal do relatório. Os estrategistas de reputação mundial prepararam uma introdução ao relatório na qual expressam alguns pontos de vista sobre a provável solução que será adotada pela indústria siderúrgica brasileira, em resultante da planificação rigorosa das suas expansões futuras à luz dos desenvolvimentos tecnológicos mundiais.

Esta Introdução e o Sumário, em conjunto com o Prefácio, os Termos de Referência, e uma lista de abreviaturas, constituem o material introdutório do relatório. O texto principal do relatório está apoiado por um número de apêndices, abordando pormenores de certos aspectos e incluindo uma lista de referências.

PRÉFÁCIO
PELOS
ESTRATEGISTAS DE RENOME

Fomos nomeados na nossa capacidade de "Estrategistas de Renome" para colaborar com a Atkins Planning na preparação deste relatório e, além das nossas duas curtas visitas ao Brasil, temos assistido sempre que possível com os nossos comentários às versões preparatórias que precederam este Relatório, como aqui submetido. Relatórios desta espécie têm, por natureza, de constituir trabalhos volumosos e, foi nossa opinião, de que seria possivelmente útil, tanto à UNIDO como à CONSIDER, se preparássemos um preâmbulo expressando o nosso ponto de vista geral da situação coberta pelos Termos de Referência.

Embora não tivéssemos, pensamos, diferido de Atkins Planning em qualquer ponto importante da matéria, frisamos que o resumo que se segue representa e acorda opinião pessoal que diz respeito primordialmente a estratégia - o aspecto em que, presumivelmente, esperavam ser por nós aconselhados.

1. Observações gerais

A efetividade de uma indústria siderúrgica - ou de qualquer indústria para esse efeito - não pode ser avaliada com justiça apenas por cifras de capacidade e produção, reforçadas por uma inspeção apressada às suas acerarias e umas horas de conversação com pessoal em algumas localidades. É também importante saber se a indústria, na sua totalidade e os seus componentes principais produzem um lucro razoável em relação ao investimento, quando a operar a preços internacionalmente de concorrência e a níveis de salários que sejam socialmente aceitáveis; por lucros "razoáveis", significamos aquele que estimule o fornecimento de novos capitais para promoção de mais investimento. Não foi posta qualquer informação desta natureza à nossa disposição, além da que não havia, nem tempo nem oportunidade para a considerar. Sem tais informações, julgamentos e opiniões podem tar defaistos. Nos foi solicitado, primordialmente que examinássemos o estado da indústria siderúrgica brasileira, mas tecnologia não pode ser divorciada de problemas económicos ao ser ajuizado se uma determinada iniciativa é ou não é eficiente. Frisamos este ponto porque decisões sobre futuro desenvolvimento e investimentos não devam ser de valor maior do que as informações em que foram baseados, e, por isso, é de importância cer-

deal que exista um caudal contínuo na direção do ponto focal de elementos e estudos comparativos da maior confiança.

Além disso, ao ser considerado o futuro da indústria do aço, é necessário não esquecer que a fabricação de aço não constitui, de per se, uma finalidade; trata-se de um meio para se obter um fim, isto é, para facultar matérias primas para uma vasta gama de produtos consumidos pela engenharia e pelas indústrias produtoras. Para que seja competitivo no mercado nacional, como tem fatalmente de o ser, o aço tem de ser fornecido a preços de concorrência; e, tal situação, em uma indústria siderúrgica próspera, significa preços de concorrência. O mesmo, evidentemente, se aplica a exportações, quer estas sejam de aço propriamente dito ou de produtos de engenharia feitos com aço. Portanto, ao considerar opções tecnológicas, é essencial ter em consideração não só o que é possível mas também aquilo que é econômico. Se é possível dizer que tais afirmações são óbvias, é porque algumas das chamadas novas tecnologias que presentemente se propagandeam estão longe de estar comprovadas e podem bem ser não econômicas no contexto brasileiro se e quando forem postas em prática. É provável que, pelo menos no atual estágio de desenvolvimento no Brasil, dependência em processos tradicionais, bem comprovados e estabelecidos, incorporando a engenharia mais modernizada, seja aquilo que ofereça melhores dividendos.

Finalmente, dentro do âmbito destas observações gerais, deve ser equi registado que enquanto o Brasil dispõe de grandes riquezas em minério de ferro, manganês, calcáreo e materiais refratários, todos localizados muito convenientemente, tem muita falta de bons redutíveis que, evidentemente, são essenciais para a fundição de minério de ferro em ferro líquido. A quase totalidade do redutível tem de ser importada e menos que descubram e desenvolvam novos depósitos. Identicamente a disponibilidade calculada de sucata (que é uma matéria prima importante na maioria de processos de manufatura de aço) está limitada a um ponto que impõe limitações práticas no quanto se pode desenvolver o grande potencial brasileiro em energia elétrica para emprego econômico na expansão da produção de aço. Se bem que seja possível e prático suplementar sucata no alto-forno elétrico com pelotas de minério metalizado, isto é, pelotas reduzidas, o preço, em termos econômicos, dessas pelotas é da maior importância. A sua produção no Brasil com minério brasileiro reintroduz, inevitavelmente, o problema de importação de redutível adequado a preços econômicos.

Estes são, entre muitos outros, os ingredientes principais para desenhar e conceber uma indústria siderúrgica capaz de produzir 20 milhões de toneladas por ano em 1980. Basta apenas dizer que se alguns outros países menos venturosos podem e produzem aço em termos econômicos, o problema brasileiro é perfeitamente capaz de ser resolvido. Sem dúvida, não existem razões que impedem o Brasil não vir a ser um dos produtores mundiais de aço por baixo custo.

2. O setor do produto plano

A indústria brasileira já tomou as suas decisões para enfrentar a demanda esperada por 1980, e pouco existe que a Atkins pode acrescentar que tenha caráter estratégico. Contudo, as observações seguintes são relevantes.

- (a) Será necessário tomar medidas para melhorar o rendimento de altos-fornos que, em geral, se não compara com os padrões internacionais segundo as cifras que nos foram fornecidas. As cifras se encontram no relatório com sugestões práticas sobre o que se deve fazer (Capítulo 3, Artigo 3.3). Em nossa opinião há que considerar este problema como de urgência devido às economias significativas na importação de carvão para coque, além da potencial redução nos custos de produção. Além disso, muitos dos melhoramentos que se afiguram possíveis, são operacionais, dependentes mais de boa administração do que de qualquer outro fator. Segundo parece estão tomando medidas para melhorar os sistemas informativos que são o fulcro de uma boa administração. O estabelecimento de sistemas uniformes de avaliação de custo constitui um objetivo importante (Capítulo 6, Artigo 6.2).
- (b) Investimento volumoso em novas acerarias para pranchas aó, evidentemente, será compensador, se for prestada atenção contínua ao desenvolvimento e crescimento das indústrias que consomem pranchas, principalmente a indústria de construção naval.
- (c) Deve-se afirmar aqui que embora os desenvolvimentos em acerarias de laminados (fabricação de ferro e aço bem como das acerarias propriamente ditas) pareça quase adequado para satisfazer a demanda em produtos laminados em 1980, a tonelagem será produzida por três acerarias de laminados a quente, independentes, e de tipo semi-contínuo. Uma aceraria moderna, de regime contínuo, seria capaz de laminar a totalidade das outras três e ainda ter capacidade em reserva. Produziria também laminados de melhor qualidade e como toda a produção se encontraria centralizado em um complexo em vez de em três, o custo de conversão seria apreciavelmente mais baixo. A situação existente que não se coaduna com a de países industrializados é, sem dúvida, histórica e não pode ser alterada, mas serve para provar que um conceito globalizado para produtos de acerarias laminadoras é incompatível com as cifras de crescimento econômico a que o Brasil se propôs.

A próxima aceraria para laminados a quente tem, fatalmente, de ser uma aceraria moderna, potente, de regime contínuo capaz de explorar ao máximo todas as possibilidades oferecidas pela automatização. É possível que possa bem ser necessária mais cedo e não mais tarde se a demanda para laminados acelerar com a mesma rapidez como tem sido o caso em outros países em rápido desenvolvimento. Em qualquer eventualidade, se espera que seja necessária capacidade adicional pouco depois de 1980, o que significa a construção de uma nova aceraria, a principiar, digamos, em 1977 ou 1978. A sua planificação deve começar muito mais cedo, sem dúvida nunca mais tarde do que 1974 (Capítulo 34, Artigo 34.1).

No quanto respeita a localização é, sem dúvida melhor, em termos econômicos, expandir ao máximo as acerarias existentes antes de enveredar pela construção de acerarias novas. Parece-nos que a mudança bastante volumosa, tanto de Usiminas

como da Cosipa para a produção de pranchas, acrescida de outros fatores limitantes, impede mais desenvolvimento destas acerarias como fabricantes de laminados, para além dos seus presentes planos. Existem, evidentemente, muitos fatores a serem considerados, numa decisão de tal natureza, mas, prima facie, o equilíbrio das vantagens, parece apoiar uma política de substituição de uma aceraria de laminados com 26 anos de idade da CSN por uma aceraria moderna em um local adjacente. É pertinente observar que em 1980 a aceraria a quente da CSN terá 34 anos de idade e pode bem ter chegado a hora de parar a laboração, não obstante a despesa que nela se está a fazer presentemente. A completa modernização da nova instalação da BOF para 3 x 200 toneladas - 2 fundições, 1 revestimento - deve produzir cerca de 4,5 milhões de toneladas de aço líquido por ano. Uma aceraria moderna de laminação a quente com uma produção normal misturada, se bem laborada, deve absorver esta tonelagem.

As facilidades, presentemente planificadas, para manufatura de ferro na CSN apoiarão também a produção, nesta escala, de aço.

- (d) Sobre acerarias de laminação a frio basta apenas dizer que quaisquer instalações novas incorporarão, sem dúvida, a engenharia mais moderna à data existente, um fato que se aplica também à considerável gama de equipamento auxiliar - e será assunto para ponderar até que ponto, por exemplo, têmpera em lotes deveria substituir têmpera contínua. Afigura-se ser necessário possuir, por alturas de 1980, uma maior capacidade para laminação a frio e processamento de produtos de aço, independentemente das necessidades em folha de flandres. A forma e o local onde tal capacidade será provida são matéria para estudo detalhado e a planificação tem de ser feita com bastante antecedência. Nós podemos dizer, em termos gerais, que estas dispendiosas instalações só são econômicas quando se mantêm cheias de aço. É normalmente possível e prático transferir toneladas de pranchas grossas ou bobinas de laminados a quente de uma aceraria para outra, com este objetivo em mente, e esta idéia deve ser um dos pontos a estudar.
- (e) Na eventualidade de se tornar necessária uma nova instalação para folha de flandres, o que parece provável, não obstante os efeitos de outros materiais de embalagem na demanda de folha de flandres, não é necessário colocar a instalação na mesma área de aceraria de laminação a quente que faz a serventia. É absolutamente viável despachar bobinas de aço laminado a quente para um local conveniente, preferivelmente acessível a clientes de importância na indústria de enlatamentos, para laminação a frio e processamento. Somos de opinião de que uma instalação nova para folha de flandres deverá incorporar facilidades para produção de aço sem estanho e, provavelmente também para folha de flandres de redução dupla (Capítulo 34, Artigo 34.1).

(f) Analisando o programa de produtos planos, no seu conjunto, as mais importantes decisões em processamento (isto é, novos e grandes altos-fornos, ampliação a construção de BOF, encerramento escalonado de fornos Siemens-Martin, etc.) se encontram de harmonia com as modernas práticas noutros países. Idêntico é o caso de desenvolver a fundição contínua de pranchas grossas, embora a fundição contínua seja um método que vai perder na produção de pranchas grossas, a posição é muito diferente no quanto respeita a acerarias de laminagem. Os motivos são pormenorizados no relatório e se torna suficiente dizer aqui que a fundição 100 por cento contínua de pranchas grossas para uma aceraria de laminagem a quente ainda não, em termos gerais, é considerada viável. Muitas das novas acerarias de laminação recentemente construídas ou em construção têm facilidades para uma combinação de lingotas e fundição contínua (Capítulo 15).

3. Secções Estruturais

O consumo destas em relação ao consumo total de aço parece ser baixo em relação a outros países. É evidente que muitas estruturas no Brasil são em betão armado, mas existe margem para pensar até que ponto este fato se deve à existência relativamente baixa de aço estrutural. Em qualquer caso, não existe no Brasil uma aceraria para estruturas pesadas e a única instalação para produção de estruturas médias (a trilhos) é a da CSN, que se pode considerar antiquada, se bem que fosse, por assim dizer, a última palavra quando foi construída há 26 anos. Existem várias outras nas mesmas condições em outros locais. Esta aceraria não foi desenhada para laminar vigas universais, ou vigas H (longarinas) ou secções com flanges paralelas que estão cada vez em maior demanda pela engenharia da construção. Se fizermos uso como guia de outros países comparáveis (Canadá, Austrália, México, República Sul Africana, por exemplo), há lugar no Brasil para uma aceraria de vigas universais e estruturais, como base para uma mais extensa aplicação na indústria de engenharia estrutural; sem dúvida a sua viabilidade deve ser examinada. Prima facie, seria difícil simplesmente substituir a aceraria da CSN, por outra no mesmo local e uma nova aceraria de vigas universais deveria, preferivelmente, fazer parte de um novo complexo para manufatura de aço. Pela altura em que esta instalação esteja pronta é possível que todo o aço fabricado pela CSN seja necessário para alimentar uma nova aceraria de laminados e que seja conveniente acabar progressivamente com a produção de estruturas e trilhos pela CSN, passando a sua produção para uma aceraria nova, noutro local. Essa aceraria pode bem ser semi-contínua e delineada por forma a que o seu potencial possa ser aumentado à medida que a demanda aumenta. Experiência leva a crer que uma aceraria deste tipo deveria ser capaz de produzir perfis universais laminados até 500 mm ou, possivelmente, 600 mm. Perfis de medidas superiores podem ser fabricadas mais economicamente por soldagem de pranchas, a menos que a procura seja suficientemente grande e justifique o custo muito mais elevado de construir uma aceraria maior.

Todavia, fabricação de perfis pesados com pranchas cortadas de grandes larguras laminadas, pode ser uma medida dispendiosa em termos de rendimento produtivo. Pode-se obter uma economia de 4 a 5 por cento

em rendimento produtivo por fabricação com pranchas universais, isto é, pranchas laminadas com grande precisão de largura e bordo. Não existe presentemente no Brasil uma eceraria para produção de pranchas universais e deveria se considerar a possibilidade de construir uma. Experiência noutros países sugere que 1.000 mm é a máxima largura econômica normalmente requerida para este propósito, de pranchas universais, e isto se encontra dentro das possibilidades de um laminador de 2 passes. Algumas destas pranchas podem ser, sem dúvida, laminadas num laminador de vigas universais, embora se possa por em dúvida se esta é a melhor maneira de utilizar o laminador.

4. Tubagens e Canos

A maior produção brasileira até e data tem sido de tubo sem costura e embora exista pouca informação nesta matéria ou oportunidade para investigar parece justificado deduzir que tubo sem costura tem sido usado em aplicações onde qualidades mais baratas seriam absolutamente adequadas. As instalações para soldagem elétrica de tubos, presentemente em construção na Mannesmann, ajudarão, mas ficamos surpreendidos em verificar que não existem no Brasil instalações para soldagem de tubagens à face ou, aparentemente, a ser planeada. O cano de aço comum, geralmente produzido pelo processo Fretz-Moon, chama a si uma grande parte do mercado na maioria dos países produtores de aço; e bem que as econômicas de este e de outros processos dependa do volume de produção, existem razões justificativas para um estudo específico de todo o mercado de tubagens e canos no Brasil, à base do qual se poderia conceber uma estratégia para o maior desenvolvimento de este setor altamente especializado da indústria. Tubo sem costura foi a única categoria mencionada no relatório da Technometel; é também necessário saber qual é o futuro reservado para outros tipos, porque a resposta pode bem ter um papel importante na produção de tarugos e de pranchas grossas estreitas.

5. Outros produtos do setor não plano

Deliberadamente nós temos referido a secções estruturais, tubagens e canos antes de nos dasvirmos para os restantes altamente importantes produtos do setor não plano. Primeiramente é necessário distinguir entre o que usualmente se chamam aços 'especiais', por um lado, e aços comuns pelo outro, se bem que a linha divisória não seja bem definida. Do que vimos do setor de aços 'especiais' nos levou a crer que as empresas brasileiras que se dedicam a produtos não planos são eficientes e bem aconselhadas pelos seus contactos no estrangeiro. É razoável supor que estas empresas continuarão a fazer aquilo que os seus clientes lhes solicitam. Seriam possivelmente ajudados por melhores sistemas de recolha, segregação e processamento de sucata e, esta parte, é abordada pormenorizadamente no relatório (Capítulo 13, Artigo 13.4). Uma área que é de interesse considerar é e dos benefícios que poderão advir do amalgamento de algumas das atividades dos fabricantes de ligas de aço, de maneira tal que justifique a instalação de uma eceraria de alta precisão para vergalhões destinada a laminar quantidades relativamente pequenas de aço de alta qualidade. Uma decisão desta natureza foi tomada no Reino Unido em anos recentes e mesmo que não seja de valor prático imediato, nos parece importante assegurar que o setor de ligas de aço da indústria se não fragmente em demesie.

No quanto respeita ao setor de aços comuns não-planos muito há a dizer. Este setor tem crescido por virtude de forças naturais que foram com frequência, de caráter localizado. As acerarias foram construídas para servir necessidades locais a curto prazo e embora isto não signifique que sejam necessariamente não econômicas por esse motivo, não foram, regra geral, criadas tendo em mente o futuro a longo prazo da economia do Brasil com a sua expansão muito rápida. Em consequência, em termos modernos, se encontra muito fragmentada e grande parte do equipamento é antiquado. O relatório recomenda que se deveria examinar a fundo a possibilidade de racionalizar algumas das firmas mais pequenas, particularmente em torno de São Paulo, única forma de serem ajuizados os possíveis benefícios.

A pergunta principal é, evidentemente, o que fazer? Virtualmente todos os aços "comuns não-planos" passam por um estágio de "semis", na sua maior parte tarugos, que são depois laminados ou relaminados em diferentes tipos de acerarias de acabamento para a produção de produtos diversos, provavelmente em variações isto é, barras comerciais, perfis especializados, vergalhões de arame, tiras estreitas, arcos ou fitas para tubagens etc. Uma quantidade significativa de tarugos é também dedicada a forjaduras e estampagens para uma variedade de atividades comerciais. Não nos foram dadas suficientes informações que permitissem fazer um juízo preciso da demanda em 1980 para todos estes produtos e, portanto, só podemos dar uma indicação muito por alto das acerarias de acabamento que poderão ser necessárias para a sua fabricação. O que é significativo, a este ponto, é a mais do que provável procura de tarugos porque se a quantidade disponível for insuficiente não haverá justificação para construção de acerarias de acabamento, a menos que sejam importadas vastas toneladas de tarugos.

As cifras que nos foram facultadas indicam que haverá necessidade de mais uns 2,3 milhões de toneladas, mais ou menos, tarugos para além da capacidade prevista em 1980. Isto representa 2,7 milhões de toneladas de aço líquido (assumindo um rendimento de 85 por cento) e o ponto mais importante é a decisão de que curso ou cursos tecnológicos se deve ou devem seguir para a sua produção; é importante que esta cifra seja mantida bem em mente porque os recursos tecnológicos para a produção de 2,7 milhões de toneladas são diferentes dos adequados, digamos, para 0,27 milhões de toneladas.

Como o relatório mostra, os processos principais para manufatura de aço são:

- alto-forno/BOF;
- arco elétrico à base de sucata, suplementado parcialmente por uma alimentação parcial de pelotas pré-reduzidas, se existentes;
- fabricação de ferro por redução direta, seguida por fabricação de aço por arco elétrico.

Os processos existentes para conversão de aço líquido em tarugos são:

- lingotes fundidos e laminados em blocos e depois em tarugos;
- fundição contínua de blotas e laminação para tarugos;

- fundição contínua de aço líquido em várias dimensões de tarugos.

Não é intenção deste preâmbulo repetir aquilo que se encontra escrito no relatório mas, sem qualquer hesitação, recomendamos:-

- (1) Que onde, como aparentemente no nordeste do Brasil, existe uma quantidade apreciável de sucata, em tal caso essa sucata deve ser utilizada localmente nas chamadas "mini-acerarias" que fazem uso de fornos de arco elétrico para produzir uma gama de produtos estritamente limitada. Seria um erro transportar essa sucata a longas distâncias e acertado utilizá-la localmente para satisfazer as necessidades locais onde estas existam. É importante compreender que as econômicas de uma "mini-aceraria" depende das existências de sucata barata que, por sua vez, significa sucata local em que o preço não é acrescido por pesados custos de transporte. Uma aceraria desta natureza tem de produzir uma gama estritamente limitada de produtos, isto é, barras de reforço; tem de existir também um mercado local a fim de que o preço do produto acabado não seja, identicamente, aumentado por onerosos custos de transporte.
- (2) Que o grande grosso das 2,7 milhões de toneladas de aço requerido deve ser produzido e convertido em tarugos numa nova aceraria a construir numa área verde, fazendo uso das fontes naturais de metais existentes no Brasil através do sistema alto-forno/BOF.
- (3) Embora seja possível que um estudo detalhado à viabilidades pudesse produzir uma resposta diferente, em termos econômicos, nós nos inclinamos vigorosamente para o segundo dos processos acima mencionados para converter aço líquido em tarugos, isto é, forjamento de blocos e laminados em tarugos. Só por esta forma será possível combinar:-
 - (a) as econômicas possíveis de conseguir usando ferro produzido num alto-forno moderno para fazer aço em grandes conversores de, digamos 200 toneladas, sejam estes BOF ou OBM;
 - (b) a vantagem de melhor rendimento de aço líquido para tarugo comercial pelo uso de forjamento contínuo de preferência à prática de lingotes; e a vantagem para forjamento sequencial quando existam encomendas de montante adequado;
 - (c) a flexibilidade oferecida por laminagem para várias dimensões e feitios requeridos pelos clientes que pode bem ser numa única medida de blocos. Mudança frequente de moldes não é condizente com a eficiente operação e movimento suave da produção de uma máquina contínua de forjamento, e desenvolvimentos no EUA comprovaram as tremendas possibilidades econômicas na produção de tarugos em grande escala por forjamento sequencial de grandes BOF através de forjamento contínuo de quatro passes fazendo uso de uma única dimensão de molde para blocos, subse-

quentemente laminados para dimensões de tarugos. Já é conhecido que a aceraria em questão já fez forjamentos consecutivos de 200 toneladas em blocos de 190 mm, o que representa uma produção de 3.600 toneladas de laminações em tarugos dentro de um período de 15 horas e, é possível, que estas cifras já tenham sido excedidas, por altura em que este relatório seja lido (Capítulo 15, Artigo 15.2).

Deveria ser possível construir semelhante aceraria em estágios, se for considerado necessário, e os estudos detalhados devem indicar as possibilidades neste campo.

Mais uma vez, em este caso, sem tentar repetir o relatório, se nos oferece fazer as seguintes resumidas observações em substanciamento de estas recomendações:-

- i) Se o Brasil necessita de um montante adicional de 2,3 milhões de toneladas de tarugos em 1980, as instalações para a sua produção devem dar início ao seu funcionamento não mais tarde do que os princípios de 1976. Construção teria de ser principiada nos primeiros meses de 1975. Pode levar, pelo menos, dois anos a executar um estudo de viabilidades, escolher o local, levar a cabo uma vasta quantidade de trabalho de engenharia, organizar a parte financeira, colocar contratos e tomar uma multitude de decisões. Este trabalho, portanto, terá de ser iniciado, nos princípios de 1973, ou seja dentro dos próximos 6 meses.
- ii) Em anos recentes têm sido feitos progressos na redução direta de minério de ferro mas as acerarias até ao presente desenhadas são em escala relativamente pequena e apenas económicas dentro de um contexto de 400/500.000 toneladas anuais de produção. Para serem obtidas 2,3 milhões de toneladas de tarugos por este método em 1980 se requereria a construção de cinco ou seis acerarias novas. Não acreditamos que tal seja viável dentro do tempo previsto e, como se mostra no relatório, o custo do aço seria mais elevado.
- iii) Com a provável exceção do Hyl, a maioria dos processos de redução direta ainda estão sofrendo de dificuldades técnicas e, sem prejuízo do seu futuro, não estamos convencidos de que, neste momento presente, o Brasil possa investir todo o seu futuro em estes processos. Tomar uma decisão de tal natureza seria aceitar riscos inaceitáveis.
- iv) Resta ver como o forno SL/RN, em Piratini, trabalhará com carvões locais. mesmo que os resultados sejam satisfatórios, a produção de 2,7 milhões de toneladas de aço líquido demandaria a existência de 20 ou mais de esses fornos. Sabe-se, também, que o processo SL/RN está enfrentando dificuldades técnicas noutras locais.
- v) Em matéria de processos a gás natural se torna necessário afirmar que o Brasil tem escassez desses produtos, pelo menos no momento presente. As económicas de nafta reformada, como substituto, só podem ser avaliadas porque, que se saiba, não

existe nenhuma instalação em operação. Todavia, parece que com nafta a 3 dólares o barril, o custo do aço líquido seria aumentado em pelo menos 13 por cento em comparação com o preço do gás natural que a Usiba espera pagar, e, mesmo em este caso cerca de 50 por cento seria sucata.

- vi) Em matéria de sucata, basta frisar que as cifras existentes levam a concluir que o aumento em sucata no Brasil não é, nem de longe, suficiente para suportar o processo de fabricação de aço por arco elétrico na escala prevista. Possível é, claro está, a importação de sucata ou iniciar ou expandir a indústria de desmantelamento de navios, se bem que nos pareça absurdo adotar esse rumo quando o Brasil possui as suas fontes próprias de metais - um dos maiores grupos de minério de ferro de alta qualidade existentes no mundo. Enquanto que é, do ponto de vista técnico, viável alimentar pelotas reduzidas (minério metalizado) a fornos de arco elétrico para suplementar a sucata, as econômicas no Brasil, nesta esfera, e numa escala volumosa, ainda não estão estabelecidas.

Localização

Não é de nossa competência recomendar localizações, mas podemos reafirmar o adágio de que as econômicas de fabricação de aço assentam na possibilidade de reunir matérias primas de alta qualidade, exploradas por preço módico, num ponto que seja acessível aos mercados. Por outras palavras existe um problema fundamental na otimização dos custos em transportes; mesmo em tal caso haverá, quase de certeza, a necessidade para contemporização entre as disponibilidades em locais, ótimas em um sentido e práticas em outro sentido, existências de água e energia, e assim por diante. Prima facie, se nos afigura que qualquer aceraria nova deve ser edificada junto ou adjacente a minas de minério de ferro, ou junto à costa adjacente ou perto de uma das saídas para exportação do minério de ferro. O fato de que locais junto à costa são populares e preferidos em muitos países não quer, necessariamente, dizer que isso constitua um critério a adotar no Brasil porque as razões básicas podem ser diferentes. No Brasil é necessário deslocar carvão por estradas de ferro para um centro interior ou o minério de ferro, também por trem de ferro ou conduto de empastamentos, para um local na costa. À primeira vista parece existir a tendência para uma atração para a reunião de carvão transportado por mar com o minério doméstico, em determinado ponto na costa e, se possível, encontrar um local vizinho a uma das saídas existentes ou planejadas para o despacho de exportação. Entre outras vantagens adicionais, os navios que transportam os minérios para os mercados externos podem regressar carregados com carvão cuquetificante estrangeiro como é o caso na zona de Vitória. Uma situação deste jêz seria favorável a exportações de aço se as facilidades portuárias forem adequadas ou possam ser beneficiadas por um custo razoável; escusado afirmar que baixo custo em transporte para os mercados domésticos constitui também um fator crucial. Em teoria, se poderia pensar que a longa linha costeira do Brasil poderia ser explorada neste contexto e que, de uma maneira bastante vasta, o sobre-carregado sistema interno de transportes poderia ser aliviado por um serviço bem organizado de navegação costeira. Mais ainda o transporte de tarugos pelo mar para os portos costeiros do

nordeste para suplementar as potenciais laminadoras locais pode bem ser uma maneira viável para promover a industrialização destas regiões. Não obstante o que dizemos seria necessário um escrutínio muito cuidadoso das rêdes de transporte internas vindas das acerarias na costa para as atuais principais áreas industriais do Brasil, dado que esse estudo constituirá um elemento de importância em qualquer decisão a tomar.

A possibilidade de instalar um novo complexo para produção de aço numa área remota, com o propósito de estimular o desenvolvimento industrial em partes do Brasil onde a economia é concebida por maneira diferente é um ponto em que não podemos comentar. Tais decisões são, na maioria dos casos, políticas, e nós nos preocupamos neste relatório, primordialmente, com as econômicas que surgiam das alternativas tecnológicas.

O custo

O relatório apresenta cifras para acerarias modelo (Apêndice 3). Não nos compete fazer comentários, a não ser o dizer que as variantes são tantas que apenas um estudo detalhado das viabilidades será a única forma de chegar a uma estimativa de confiança; os custos de infra-estruturas, um ingrediente altamente importante, só podem ser calculados para situações específicas. Em anos recentes várias autoridades na matéria têm apresentado cifras globais, enormemente diferentes, para a construção de novas acerarias em locais verdes e, talvez, se devam considerar todas com uma certa reserva porque, com frequência, dizem respeito a teores diferentes. Se, no entanto, considerarmos a cifra de 235 dólares EUA por ano por tonelada de tarugos (equivalente a \$ 200 por tonelada de aço líquido convertido para tarugos) como sendo a cifra para a conversão de minério de ferro brasileiro em tarugos por alto-forno/BOF, forjamento de blocos e laminação em dimensões de tarugos, o custo para uma aceraria de 2,3 milhões de toneladas de tarugos seria à volta de \$ 540.000.000 acrescido do custo da infra-estrutura. Haveria ainda a necessidade de investir em usinas de acabamento que poderiam ser edificadas no mesmo local ou afastadas. Somos de opinião que a ser construído um complexo estrutural universal de aceraria, haveria vantagem em termos econômicos gerais de o construir dentro do complexo dos tarugos na forma de operação paralela.

Mesmo que a instalação possa ser construída à base de \$ 180 por tonelada anual de tarugos, de que redundará uma despesa de aproximadamente \$ 415.000.000, o investimento será ainda excessivamente elevado. A inter-ação entre os setores público e privado da indústria siderúrgica brasileira não é de nossa competência comentar, mas nos parece que não é possível obter financiamento sem um grau muito considerável de apoio e envolvimento por parte do Estado. Na eventualidade de que uma grande parcela do investimento tenha de ser financiada por empréstimos estrangeiros, esse apoio estadual seria indispensável. Os problemas são bem conhecidos no Brasil e não requerem qualquer conselho da nossa parte. Talvez valha a pena, contudo, dizer, que em países como o Reino Unido, onde existe uma estrutura mista na indústria siderúrgica, o fato de que o setor nacionalizado é, simultaneamente um fornecedor (de semis) à, a um competidor com (em alguns dos produtos acabados de aço) o setor privado, constitui uma fonte freqüente de divergências. Com esta experiência em mente pode ser de assistência sugerir que se no Brasil o

Estado vier a ser um dos principais fornecedores de tarugos, embora mais por obrigação do que por intenção, em tal caso a laminação e venda de produtos acabados deve ser deixada nas mãos da indústria privada. Foi sugerido que poderia ser construída uma nova aceraria para tarugos pelo esforço conjunto de um grupo de empresas siderúrgicas privadas. Esta idéia talvez possa vir a constituir uma boa solução mas parece depender na possibilidade de ser obtido o financiamento adequado para a tornar uma realidade.

Finalmente no quanto respeita ao setor não plano da indústria siderúrgica brasileira, consideramos como sendo urgentemente necessário ordenar um estudo muito completo da viabilidade de uma aceraria para 2,3 milhões de toneladas de tarugos. Ao submeter as linhas do estudo, a CONSIDER, como o agente presumivelmente responsável pelo estudo, deveria indicar áreas específicas onde fazer investigação de locais com possibilidades práticas e deveria limitar, tanto quanto possível, os termos de referência e alternativas especificamente tecnológicas; se as recomendações em este relatório forem aceitas, não há vantagem em repetir o trabalho já aqui feito.

6. Produtos planos de qualidade especial

Muitos países sofrem ainda hoje dos efeitos da falta de visão quando construíram inicialmente as suas instalações para aço inoxidável. Até que ponto o Brasil evitará esta ratoeira depende do seu propósito de criar facilidades com um futuro assegurado a longo prazo aceitando o fato de que tais facilidades podem bem não ser econômicas a curto prazo. Somos, contudo, de opinião, que este problema pode ser mitigado e que provavelmente a aceraria para laminação a frio e tratamento térmico poderia ser erguida na primeira fase do projeto. Estas laminações podem ser fornecidas por lingotes de fabricação brasileira (ou pranchas grossas forjadas a pressão), laminados em tiras laminadas a quente em acerarias de tiras a quente semi-contínuas tanto brasileiras como estrangeiras, consoante a melhor oportunidade que se apresentasse ou poderiam ainda ser negociados para o efeito contratos especiais. Conforme o mercado fosse crescendo o Brasil poderia então instalar facilidades para laminação a quente, começando provavelmente com uma usina moderna, de tipo reversor, Steckel, com controle hidráulico da cava e controle automático de calibragem, com provisão no plano e disposição para converter a usina em uma aceraria semi-contínua quando a demanda aumentar ainda mais. Desenvolvimentos recentes na produção de lingotes em aço inoxidável ou pranchas grossas devem ser estudados com muita atenção, isto é, descarburização ROF ou argon-oxigênio em comparação com os métodos convencionais usados até ao presente por forno de arco elétrico.

7. Matérias periféricas

Somos de opinião de que o Brasil, com as suas grandes ambições a enorme futuro, se deveria colocar em uma posição que lhe permita desenhar as suas acerarias, se bem que consideremos absolutamente errado se tentar independenciar em matéria de desenho de equipamento. O Brasil já é um país rico em conhecimentos de engenharia mas, ao fim e ao cabo, só se pode aprender como se deva desenhar uma aceraria atacando pessoalmente o problema. O investimento em acerarias modernas

é tão fabuloso e os riscos tão grandes que não existe, de fato, nada que substitua experiência; esse o motivo porque estamos crentes de que as firmas consultoras de engenharia do Brasil deveriam ser incitadas e fazer alianças com firmas no estrangeiro possuidoras da necessária experiência.

Desenho de equipamento é um assunto diferente; com o decorrer do tempo se vai tornar ainda mais internacionalizado e nenhum país pode esperar começar com sucesso no "rés-do-chão", por assim dizer. Em nossa opinião, o curso óbvio a seguir é encorajamento de acordos de construção sob licença o que abrirá as portas ao Brasil das mais modernas tecnologias conhecidas. Se o Brasil puder ainda melhorar as licenças que adquiriu tanto melhor e poderá vender os seus aperfeiçoamentos ao resto do mundo.

A construção de equipamento para a indústria siderúrgica dentro do país é, claro está, desejável como uma idéia geral, mas também em este caso é necessário distinguir entre o que é possível e o que é econômico. Duvidamos, por exemplo, se seria econômico para o Brasil a instalação de fundições pesadas e máquinas-ferramentas para oficinas necessárias às usinas de tiras a quente e a frio. No futuro próximo seria mais vantajoso importar dado que a produção mundial de estes itens se encontra sobrecarregada e o Brasil tem muitas áreas onde empregar os capitais disponíveis. Por outro lado, capacidade para a produção de acerarias de laminações menos pesadas deveria ser encorajada se, presentemente, for insuficiente para as necessidades; o mesmo se aplica à engenharia estrutural e às grandes fabricações feitas com pranchas grossas.

A produção de laminados para aceraria de aço foi impressionante e estamos convencidos de que os fabricantes terão a tendência para a expansão das suas facilidades, consoante se dê aumento na demanda.

Em conclusão se pode dizer que a maioria das indústrias siderúrgicas na maior parte dos países industrializados constitui uma mistura de facetas boas, más ou indiferentes; conseqüentemente, poderá ser uma verdade que a indústria brasileira contém facetas que estão muito longe de serem perfeitas mas este fato não é motivo para apreensão séria. Todas as indústrias foram evoluídas dentro do contexto do ambiente político e econômico existentes à data em que foram tomadas decisões para nelas fazer investimentos de capital; e muitos instigadores de tais medidas, se lhes fosse possível regressar aos tempos idos, afirmariam sem dúvida que teriam feito o que fizeram de modo muito diferente.

Com todas as vantagens de apreciação em primeira mão, nos parece (e cremos que muitos peritos brasileiros concordarão conosco) que grande parte da existente indústria siderúrgica, neste vasto e fascinante país, foi fundada em muitas medidas de tentação e em instalações de escala reduzida. Tal situação é fácil de compreender em relação ao passado, mas estamos certos de que o futuro reclama uma atitude diferente. Com uma vida econômica que está sendo governada por mãos firmes e competentes, que estabeleceram alvos ambiciosos para o crescimento econômico e estão dispostos e preparados para os conseguir

e com os excelentes recursos de que dispõem (infelizmente não em redu-
tíveis, segundo parece) o âmbito para um grande passo em frente na
indústria siderúrgica é aparente aos olhos de todos. Tanto quanto seja
prático chegou a hora para olhar o problema em termos "maxi" e não em
termos "mini", salvo em situações especiais. Decisões sobre investimen-
tos têm, naturalmente, de ser temperadas com prudência mas o Brasil nos
dá a impressão de constituir uma proposição "maxi" em tantos aspectos
que deve fazer as suas decisões com o correspondente grau de confiança
no futuro.

Tivemos grande prazer e honra em nos termos associado a este
estudo e temos os olhos postos nas próximas decisões a serem tomadas
por quem de direito com entusiástica antecipação.

Sir Maurice Fiannee

John L. Young

Novembro de 1972

SUMÁRIO E RECOMENDAÇÕES

A Seção A de este relatório se encontra resumida no Artigo 1, a Seção B no Artigo 2 e a Seção C no Artigo 3. A fim de tornar claro o contexto das recomendações estas foram incluídas em sete Sumário e sublinhadas; foram também enunciadas de novo as referências relevantes no relatório principal.

1. A indústria atualmente existente, o seu rendimento e os possíveis melhoramentos a curto prazo (Seção A)

1.1 Estrutura de Indústria

Para os fins de exame as implicações da planificação a longo prazo da indústria siderúrgica brasileira, estamos não só interessados na indústria, tal como existe hoje em dia, mas também com os desenvolvimentos que foram aprovados (até outubro de 1971) e que, conseqüentemente, serão implementados dentro dos anos mais próximos, digamos até 1980.

Em termos gerais a estrutura atual da indústria é a seguinte:

<u>Tipo de acerarias</u>	<u>No. de Acerarias</u>	<u>Produção em 1971 (em milhões de toneladas)</u>
Não-integradas	6	
Semi-integradas	25)	5,7 de aço
Integradas	16	
Ferro gusa de paquesos fornos de carvão vegetal	aprox. 65	0,7 de ferro*

Em termos de produção de produtos acabados, 55 por cento da produção de 1971 foi de produtos planos e a restante de produtos não planos. No quanto respeita a produtos planos estes são manufacturados por três grandes empresas (CSN, Usiminas e Cosipa), enquanto que os não planos são manufacturados por 44 acerarias cujas capacidades vão de 4.000 a 500.000 toneladas por ano. Em 1971, 97 por cento da produção de toda a indústria foi manufacturada no "triângulo do aço" constituído por São Paulo, Belo Horizonte e Rio de Janeiro.

(* Produção usada principalmente pela indústria de fundição)

A capacidade anual existente para produtos acabados (1971) é de 4,9 milhões de toneladas e com base nos desenvolvimentos já sancionados esta capacidade aumentará para 9 milhões de toneladas em 1980. A maior parte de este aumento terá lugar no setor de produtos planos:-

	<u>Capacidade (milhões de toneladas acabadas)</u>	
	1971	por 1980
Produtos planos	2,3	5,3
Produtos não-planos	2,6	3,7
Total:	4,9	9,0

O Governo é o principal acionista em estas empresas produtoras de aço, incluindo as três empresas que manufacturam produtos planos e as quatro empresas que fabricam produtos não-planos (Acesita, Cofavi, Cosim e AFP). O resto da indústria é de propriedade privada e as duas mais importantes empresas de produtos não-planos (Mannesmann e CSBM) são predominantemente de propriedade estrangeira.

A maior parte das atividades de investigação e desenvolvimento, ao nível das empresas, é levada a cabo pela CSN e pela Usiminas, enquanto que ao nível nacional é feita pela Associação Brasileira de Metais (ABM) e pelo Instituto Brasileiro de Siderúrgica (IBS), bem como por várias Universidades. Várias das empresas tem importantes programas para treino de pessoal e um número das empresas de maior vulto tem acordos para troca de "conhecimentos" técnicos com algumas dos maiores produtores mundiais de aço.

1.2 Fabricação de ferro

Presentemente existem umas 5 usinas modernas para produção de coque por fornos de tipo ranhurado e uma para produção de coque pelo tipo "colmeia". Estas vão ser acrescidas de mais três, perfazendo um total de 10 em 1975. Os três fabricantes de produtos planos terão, cada um, instalado uma usina nova antes do fim de 1975. O coque é fabricado presentemente com uma mistura de carvões metalúrgicos, importados e domésticos (cerca de 20 a 30 por cento). O rendimento obtido pelas instalações existentes, de entre 0,7 a 0,8 toneladas por metro cúbico por dia, é muito aproximado ao rendimento obtido pelos principais produtores mundiais de coque. A melhor oportunidade de melhoramento no Brasil se oferece em reduzir o custo atual da produção de coque, fazendo uma preparação seletiva que permita o uso de alguns carvões não coqueificantes na mistura de carvão, até entre 40 a 50 por cento, como tem sido feito em algumas empresas. Mais estudos e investições devem redundar na máxima proporção que pode ser usada dentro das condições prevaletentes no Brasil. (Capítulo 3, Artigo 3,1).

Ao se chegar a 1975 o Brasil deve possuir umas onze instalações para concreção com capacidades de entre 100.000 toneladas a 2,5 milhões de toneladas por ano. Sete destas instalações são do tipo de alimentação contínua com coque miúdo e as restantes quatro do tipo semi-contínuo alimentadas com chispas de carvão vegetal. Os rendimentos das instalações contínuas vão de 23 a 35 toneladas por metro quadrado por dia e as

semi-contínuas vão de 12 a 27 toneladas por metro quadrado por dia; de estas cifras as mais elevadas condizem com as boas práticas modernas. Os níveis mais baixos de rendimento podem ser aumentados melhorando a dimensão e a mistura da alimentação da instalação de concreção. (Capítulo 3, Artigo 3.2).

Existem ao momento presente 27 altos-fornos em operação e antes de terminar o ano de 1975 existirão 31 altos-fornos. Em 1975 cerca de 87 por cento de ferro gusa virá de uso de coque em fornos com fornalhas de diâmetro maior (10 a 12,5 metros) e 13 por cento do uso de carvão vegetal em fornos de diâmetros menores. As cargas presentes são de torrões indígenas de minério e de chispas concrecionadas. O uso de chispas concrecionadas aumentará e, muito em breve, serão incluídas nas cargas pelotas com oxido de alumina. Os altos-fornos operando a coque estão produzindo índices de 44 a 58, que se não comparam favoravelmente com as práticas modernas, que obtém rendimentos de 100 por cento; têm também taxas de coque de entre 460 a 635 quilogramas por tonelada de metal quente, elevadas pelos melhores standards mundiais. Os altos-fornos que operam a carvão vegetal têm rendimentos muito àquem dos melhores resultados obtidos presentemente.

Melhoramentos nos índices de rendimento de forno a coque podem ser obtidos por:-

- (a) Remoção de entre a carga, de materiais miúdos com menos de 10 mm, por meio de crivos adequados, antes de carregar o forno.
- (b) Levar a cabo experiências metalúrgicas para determinar a dimensão ótima da partícula em materiais de carga, aplicando os resultados obtidos.
- (c) Uso de 100 por cento de carga concrecionada.

Reduções nas taxas de coque podem ser obtidas por:-

- (a) Fazendo uso de óleo por injeção direta, sobretudo porque os óleos carburantes brasileiros possuem um teor muito baixo de enxofre. Deveria ser tentada uma razão de 60 kg por tonelada de metal quente.
- (b) Provisões para uso de um sopramento rico em oxigênio.
- (c) Temperaturas mais elevadas de sopramento e pressões de alto teor.

No caso de fornos a carvão vegetal os índices de rendimento podem ser aumentados melhorando a composição e os tamanhos da carga, enquanto que os regimes de consumo de carvão vegetal podem ser reduzidos por uso de combustível e injeção de chispas de carvão vegetal. (Capítulo 3, Artigo 3.3).

1.3 Fabricação de aço

Em 1971 se produziram 6,0 milhões de toneladas de lingotes. Ao ser

completado o presente programa de desenvolvimento a capacidade para produção de aço será de cerca de 10,8 milhões de toneladas por ano, 67 por cento desta capacidade pelo processo BOF, 24 por cento por arco elétrico e o restante por Siemens-Martin. O aumento na capacidade do setor plano será pelo processo BOF, enquanto que, no setor não-plano, será primordialmente pelo processo de arco elétrico. As acerarias de arco elétrico poderão fazer uso de uma certa quantidade de ferro poroso quando entrarem em laboração as novas acerarias SL/RN e Hyl de redução direta.

As instalações BOF existentes obtêm períodos de sangria variáveis que vão de cerca de 57 minutos para vasos de 25 toneladas a 35 minutos para vasos de 70 toneladas, embora o vaso de 75 toneladas esteja a operar a um período de sangria de 80 minutos, devido principalmente à falta de metal quente. O consumo de oxigênio (que vai de 75 metros cúbicos normais por tonelada para vasos pequenos e em vasos grandes a 50 metros cúbicos) para vasos grandes se compara bem com as práticas modernas. Consumo de refratário (cerca de 3,75 kg por tonelada e 400 fornadas por revestimento) poderia, por virtude da alta qualidade intrínseca dos refratários, ser reduzida. Para se obterem elevados níveis de rendimento deve ser assegurado o seguinte:-

corrimento satisfatório do material ao longo da usina;

fornecimentos adequados de metal quente;

fornecimentos adequados de sucata;

fornecimentos adequados de oxigênio;

facilidades de forjamento capazes de aceitarem uma alimentação máxima de aço derretido;

beneficiamento na qualidade dos refratários. (Capítulo 4)

No caso dos fornos Siemens-Martin os rendimentos são, duma maneira geral, baixos (umas 4 toneladas por hora para fornos de 20 a 60 toneladas e 27 toneladas por hora para fornos de 200 toneladas), devido principalmente ao manuseamento inadequado da sucata e processos para carregamento. Estes deveriam ser melhorados. (Capítulo 4).

No caso dos fornos de arco elétrico os rendimentos vão de 0,5 toneladas por hora para fornos com capacidade até 4 toneladas a 8 toneladas para fornos com capacidades até 40 toneladas. Os rendimentos variam consideravelmente por virtude das condições diversas no metal quente e nas cargas de sucata fria, disposição da instalação e serviços auxiliares de apoio. Os consumos de energia de entre 600 a 700 kWh por tonelada são elevados, em termos dos padrões modernos, o que se deve principalmente a ma qualidade e baixa densidade da sucata.

Os melhoramentos se devem aplicar na comora de sucata, procedimentos para seleção e descarregamento, aliados a procedimentos melhores no carregamento do forno. (Capítulo 4).

1.4 Forjamento e laminagem

A utilização presente em que predomine o lingote forjado terá mudado ao chegar o ano de 1975 quando o estor de produtos planos come-

pará a produzir uma vasta tonelagem de pranchas grossas em forjamento contínuo e o setor de não-planos terá aumentado consideravelmente a sua produção de tarugos por forjamento contínuo. O número de máquinas instaladas terá aumentado de 3 para 9 e as fornadas terão atingido 150 a 200 toneladas em vez das 15 a 40 toneladas, como ao presente.

As grandes usinas de produtos planos que fazem a laminagem de pranchas e de tiras operam em regime reduzido devido à falta de aço, deixando equipamento de acabamento completamente parado. Mais de metade das acerarias de produtos planos foi encomendada antes de 1955.

No setor de não-planos existe um total à volta de 72 acerarias, incluindo 41 usinas primárias, 30 complexos generalizados e uma aceraria para produtos de calibre médio. Os rendimentos das acerarias variam imenso de uma aceraria para outra devido a diferentes misturas de produto e métodos de operação e não é possível generalizar sobre as produções obtidas. Todavia, existem oportunidades para aumentar produções com investimentos de pequena monta em cizalhadeiras, camas de arrefecimento e fornos de reaquecimento e racionalização da mistura de produto, a área de investimento dependendo da aceraria a ser considerada. (Capítulo 5, Artigo 5.2).

1.5 Eficiência da aceraria, da mão-de-obra e controle de qualidade

Duma maneira geral se pode afirmar que as instalações produtoras de ferro, aço e laminagem operam a entre 40 a 80 por cento da sua capacidade prevista. Porque os dados usados se baseiam em capacidades previstas há bastante tempo, é possível que a eficiência das instalações tenha sido exagerada e não diminuída. A eficiência das usinas pode ser melhorada por alterações nos métodos de manutenção e na existência de partes sobressalentes. A eficiência das acerarias pode ser significativamente aumentada reduzindo os períodos em que não existe metal quente disponível. (Capítulo 6, Artigo 6.1).

A indústria emprega presentemente à volta de 82.000 pessoas e produz cerca de 6 milhões de toneladas de lingotes. A produtividade da força laboriosa tende a ser, de certo modo, mais elevada (entre 84 a 130 toneladas de lingotes por operário por ano) no setor integrado de produtos planos do que nos outros setores (em média umas 60 toneladas por homem por ano). Evidentemente existe campo para aumentar a produção e devem ser introduzidos programas de treino nas acerarias onde não existem nenhuns ao presente. Devem também ser tomadas medidas, ao nível universitário, para encorajar mais estudantes e mais alunos em colégios técnicos a entrarem para a indústria siderúrgica. (Capítulo 6, Artigo 6.1).

No quanto respeito à qualidade do produto, estão a ser usados atualmente padrões internacionais mas se estão entabulando discussões com o fim de considerar um sistema compreensivo de padrões nacionais. Controle de qualidade só é feito por umas quantas empresas que possuem pessoal e departamentos equipados e competentes para esse efeito. Em geral, há necessidade de melhorar o controle de qualidade, como se prova pelas queixas por parte dos clientes, e este aspecto deve ser para consultas e conselhos. (Capítulo 6, Artigo 6.1).

Para melhorar rendimento se deve obter a melhor assistência internacional possível em engenharia, operação e gerência, sobretudo no setor não-plano. No caso de assistência consultiva, as recomendações dos consultores, no campo de rendimentos de qualidades possíveis de obter, devem ser especificadas com exatidão. A indústria deve procurar se aconselhar no que deve ser feito para melhorar a qualidade. (Capítulo 6, Artigo 6.1).

Os sistemas informativos existentes e a que as gerências têm acesso é inadequado e deveria ser procurado conselho sobre a forma de criar um sistema uniformizado para permuta de informações e controle de qualidade numa base nacional. (Capítulo 6, Artigo 6.2).

Deveriam ser examinadas todas as oportunidades para racionalização, sobretudo no setor de produtos não-planos em aço comum. (Capítulo 6, Artigo 6.3).

O potencial para o Brasil de novos processos de fabricação devem ser cuidadosamente avaliados. (Capítulo 6, Artigo 6.4).

2. Tendências tecnológicas e comerciais na indústria siderúrgica mundial (Seção B)

2.1 Processamento de minério de ferro (Capítulo 7)

As proporções de minério em torrões, chispas concrecionadas e chispas paletizadas são ditadas pelas características dos minérios disponíveis e por considerações comerciais. Existe uma procura, cada vez maior, de matérias primas de melhor qualidade e o grau médio dos minérios em torrão se mantém mais ou menos constante, mas o consumo de chispas concentradas e aglomeradas está aumentando rapidamente.

Por alturas de 1980 se espera que a Europa esteja a consumir cerca de 140 milhões de toneladas por ano de chispas concrecionadas e até 30 milhões de toneladas de pelotas. No Japão se espera um aumento em um futuro próximo na capacidade de aglomerados com o fim de diminuir a dependência do Japão em minério Australiano em torrões. O consumo de pelotas nos Estados Unidos da América aumentou em 200 por cento e no Canadá em 600 por cento nos últimos dez anos, durante cujo período o consumo de concrecionamento não sofreu alteração. Espera-se que estas tendências se mantenham.

A prática de concrecionamento superfundente, na qual se adiciona toda a cal necessária ao concrecionamento para lotação de chispas de minério de ferro com calcáreo moído em partículas muito finas e com coque miúdo se espera que se mantenha no futuro.

A tendência no desenvolvimento de instalações de concrecionamento é instalações maiores com grades deslocantes, que de momento têm uma largura de cinco metros com áreas de grades até aos 500 metros quadrados. A maioria das instalações produz rendimentos de entre 35 a 40 toneladas por metro quadrado por dia.

As unidades para produção de pelotas excedam hoje dois milhões de toneladas de capacidade anual e algumas das vastas instalações Norte-Americanas são constituídas por um número de unidades e capacidades à volta de dez milhões de toneladas por ano. Os desenvolvimentos técnicos mais importantes implicam a aglutinação a frio de pelotas como alternativa ao cozimento mas as pelotas necessitam de quatro a cinco semanas para adquirirem a sua resistência total e não viajam tão bem como as pelotas cozidas ao forno; portanto, o seu uso é natural que fique limitado a situações onde o manuseamento é mínimo. A maior instalação deste gênero em funcionamento se encontra na Suécia, possuindo uma capacidade de 1,5 milhões de toneladas por ano.

2.2 Fabricação de coque (Capítulo 3)

A subida no preço do coque metalúrgico estimulou importantes trabalhos de investigação e desenvolvimento em busca das misturas ótimas para coqueificação. A diminuição nas vendas de produtos derivados criou também maior interesse em métodos para reduzir custos.

Existe uma tendência para fazer uso de misturas de carvão que contém 27 por cento de matéria volátil porque esta percentagem parece produzir resultados ótimos. Esmagamento seletivo para obter uma dimensão mais uniformizada de partículas é hoje empregado em França, Índia e E.U.A. e, em muitas situações, deve reduzir os custos globais do processamento.

Secagem e preaquecimento da carga de carvão não só resulta em um rendimento maior mas também faculta a oportunidade de aumentar a proporção de carvões coqueificantes mais fracos, na mistura, sem qualquer diminuição na qualidade do carvão. Um outro resultado que se sugere provém do preaquecimento, se bem que não esteja confirmado por todas as experiências realizadas, é que reduz o teor de enxofre no coque. Onde há necessidade imperiosa de controlar poluição esperamos que seja adotado o sistema de tubagens com cargas de carvão preaquecido, atualmente em uso nos E.U.A., de preferência ao método de cargas sem fumo e por carro.

Com o fim de aumentar a capacidade dos fornos tem-se feito aumentos tanto no comprimento como na altura dos foções. Têm existido certas dificuldades sobretudo com os fornos de 7 metros de altura a funcionar no Japão, mas a tendência para fornos mais altos parece estar bem firmada e a maioria dos fornos novos têm 6 metros de altura. Se não espera que os comprimentos vão muito para além da medida corrente de 15 metros.

Lado a lado com o aumento de capacidade se estão também fazendo esforços para aumentar o rendimento. Têm usados tijolos silícios de alta densidade e, segundo se afirma, estes aumentam o teor de carbonização à volta do 20 por cento. Obtava-se um aumento semelhante pelo uso de uma parede menos espessa no forno.

2.3 Coque "formado" (Capítulo 9)

Coque formado é produzido com carvões carbonizados ou parcialmente carbonizados não coqueificantes e de coqueificação fraca e foi evoluído como uma alternativa ao uso de coque metalúrgico como redutível principal. As propriedades mecânicas requeridas são fornecidas por briqueta-

ção antes ou depois da carbonização. A maioria dos desenvolvimentos têm tido lugar em três processos, o Bergbau-Forschung (BBF), o da Food Manufacturing Corporation (FMC) e no processo Sapozhnikov. O processo BBF, desenvolvido na Alemanha e o processo Sapozhnikov, desenvolvido na URSS, ambos fazem uso de algum carvão coqueificante o que, de certa maneira, simplifica o processo em comparação com o FMC em que a carga tem de ser constituída totalmente por não coqueificante. O coque formado pode ser feito com propriedades semelhantes às que tem o coque convencional. Uma das vantagens do coque formado é que permite um controle muito fácil da dimensão da briquetagem, o que influencia as características de vazio de carga. Ainda não existem estatísticas conhecidas dos rendimentos obtidos nos ensaios em altos-fornos. As indicações são de que o coque formado pode ser usado como um substituto do coque metalúrgico com pouca diferença no teor de coque e o seu uso, portanto, depende primordialmente dos custos relativos dos dois materiais. A produção comercial de coque formado é de esperar que seja adotada em países que não possuem carvões coqueificantes adequados mas sim carvões não coqueificantes com uma análise adequada.

2.4 Fabricação de ferro em altos-fornos e fundição elétrica (Capítulo 10)

Se estão construindo altos-fornos com capacidades até 11.000 toneladas por dia e a dimensão não é de esperar que aumente em muito. O processo é o usado por cerca de 99 por cento da produção mundial de ferro e as tendências para o desenvolvimento futuro se espera que dediquem grande parte dos seus esforços a maior redução nos teores de coque e ao aumento em produção.

As percentagens de coque desceram de uns 1500 kg por tonelada de metal quente em 1920 para cerca de 500 kg por tonelada de metal quente em 1970. O declínio mais rápido foi durante os anos de 1958 a 1964, durante cujo período se fez uso pela primeira vez de injeção de óleo o que levou a uma percentagem total de combustível à volta de 500 kg por tonelada de metal quente. O efeito da injeção de óleo na produção do forno pode ser justificada em todos os altos-fornos em que o coque custe mais por tonelada do que óleo. Injeção de gás é usada em uma extensão limitada (principalmente na URSS) e existem outras localidades onde carvões não coqueificantes podem ser minados e transportados a um preço que justifica injeção de óleo, embora a injeção seja provavelmente na forma de um empastamento de óleo e carvão.

Se podem obter beneficiamentos na fornalha com o uso de enriquecimento com oxigênio, temperaturas de alta fundição e pressões muito elevadas. A maioria dos maiores altos-fornos modernos estão desenhados para incluir enriquecimento por oxigênio se bem que exista hoje em dia maior interesse em temperaturas de alta fundição, à roda de 1200 e 1250 C.

A preparação da carga, levando ao carregamento de partículas de dimensões mais pequenas e mais uniformes de torrões de minério e concreção, pode aumentar significativamente a produção, o mesmo sendo o caso com a substituição de torrões de minério por pelotas.

Onde sejam necessários aumentos marginais nas produções de um alto forno em funcionamento, podem ser usadas pelotas reduzidas; pode ser obtido um aumento de produção de uns seis por cento, acompanhado por uma diminuição na percentagem de coque, também à volta de seis por cento, por cada dez por cento de metalização da carga de Fe.

Devido ao fato de que um alto-forno só pode ser um desenxofrante à custa de maiores percentagens de coque e temperaturas mais elevadas do metal, o desenxoframento é agora feito fore da fornalha que ó oprada a uma temperatura consistente de metal quente.

Existem dois processos bem estabelecidos de fundição elétrica, ambos evoluídos na Noruega; de entre os dois o Elektrokomisk tem vantagens econômicas sobre o Tysand-Hole. O processo Tysand-Hole possui uma fornalha elétrica de veio baixo na qual são carregados continuamente minério em torrão e concreção e coque ou carvão vegetal, produzindo ferro gusa líquido que pode ser convertido em aço pelo método siderúrgico BOF. Contudo o consumo de eletricidade é bastante elevado (uns 2200 kWh por tonelada de metal quente), o que levou ao desenvolvimento do processo Elektrokomisk requerendo a fundição elétrica de uma carga pré-reduzida de minério de ferro com carvão não-coqueificante ou carvão vegetal e calcáreo.

2.5 Fabricação de ferro por redução direta (Capítulo 11)

Os processos de redução geralmente fazem uso não de coque mas sim de outros combustíveis e produzem ferro poroso. O desenvolvimento de muitos processos diferentes permitiu o estabelecimento em um número de países de instalações relativamente pequenas produzindo aço sem necessidade de coque.

Muitos de estes processos fazem uso de gás natural, gases de petróleo liquidificados ou nafta natural. O objetivo de aperfeiçoar um processo fluído usando minérios finos levou ao encorajamento de processos gasosos, mas as dificuldades encontradas com a cama fluída levaram a quatro dos cinco processos de interesse fazerem uso de pelotas ou minério em torrões.

O processo Hyl tem quatro reatores para reduzir o minério em torrão ou as pelotas óxidas para uns 87 por cento de metalização fazendo uso, como redutível, de gás natural. Este processo foi desenvolvido no México onde o gás natural era barato a 1,5 centimos por unidade térmica britânica e tem constituído um êxito comercial. Em nações onde o gás natural não seja tão barato, parte do gás pode ser substituído por óleo. Pode ser feito também uso de nafta mas, em este caso, há necessidade de uma instalação mais complicada.

O processo Midrex faz uso também de gás natural e é de operação contínua, reduzindo as pelotas óxidas para além de uma oxidação de 92 por cento. Presentemente se encontram três instalações em funcionamento mas o processo ainda não se encontra comprovado comercialmente.

O processo Armco é metalurgicamente semelhante ao processo Midrex mas é um processo por fornadas. A primeira instalação está a ser construída e se espera que esteja em produção em 1973/74.

O processo Purofer também reduz o minério em torrão ou pelotas numa fornalha de veio, fazendo usos de gás natural reformado; é um processo por fornada, como o Armco, e se encontra também em construção a primeira de estas instalações.

O processo Orinoco HIB (Briquete com elevado teor de ferro) é o único por cama fluída a ser evoluído para operação comercial em grande escala. Se trata de um processo contínuo e reduz chispas de minério de ferro de menos de 0,6 mm por meio de um gás de redução. Uma instalação de este tipo já se encontra a funcionar na Venezuela.

Existem também processos de redução direta que, como redutível, fazem uso de combustível sólido. O mais importante é o processo SL/RN que, segundo se afirma, é capaz de produzir uma metalização de 97 por cento em minérios de elevado grau e usam uma carga de minério em torrão de certa dimensão ou pelotas óxidas, conjuntamente com carvão não-coqueificante. Com este processo foram encontrados dois tipos de problema - um associado com as reacões físicas e químicas e o outro com instrumentação e vigilância dos perfis de temperatura nos fornos compridos. Embora se esperasse que o processo funcionasse satisfatoriamente com qualquer qualidade de carvão, certas características, sobretudo a temperatura de fusão da cinza do carvão, comprovaram ser, na prática, um elemento de importância.

2.6 Fabricação de aço por metal quente (Capítulo 12)

As vantagens do processo básico por fornalha a oxigênio (BOF) redundaram num decréscimo rápido no uso do processo Siemens-Martin, que, presentemente só produz cerca de 30 por cento da produção mundial de aço e o Bessemer (Thomas) que conta apenas com 5 por cento da produção mundial.

As dimensões das fornalhas BOF têm aumentado progressivamente, e maior presentemente em funcionamento possuindo uma capacidade de 350 toneladas. Dado que duas fornalhas com capacidades de 200-300 toneladas têm produção suficiente para uma fabricação de cinco a oito milhões de toneladas de aço por ano, não existe um grande incentivo para aumentar a dimensão da fornalha, particularmente porque este fato pode aumentar os problemas de manuseamento de materiais e dificuldades em igualizar capacidades contínuas de forjamentos. A configuração mais comum em instalações é a de ter duas fornalhas a trabalhar em um complexo de três fornalhas mas existe uma certa tendência para uma operação de três fornalhas em um complexo com quatro.

A redução dos períodos de sangramento tem sido o avanço mais significativo dos anos recentes. O ciclo de tempo BOF foi reduzido de 1 hora para cerca de 40 minutos e com o desenvolvimento do sistema direto comandado por computador, e melhor manuseamento de materiais, o período do ciclo de fornalhas com mais de 100 toneladas de capacidade vai ser provavelmente reduzido para 25 minutos.

O processo Thomas continua a ser usado em alguns dos países da Europa ocidental para trabalhar minérios com alto teor fosforoso embora não tenham sido construídas instalações novas desde 1955. Está sendo manifestado um interesse cada vez maior no desenvolvimento de processos

por sopramento à parte inferior como, por exemplo, os Q - BOP e OBM. Segundo tem sido afirmado possuem certas vantagens sobre o processo BOF.

Se bem que o processo Siemens-Martin seja muito flexível porque pode receber cargas frias ou quentes com, por assim dizer, qualquer mistura de metal quente, ferro gusa e sucata, e produzir uma grande variedade de aços, o custo da conversão é 50 por cento mais elevado do que no processo BOF. Tentativas recentes para melhorar rendimentos tem sido centralizadas no uso de fornalhas de oxigênio e de Tandem. Injeção de oxigênio pode resultar num ganho de entre 15 a 25 por cento em produtividade com uma diminuição de entre 15 a 20 por cento nos custos de combustível. A técnica de sopramento inferior está sendo também utilizada em fornos Siemens-Martin.

O principal desenvolvimento futuro é natural que seja na produção de aço por método contínuo, um processo tipo WORCRA, resultando numa cadeia de processo contínuo a partir do alto-forno até as instalações para forjamentos. O processo WORCRA foi evoluído na Austrália, e requiere o contra corrimento de metal e escória. O processo IRSID, evoluído em França, tem metal metido continuamente à parte inferior de uma câmara soprada com uma lança de oxigênio, com a emulsão de escória-metal correndo através de uma abertura para uma câmara de transferência onde a escória e o metal são separados. Ambos os processos têm operado numa base de instalação piloto, mas não se espera que alcancem escala comercial dentro dos próximos dez anos.

2.7 Fabricação de aço com metal frio (Capítulo 13)

O processo principal empregado na fabricação de aço com metal frio em bruto é o de arco elétrico e novos desenvolvimentos serão dirigidos no sentido de aumentar o rendimento das unidades e de reduzir o consumo de eletricidade.

O desenvolvimento principal tem sido no aumento dos regimes de potência e potência ultra elevada (UHP) em que as fornalhas têm regimes de 250 a 400 kVA por tonelada de capacidade; fornalhas mais pequenas podem ter 500 kVA por tonelada. Estes regimes elevadíssimos resultam de sangramentos com uma duração de 2 1/2 horas ao produzir aços comuns com sucata, escória e por lança de oxigênio. Regimes enormemente elevados impõem grandes cargas no sistema de energia e para aliviar este problema foram evoluídos e produzidos equipamentos para amortecimento de voltagens. Uma outra solução, evoluída na Suécia, e que é digna de consideração em certas circunstâncias, faz uso de duas carcaças na fornalha, uma equipada com um teto com eletródio e a outra com queimadores a gás; este processo reduz o consumo de eletricidade para mais ou menos 130 kWh por tonelada.

Em manuseamento de sucata os principais avanços têm tido lugar em máquinas de cizalhamento, de operação hidráulica, para cizalhamento e despejamento e instalações especializadas para fragmentação. Corte de sucata pesada por tesouras de cizalhamento com lâminas de 4 metros permitiram que se eliminassem caixas de esmagamento. Sucata ligeira é agora enfiada em pêsos até sete toneladas e uma prensa especial faz ferros com 60 toneladas cada um. Um novo desenvolvimento para sucata ligeira é a produção de configurações à prensa na configuração de um

tronco após cizalhamento.

A aceraria de fragmentação Proler para corpos de automóveis e utensílios domésticos se encontra bem comprovada mas necessita de vastos fornecimentos de sucata. Fragmentação seguida por separação magnética nem sempre é capaz de reduzir carroçarias de automóveis a um nível residual aceitável de cobre de 0,2 por cento. O cortador-esmigalhador tem produzido melhores resultados e pode reduzir os níveis de cobre para 0,12 por cento.

Aparas, a forma menos aceitável de sucata, devido ao óleo e contaminação não ferruginosa, podem ser briquetados, mas estão agora a ser desenvolvidos processos para laminação contínua. O óleo pode ser extraído por secagem ou centrifugação com uma eficiência de 95 por cento e foi recentemente evoluído um novo método que depende em re-ciclo e enxaguamento por nafta.

Embora a fornalha de arco elétrico possa também ser operada com qualquer percentagem de pelotas reduzidas - desde que haja, pelo menos, 65 por cento de metalização - não é vulgar operar com mais de 80 por cento de pelotas e 20 por cento de sucata. Com o uso de pelotas reduzidas, a fornalha pode ser carregada continuamente e a admissão de energia aumentada; embora o consumo de eletricidade aumente, uma melhor produtividade em termos de 12 por cento pode ser obtida devido ao derretimento mais eficiente e mais rápido e devido também à redução no período de carregamento. Se for usada energia ultra elevada o período do ciclo de fornaldas de grande capacidade pode ser reduzido muito para aquém de duas horas. O uso de pelotas reduzidas reduz também o consumo de eletródios e de oxigênio durante a refinação, e, devido ao baixo teor de impurezas na carga, se podem produzir aços mais limpos.

2.8 Fundição (Capítulo 15)

A escolha reside entre lingotes e fundição contínua. Para a produção de aços desoxidados ou semi-desoxidados para produção de pranchas a tiras e, bem assim, de barras comuns até um ou dois milhões de toneladas por ano, a fundição contínua é geralmente o método mais econômico.

Os principais desenvolvimentos em fundição de lingotes têm tido lugar na forma de manuseamento de materiais com os lingotes fundidos em moldes, transportados em unidades portadoras que circulam continuamente da estação de fundição para a estação combinada de preparação de tiras e de moldes.

Durante os últimos vinte anos a fundição contínua tem sido adotada com maior e constante consistência e presentemente se calcula em cerca de 50 milhões de toneladas por ano. Por meio do pré-aquecimento do colherão têm sido feitos esforços para aumentar a capacidade de uma determinada máquina que, de contrário, estaria restringida ao período máximo permissível de uns 70 minutos para o despejamento do colherão. As velocidades de fundição para pranchas grossas são, regra geral, na gama de 1000 a 1500 mm por minuto, estas velocidades aumentando com a diminuição da área trans-seccional. O número máximo de ramos em uso é agora de oito para tarugos e blocos e quatro para pranchas grossas, e foi desenhado um número de máquinas contra-costas para resolver o

problema da limitação de um grande número de ramos em uma única máquina. Devido aos elevados regimes de solidificação e pequenas secções transversais, em comparação com os referentes a fundição de lingotes, a fundição contínua de outros aços, com exceção do aço completamente desoxidado é difícil, mas está a ser feita na URSS.

Um aperfeiçoamento significativo em fundição contínua é a fundição "sem-pausa" ou "contínua-contínua" nas quais colherão após colherão é fundido com pausas apenas momentâneas.

A fim de resolver o problema de máquinas individuais necessitarem uma gama completa de moldes a fim de produzirem uma gama de medidas, foram desenhados moldes com geometria variável para pranchas grossas; todavia, ainda não comprovaram absolutamente a sua efetividade.

Os desenvolvimentos futuros devem ser mais naturalmente no sentido de uma máquina de moldagem horizontal com despejamento por pressão que requererá a aplicação de pressão ao aço no colherão o forçando para um tubo com revestimento refratário que o impele para o molde.

2.9 Laminagem (Capítulos 16 a 18)

Os três principais fatores a considerar quando especificando usinas de laminagem são a gama do produto a obter, a precisão dimensional e a capacidade requerida. Capacidade e gama de produtos laminados competem, entre si, para a maior prioridade, sendo a tendência atual no sentido de especialização e uma gama mais limitada de produtos. À medida que um maior número de acerarias especializadas justifica a sua existência devido à maior procura de produtos, o complexo de produção múltipla tem de laminar uma variedade cada vez maior de produtos de todos os gêneros.

A maior parte da vasta capacidade de acerarias para pranchas grossas presentemente em construção tem a forma de acerarias universais com laminadores verticais instalados muito próximos de laminadores horizontais. Este tipo de aceraria produz pranchas grossas com rebordos de boa esquadria e apenas necessita de inclinação em um dos lados da usina. As novas evoluções levaram também ao posicionamento de carros para transporte automático de lingotes, técnicas de laminagem em tandem e sistemas de resfriamento de pranchas grossas que estão sujeitas a perdas na escala e no espaço da área de resfriamento.

O maior desenvolvimento em acerarias para blocos tem sido no uso de controles para programação automática e pré-regulada, também aplicável a acerarias para chapas grossas.

As modernas acerarias para tarugos, de alto rendimento, têm presentemente, digamos, dez trens alternativos verticais e horizontais com descarga lateral para as secções mais vastas. Amplos departamentos para acabamento com inspeção automática e experiências não destrutivas são mais frequentemente ditados pelas necessidades do mercado.

Forjamento "contínuo" de tarugos a rendimentos bastante baixos pode ser obtido pelo uso de forjas giratórias. Todavia, neste caso, estão ainda por resolver certos problemas de processamento.

A demanda por parte dos construtores navais para pranchas de maior largura estimulou a construção de acerarias de quatro passes para pranchas com medidas até quatro metros de largura, equipadas com dispositivos de dobragem por rolos para o controle da calibragem lateral, configuração e corba. O uso de pranchas para secções estruturais incitou a construção de acerarias para pranchas universais. As pranchas podem ser bobinadas ou transferidas planas para as instalações de resfriamento que possuem equipamento para manter os rebordos das pranchas bem direitos, conseqüentemente prontas para soldagem sem mais qualquer preparação. Pranchas com menos de um metro de largura podem ser laminadas mais economicamente em usinas de pranchas de dois passes.

A procura cada vez maior de tiras de melhor qualidade, isto é, dotadas de uma calibragem mais exata e mais uniforme, melhor acabamento da superfície e melhores propriedades metalúrgicas, tem sido resolvida com a instalação de mais trens desbastadores (cinco ou mais) na usina quente, mais trens de acabamento (geralmente sete) e pelo uso de calibragem com controle automático, bem como computadores de cálculo direto. Os rendimentos em usinas de tiras tem aumentado consideravelmente. As fornalhas de reaquecimento de pranchas grossas possuem hoje em dia mais zonas de aquecimento (cinco zonas) e foram evoluídos sistemas transportadores aéreos para vigas e extratores de descarga. No lado da seide da usina se faz hoje em dia uso de arrefecimento a água com corrimento laminar entre o último passe de acabamento e a retorta, com retortas adicionais colocadas a uns 40 metros de distância da usina para calibragens muito finas. Tem sido prestada grande atenção à necessidade da parte de países mais pequenos, em desenvolvimento, de possuírem acerarias de produção reduzida e por baixo custo; ainda não foi encontrada uma solução completamente satisfatória, se bem que, em certas situações, os moinhos Steckel e planetário Sendzimir possam constituir escolhas adequadas.

Acerarias para tiras laminadas a frio têm hoje geralmente cinco ou seis trens em vez de três. O maior aperfeiçoamento tem sido nos métodos de controle da calibragem. O controle hidráulico do rolo de espeçamento, de que se faz uso ao presente, oferece uma precisão muito maior e mais alta velocidade de resposta do que os sistemas de parafuso elétrico. Se tem feito também muito progresso em controle por computador de resposta imediata. Em instalações de pequena escala se pode laminar com êxito tiras em um moinho reversor de um só trem e o moinho Sendzimir, em feixes, é particularmente adequado para laminagem a frio de calibragens finas de aço de qualidade especial, particularmente de aço inoxidável.

As presentes acerarias em construção para produtos pesados são, na sua maior parte, do tipo universal que oferece uma secção estrutural de melhor perfil modular do que anteriores configurações standard. Estas acerarias podem também ser desenhadas para carreiras por rolos, secções para empilhamento de chapas e produtos planos universais ou pranchas de larguras limitadas. Uma das evoluções interessantes é a presente construção pela British Steel Corporation de uma aceraria de secção média contínua e vigas leves com uma capacidade à volta de umas 500.000 toneladas por ano. A escolha normalmente feita é a de uma aceraria contínua ou semi-contínua onde laminagens longas de uma determinada secção se tornam económicas; no caso em que se não segue tal política existe, na maioria dos casos, um trem duplicado.

Usinas para trilhos não se têm alterado muito nos últimos anos e bem que um desenvolvimento digno de nota seja um sistema patenteado francês, da empresa de Wendel et Cie, em que os trilhos são roladas para uma instalação de prancha universal. Todavia, a tendência é para manter a laminação de trilhos separada das outras secções estruturais.

Acerarias mercantis com capacidades até à 500.000 toneladas anuais têm sido muito beneficiadas com trens mais rijos, melhores chumaceiras, velocidades mais elevadas e dispositivos para reduzir o período de tempo de laminação.

A velocidade das usinas para vergalhões de arame aumentou também para 50 a 60 metros por segundo para um vergalhão de 5,5 mm. Altas velocidades de acabamento, bem como uma precisão muito maior têm sido obtidas pelo desenvolvimento de blocos de acabamento "não torcedores" em que as últimas dez reduções, mais ou menos, são feitas em pares de rolos montados em ângulos retos entre uns e outros. A demanda de estiradores para arame com maior consistência nas suas propriedades físicas foi resolvida pelo sistema "Stelmor" de arrefecimento controlado. Têm também sido procuradas bobinas mais pesadas e este fato foi solucionado com laminação de vergalhões de 5,5 mm de tarugos de 80 mm ou de 90 mm (em vez de 48 mm) o que requer mais trena na uaina. A tendência para laminar tarugos de 12 metros de comprimento necessitou o redesenho de fornalhas de reaquecimento.

2.10 Manufatura de tubos e tubagens (Capítulo 19)

A produção de tubos soldados e de canos tem aumentado muito mais do que a de tubagens sem costura. Enquanto que uma instalação para tubos soldados pode ter uma capacidade anual de, digamos, 2.000 a 20.000 toneladas, uma instalação de dimensão económica de tubos sem costura pode ter uma capacidade anual de, pelo menos, 100.000 toneladas.

Grandes tubos soldados com diâmetros de 300 a 2500 mm podem ser produzidos numa usina de tubo espiral com bobinas laminadas a quente. Tubos com diâmetros de entre 12,5 a 100 mm podem ser geralmente produzidos numa usina de tubagem soldada longitudinalmente na qual a carga de tira é formada progressivamente na configuração de um tubo através de um série de rolos.

Os tubos sem costura são produzidos de tarugos aquecidos ou de blocos que são primeiramente perfurados. Depois de perfurado, o tubo parcialmente formado continua o seu processamento em moínhos de dois ou três rolos.

O problema de alta estampagem em tubos extrudidos tem sido em grande parte eliminado pelo uso de lubrificantes de grafite, embora o processo seja normalmente usado apenas para produtos de alto valor como, por exemplo, ligas de teores elevados e tubos inoxidáveis; o processo Ugine-Sejournet, que faz uso de lubrificante vidrado da peça a ser trabalhada, tem tornado possível a produção em grande escala de tubos extrudidos.

Para o acabamento de tubos se pode empregar uma variedade de métodos. Distensão e redução são feitas em um moínho com 12 trens de motores

independentes. As superfícies de um tubo podem ser polidas em uma instalação dobadora. A correção da configuração e medida dos tubos pode ser feita por expansão a pressão; o diâmetro e a espessura dos tubos podem ser reduzidos por estiramento a quente e a frio e onde se requeira uma grande redução do diâmetro esta pode ser feita por redução a frio.

2.11 Revestimentos (Capítulo 20)

A proteção de produtos planos finos com estanho e zinco continua a ser a forma mais vulgar de revestimento mas materiais novos como, por exemplo, crômio e plástico estão adquirindo uma importância maior.

As linhas de aplicação de estanhagem são hoje três vezes mais rápidas do que o eram há dez anos atrás e o desincrustamento do produto é geralmente feito com ácido hidrocloreico para se manterem as velocidades de operação das linhas. A redução a frio é feita em cinco ou seis trens de 4 passes e têmpera contínua é hoje mais usual do que têmpera em lotes, se bem que esta última esteja a ser usada geralmente para o estiramento de aços de alta qualidade.

Os processos para estanhamento de que se faz uso são os "Ferrosan" ou "Halogen", sendo o primeiro usado por cerca de 70 por cento da capacidade mundial. Todavia o processo "Halogen", se bem que mais dispendioso é mais rápido (onze em vez de oito ou nove metros por segundo) e existe uma tendência para aumentar o seu emprego. Folha de Flandres, de dupla redução, desenvolvida para oferecer uma alta resistência, uma espessura menor e por custo mais barato está ganhando importância muito rapidamente.

Aço não estanhado está começando a competir com Folha de Flandres devido ao seu preço comparativamente baixo. Os revestimentos sem teor de estanho que usam camadas ultra-finas de crômio e de óxido de crômio são intermutáveis com Folha de Flandres na maioria das aplicações. As linhas de produção são hoje em dia, regra geral, para uso com Folha de Flandres e com produto não estanhado.

Imersão em quente continua a ser o método mais vulgarmente empregado para galvanização mas a eletro galvanização, um processo mais dispendioso, para a produção de revestimento muito fino, tem certas utilizações. Linhas mais velozes (1,6 em vez de 0,5 metros por segundo) se encontram já instaladas e as espessuras são controladas por jatos de ar ou de vapor.

Os revestimentos orgânicos são dispostos numa base de galvanização por imersão a quente e combinam a atração de um acabamento moderno com resistência à corrosão de um produto com acabamento galvanizado. As linhas modernas funcionam a uma velocidade que vai de um a três metros por segundo, e qualquer das linhas faz uso de massas plásticas à base de PVC ou de resinas acrílicas. Os processos à base de líquido (cerca de 80 a 90 por cento da capacidade existente) são de esperar que aumentem mais rapidamente do que aqueles baseados em tiras pré-formadas, de que o processo "Stelvetite" é um exemplo.

Têm sido utilizados revestimentos de alumínio para prover resistência à corrosão por altas temperaturas, enquanto que os revestimentos a

chumbo têm aplicação para os tanques de gasolina dos automóveis.

2.12 Aços Especiais (Capítulo 21)

A totalidade dos aços especiais são os inoxidáveis austeníticos (AISI, séries 300) que possuem um teor considerável de níquel. Embora fabricados primordialmente em fornalhas de arco elétrico, certas qualidades têm sido produzidas em bruto pelo processo BOF.

A adição de elementos de ligas é feita ou no colherão ou na fornalha, mais vulgarmente nesta última quando se usem grandes quantidades de elementos de liga como, por exemplo, cobre ou níquel. O teor de liga deixado no aço líquido é afetado pelo grau de oxidação do aço quando na fornada, pela quantidade de escoria que é retida no colherão e pelo período do ciclo de processamento quando se fazem adições de liga.

São adicionados desoxidizantes como, por exemplo, silício e alumínio a fim de evitar ou reduzir a libertação de monóxido de carbono durante a solidificação do aço. Deve ser tomado grande cuidado no uso de desoxidizantes quando se pretende obter um aço muito limpo.

Como alternativa à desoxidação por métodos químicos foi desenvolvida a desgasificação a vácuo, principalmente como propósito de contender com as quantidades crescentes de hidrogênio, provenientes da produção de aço pelo processo Siemens-Martin básico, de preferência ao emprego de ácido. Foi evoluído um número de processos diferentes que se classificam em quatro categorias - colherão, circulação de vapor e desgasificação de lingotes. Foi evoluído um método mais econômico do que o de desgasificação por vácuo, denominado enxaguamento a gás, no qual o argon entra na forma de bolhas no aço no colherão.

A remoção de corpos estranhos não metálicos pode ser feita por cuidadosa refinação e desgasificação por vácuo. A lavagem da escoria pelo processo Ferrin, embora primariamente destinada a remover enxofre e fósforo reduz também, com eficiência, os corpos estranhos não metálicos.

Se forem requeridos aços com elevada resistência contra deformação lenta, resistência tensil, resistência à fadiga ou grande resistência há que usar técnicas especiais. Para se produzirem ligas de aço muito puras se pode fazer uso de derretimento e rederetimento a vácuo. Refinação elétrica da escoria produz um aço que é isotrópico nas suas propriedades físicas e os corpos estranhos são consistentemente pequenos e distribuídos por igual.

Dois processos desenvolvidos recentemente são o de derretimento por arco de plasma e o de derretimento por raio de eletrão, este último reduzindo a um nível realmente baixo o número de corpos estranhos.

Como processo alternativo para forjamento de aços especiais em uma câmara de vácuo, se pode evitar a recolha de oxigênio encapuchando a caudal de metal com um gás redutível ou inerte. A maioria dos aços especiais pode ser forjada por método contínuo mas é da maior importância, durante a forjadura, uma proteção contra a atmosfera.

As diferenças principais entre aços especiais laminados e ordinários residem na necessidade de maior energia e no fato de que usinas contínuas e semi-contínuas não são apropriadas, devido à pequena quantidade dos lo-

tes, muitas vezes não excedendo duas toneladas, nos aços especiais.

Para tiras de aço inoxidável é usado com frequência o moinho de tiras a quente, reversível, Steckel, de trem simples; as variações em calibre que costumavam existir desapareceram com o uso de controle hidráulico de alta precisão das folgas. Para laminagem de tiras de aço inoxidável a frio há que usar o moinho aglomerante Sendzimir.

2.13 Mini-Acerarias (Capítulo 22)

As principais vantagens das mini-acerarias que, invariavelmente, fazem uso de fornalhas para o derretimento da sucata e operam pelo processo do forjamento contínuo, são a utilização de sucata barata, a minimização de despesas com transporte e custos de venda porque servem o mercado local e bem assim a redução ao mínimo de despesas extras porque produzem uma gama limitada de produtos e fazem uso de instalações cujo custo demandou um emprego de capital relativamente baixo.

O custo capital anual por tonelada produzida é mais baixo do que o atribuído a um produto semelhante fabricado numa grande aceraria integrada. Uma mini-aceraria pode ser construída à razão de entre \$ 120 e \$ 180 por tonelada anual produzida; algumas foram construídas por menos de \$ 100. Equiparação meticulosa da fornalha e capacidade de forjamento com a capacidade de laminagem, bem como uma provisão mínima de oficinas, armazens, laboratórios, etc., levam a um baixo custo capital. Uma mini-aceraria pode também ser posta em laboração global em, possivelmente, metade do tempo que leva a construir uma aceraria integrada. O custo da sucata é apenas de \$ 29 por tonelada no custo total da produção, incluindo todos os encargos financeiros, que devem andar à volta de aproximadamente \$ 100 anuais por tonelada de produto. Deconecessário dizer que os resultados comerciais obtidos por uma mini-aceraria estão sempre muito à mercê dos preços da sucata.

O desenvolvimento mais importante do futuro é o grau a que os produtos pré-reduzidos serão substituídos por sucata, o que permitirá o carregamento contínuo de que resulta uma economia no consumo de energia e de eletrodos. Tem sido calculado que o material pré-reduzido poderá competir com a sucata quando 90 por cento do material metalizado seja mais ou menos \$ 5 por tonelada mais dispendioso do que a sucata. Os relativos preços do coque e da eletricidade terão também um efeito comercial significativo nos desenvolvimentos futuros das mini-acerarias.

2.14 Poluição (Capítulo 23)

A carbonização de carvão em fornos de coque produz um grande volume de alcatrões e pó que podem constituir um problema considerável de poluição. É atualmente comum equipar os carros de carga de carvão com sistemas de lavagem molhada por venturi ou mecânicos ou fazer uso de um sistema mais refinado, empregando tubagens de carregamento de fornos e uma instalação central de lavagem molhada.

O manuseamento e tratamento de matérias primas secas produz grandes quantidades de pó. A supressão do pó pode ser feita simplesmente por uma técnica de neblina de água ou pelo encerramento das áreas onde seja produzido pó, instalando sistemas de escapamento e retentores de poeiras.

Em operações de altos-fornos o principal problema é o tratamento do gás antes deste ser queimado; isto é feito normalmente por esfregamento molhado o que produz água contaminada que requer purificação. A produção de aço expela grandes quantidades de fumaça de óxido de ferro fino e pó. Na manufatura de aço pelo método BOF, em que 1,5 por cento da carga total pode ser constituída por pó, precipitadores eletrostáticos ou esfregamento por venturi são usados para controlar emissão.

Em laminagem, os maiores contaminantes são os resíduos e óleo extraídos pela água de refrigeração; se torna necessária clarificação ou floculação ou filtragem a pressão da água, dependente do grau de pureza requerido.

No processo de liras o maior problema reside no tratamento dos líquidos ácidos usados, cujo teor de ácido é muito elevado; têm sido feitos esforços consideráveis no desenvolvimento de processos para recuperação dos ácidos.

2.15 Automatização (Capítulo 24)

Os principais benefícios da automatização são um produto de melhor qualidade, maior rendimento do processamento e melhor utilização das instalações existentes. Projetos integrados estão hoje em dia a serem desenhados e construídos permitindo que todas as operações de um complexo sejam controladas por sistemas de computadores hierárquicos.

Automatização da preparação de matérias primas pode começar logo pelo trabalho inicial de pesagem e lotação dessas matérias. O concrecionamento já se encontra automatizado e se está prestando agora atenção à automatização da paletização.

Em muitas instalações de fornos de coque já existe automatização parcial.

Ainda não foi possível conseguir uma automatização completa em altos-fornos devido à natureza complexa dos processos físicos e químicos que têm lugar. Todavia, muitas acerarias modernas têm, pelo menos, uma fornalha equipada com a necessária instrumentação, computadores e equipamento atuador para controle inteiramente automático; os sistemas que operam a lotação da carga e os fornos quentes podem ser comandados por processos automatizados mas os sistemas das fornalhas principais continuam a requerer supervisão manual.

A automatização da manufatura de aço pelo processo BOF pode ser usada para controlar o volume de oxigênio para um dado peso de carga bem como a qualidade e quantidade do aço. Em manufatura por arco elétrico o sistema de controle pode ser usado para vigilância contínua do consumo de energia a fim de se ajustar a posição do eletrodo de maneira a assegurar que sejam mantidos consumos constantes de energia abaixo de níveis punitivos.

Automatização dos poços de ensopamento redundando numa maximização da produção e minimização de admissões térmicas, enquanto que a automatização de fornalhas de reaquecimento permitem que a carga para as instalações de laminação seja fornecida à temperatura requerida. A principal aplicação de automatização em laminação tem sido no controle de calibres

em usinas de tiras laminadas a quente e a frio.

Estão se fazendo os maiores avanços em matéria de construção de instrumentação robusta e de confiança para medir alterações em relação aos valores pré-regulados. Necessidades de controle para além da capacidade das reações humanas têm de requerer automatização.

Contudo automatização global de acerarias não deve existir por muitos anos vindouros.

2.16 Localização de Acerarias (Capítulo 26)

As decisões sobre localização de acerarias dependem tanto de fatores tecnológicos (isto é, custos de operação e transporte) e de fatores político-econômicos. Os principais fatores tecnológicos são:

- (a) Amplitude e localização do mercado
- (b) Disponibilidade e localização de matérias primas
- (c) Localização de qualquer indústria siderúrgica existente
- (d) Disponibilidade de várias formas de energia
- (e) Rede de transportes existente
- (f) Disponibilidade e localização de infraestrutura
- (g) Disponibilidade de peritos em gerência e pessoal especializado
- (h) Processos à disposição.

Cada decisão sobre localização tem de ser considerada pelos méritos que oferece e à luz das condições que prevaleçam localmente.

2.17 Tendências na produção de Aço (Capítulo 27)

Os dois principais fatores que forçam modificações no padrão mundial de produção de aço são o aumento na dimensão das unidades produtoras bem como a configuração dos fornecimentos e uso de matérias primas.

Enquanto, em tempos passados, acerarias com uma capacidade de um milhão de toneladas eram consideradas excessivamente grandes, estão sendo edificadas presentemente acerarias econômicas com uma capacidade de dez milhões de toneladas. O advento do processo BOF com a sua operação mais simples e mais rápida, aliado a altos-fornos de maior capacidade e instalações de forjamento contínuo, tornaram possível estes vastos aumentos em capacidades.

A maior mudança na configuração dos fornecimentos de matérias primas tem sido o uso de minérios estrangeiros importados. A decisão de situar uma aceraria em um local onde os custos totais em transportes sejam menos onerosos resulta, hoje em dia, na sua edificação em vastos complexos junto à costa. A disponibilidade de carvões coqueificantes causou grande preocupação nos primeiros anos do decênio de 1960 mas os avanços feitos

no processamento de carvões, hoje existentes, tornaram possível fazer uso de outras qualidades de que existem fontes muito mais consideráveis.

Uma tendência significativa é o interesse crescente no estabelecimento de acerarias para aço em bruto e produtos semi-acabados junto às fontes de fornecimento do minério com o transporte do produto semi-acabado para o mercado não distante a fim de ser laminado.

2.18 Desenvolvimento do Produto (Capítulo 28)

Em anos recentes têm sido evoluída uma vasta gama de aços com propriedades especiais para satisfazer necessidades específicas.

Se têm produzido aços comuns anti-corrosivos para resistirem aos efeitos do mar, por exemplo, aços com baixo teor de carbono e vastas adições de manganês, e corrosão atmosférica por adicionamento de um meio por cento de cobre.

Aços mais baratos que podem ser sujeitos a tratamento térmico, são o embebido simplesmente em carbono (PCQ) e os (QT), aços embebidos e temperados.

O desenvolvimento de aços inoxidáveis com baixo teor de carbono e boas propriedades de soldagem e de trabalho irão aumentar apreciavelmente o uso de aço inoxidáveis.

A procura de aços para trabalho a altas temperaturas tem aumentado a utilização de aços ferríticos e de aços de liga alta de Cr. Ni para temperaturas acima de, digamos 600°C.

Os recentemente evoluídos aços QT, são aços para uso a baixas temperaturas (aços criogênicos).

Aços com propriedades especiais para maquinagem contém enxofre, chumbo ou, mais recentemente, telúrio.

Propriedades especiais de trabalho em frio são obtidas pelo uso de aços 'enxertados' que contém 18 por cento de níquel e cinco a dez por cento de outras ligas metálicas.

Se podem obter propriedades de grande resistência com tratamentos de endurecimento de superfícies como, por exemplo, endurecimento superficial ou endurecimento por chama ou por uso de bimetal, um material constituído por aços de diferentes qualidades.

2.19 Tendências no consumo de aço (Capítulo 30)

Os vários países têm conseguido crescimento económico por diferentes métodos que refletem o crescimento de diferentes indústrias que demandam maior ou menor intensividade em uso de aço. Embora não exista um elo poderoso entre o regime de crescimento do consumo de aço por cabeça e por crescimento de população, existe, sem dúvida, uma relação entre o crescimento e o nível real de consumo porque se pode obter um regime mais rápido, com a maior facilidade, começando de um nível de consumo baixo. Tipicamente, portanto, os regimes de crescimento composto no consumo de aço por cabeça para o período de 1938 a 1969 têm sido na ordem

de 2 a 3 por cento para aqueles países cujo consumo de aço por cabeça em 1938 era de 100 a 300 kg e na ordem de 7 a 8 por cento para aqueles com um consumo por cabeça de entre 20 a 90 kg, em 1938.

A "elasticidade" no uso de aço (isto é, o regime de crescimento composto de uso de aço por cabeça, dividido pelo regime de crescimento compo do POB) varia consideravelmente de país para país; de 2,3 na Itália e 2,0 na Espanha a 1,0 no Reino Unido e 0,4 na França.

A alta elasticidade na Itália foi associada com grandes exportações de artigos de consumo duráveis bem como uma mudança em empregos da agricultura para produtos manufaturados, enquanto que a baixa elasticidade na França se deveu à parcela de grande volume no rendimento agrícola dentro do crescimento do POB.

O período de desenvolvimento inicial de um país predominantemente agrícola cria uma demanda em aço, na sua maior parte, na forma de produtos não-planos, trilhos, perfis e barras de reforço. Esta demanda tende a ser satisfeita por pequenas acorarias de relaminagem e semi-integradas. Mecanização de manufatura e distribuição acompanhada por urbanização, cria um grande aumento em demanda de uma vasta gama de produtos de aço. Subsequentemente, o efeito da distribuição de vencimentos em complexos urbanos e a procura em massa de produtos de grande vida determina o momento e a localização da instalação de grandes acerarias para produtos planos.

2.20 Tendências no comércio internacional de Aço (Capítulo 31)

Em 1970 cerca de 100 milhões de toneladas de produtos de aço foram comerciados internacionalmente, dentro de uma produção global de cerca de 500 milhões de toneladas. Uma parte deste comércio, cerca de 23 milhões de toneladas, foi conduzida dentro de áreas comerciais como, por exemplo, dentro do CEE. Os três principais comerciantes, que representam 72 por cento do comércio internacional, são a CEE, o Japão e os EUA. Em pranchas, as exportações da Bélgica/Luxemburgo representam cerca de 87 por cento da sua produção. A Suécia exporta 40 por cento da sua produção de vergalhões de arame e a Alemanha, a França e o Japão exportam cerca de 30 por cento das suas chapas e folha de Flândres. Apenas a URSS é auto-suficiente em aço e qualquer produtor de aço em grande escala necessita de competir com os produtores Japoneses e da CRR.

Em geral, os preços reais em aço domésticos (depois de correção para movimentos no índice global de preços) têm descido durante a última década, refletindo o investimento em capacidade de aço à volta de uns 800 a 1000 milhões de dólares por ano durante o período de 1958 a 1968. Os preços de exportação, que têm flutuado consideravelmente a curto prazo, refletem os custos marginais de produção mas, a longo prazo, têm de refletir os custos totais. A prática de diferenciação entre preços para exportação e no mercado nacional, sobretudo dentro da CEE, está diminuindo. O sistema de percentagens básicas para fixação de preços é economicamente desejável, porque incita as acerarias a concentrar as suas vendas dentro das suas zonas de influência, reduzindo custo desnecessário em transporte.

O lucro no investimento em aço tem a tendência para ser considerado bom ou mau dependendo dos valores sociais considerados pelos Governos e pelas comunidades afetadas mais do que pela comparação das indústrias de aço entre

os vários países. Em geral, um lucro bruto (antes do pagamento de impostos, juros, e depreciação) em receitas totais de entre 12 a 13 por cento parece ser apropriado a uma indústria siderúrgica moderna, uma vez consolidada a tecnologia. Diferenças em políticas de orientação, taxas de juros, impostos e depreciação resultam em aplicações diferentes das receitas brutas, quando expressadas na forma de lucro líquido a distribuir pelos acionistas. Exemplo: enquanto receitas brutas nos capitais totais investidos tanto na Alemanha como no Japão em 1968/69 foram mais ou menos semelhantes (Cerca de 12 por cento) os proventos líquidos para as verbas alocadas aos acionistas foram à volta de 13 por cento no Japão e 8,5 por cento na Alemanha.

2.21 O papel dos países em desenvolvimento (Capítulo 32)

Enquanto a produção mundial de aço em bruto aumentou 69 por cento (isto é, de 35 para 590 milhões de toneladas) entre 1960 a 1970, a produção de aço nos países em desenvolvimento aumentou em 100 por cento (de 10 para 28 milhões de toneladas). Não obstante este fato 96 por cento da produção mundial continua a ser produzida nos países avançados. Existe uma opinião, cada vez mais divulgada, de que a futura produção em grande escala poderá bem vir a ser dividida em dois setores, um dedicado à manufatura básica de pranchas grossas, blocos ou tarugos, situado junto às reservas de minério e o outro para a laminagem destes produtos em produtos acabados e situado perto dos mercados em que serão vendidos. Os países com vastas existências de minério teriam um papel de grande importância a desempenhar na implementação de tais projetos. O vasto investimento em capital, as existências em pessoal laboreiro e o treino necessário para obter uma rápida transformação de uma indústria baseada na mineração para uma indústria orientada para manufatura, exigirão uma cooperação muito estreita, possivelmente associação, com os países em desenvolvimento e interessados.

3. Planificação a Longo Prazo para a Indústria Siderúrgica Brasileira (Secção C)

3.1. O mercado e a Capacidade da indústria em 1980 (Capítulo 33)

O relatório apresentado pela Tecnometal em 1969 prevê que a procura no Brasil de produtos planos em 1980 atinja quase os 5,8 milhões de toneladas (o consumo em 1969 foi muito pouco abaixo de 1,8 milhões de toneladas) e cerca de 5,7 milhões de toneladas de produtos não-planos (consumo em 1969 foi de 1,9 milhões de toneladas). A CONSIDER fixou uma percentagem de 12,5 por cento em relação à previsão da demanda do mercado nacional para exportações, ou sejam 1,4 milhões de toneladas em 1980 numa base de consumo nacional previsto de 11,5 milhões de toneladas. A capacidade de produção requerida em 1980 será constituída pela soma da demanda pelo mercado brasileiro, do potencial em exportações e de uma margem contingente para satisfazer as flutuações do mercado (fixada também em 12,5 por cento da demanda nacional) perfazendo um total de 7,2 milhões de toneladas de produtos planos e 7,1 milhões de toneladas de produtos não-planos.

A capacidade prevista da indústria em 1980 foi calculada à base das facilidades existentes, excluindo aquelas que devem, entretanto terminar laboração, mas incluindo as novas instalações que a CONSIDER tenha autorizado até setembro de 1971. Assumiu também que a capacidade refletirá os beneficiamentos a curto prazo recomendados e descritos na Secção A e os melhoramentos implícitos nas tendências tecnológicas descritas na Secção B.

As capacidades calculadas de produtos planos (em milhões de toneladas por ano) em 1980 serão, nesta base, as seguintes:-

Metal a quente	12,13
Metal líquido	9,58
Pranchas grossas	6,65
Chapas	1,95
Tiras a quente	4,90
Tiras a frio	2,53

As capacidades de produtos não-planos (em milhões de toneladas por ano) serão:-

Metal a quente	1,65
Ferro poroso	0,32
Aço líquido	3,68
Blocos	0,50
Tarugos	3,27
Vergalhões de arame	0,80
Barras	1,65
Secções leves	0,30
Secções médias e trilhos	0,73

A capacidade de produção de aços especiais é tão sensível à mistura de produtos que as previsões podem ser apenas aproximadas:-

	Produtos planos (milhões de toneladas por ano)	Produtos n/planos (milhões de toneladas por ano)
Aço líquido	0,04	0,061
Produtos laminados	0,04	0,52

3.2 Capacidade nova requerida em laminagem e semis (Capítulo 34)

A carência na capacidade de estanhados em 1980 será de umas 500.000 toneladas por ano e em laminagem a frio de folha de Flandres de umas 400.000 toneladas por ano. Além da carência de tiras a frio para folha de Flandres haverá também falta de umas 300.000 toneladas por ano na produção de chapas laminadas a frio, que provavelmente serão melhor obtidas por uma usina em tandem com trem de quatro ou cinco passes. (Artigo 34.1)

A carência em capacidade para tira laminada a quente, seja esta vendida como produto acabado a quente ou como carga para usinas de laminagem a frio, será na região de umas 900.000 toneladas por ano em 1980. Se bem que uma capacidade de tiras contínuas não seja justificada em 1980, pode bem ser requerida por meados de 1980/1990. (Artigo 34.1). Para pranchas não se anticipa carência em capacidade até 1980.

A carência em capacidade para prancha grossa é de cerca de 1,4 milhões de toneladas ao se chegar a 1980, e que será provavelmente melhor resolvida por novas capacidades em forjaduras contínuas. (Artigo 34.1).

A carência de capacidade em 1980 para vergalhões de arame será à volta de 800.000 toneladas por ano, que poderá ser facultada pela insta-

lação de duas usinas especializadas para vergalhões de arame. (Artigo 34.2)

Em matéria de barras mercantis a carência de capacidade será de 1 milhão de toneladas por ano a resolver com a instalação de uma ou possivelmente duas, usinas mercantis especializadas, ou por usinas para laminar tanto vergalhões de arame como barras mercantis. (Artigo 34.2).

Para secções ligeiras a carência de capacidade será de umas 160.000 toneladas por ano e não deve justificar a instalação de outra usina. (Artigo 34.2).

Parece não existir uma carência absoluta de secções médias e pesadas, mas as instalações existentes não podem produzir secções universais pesadas ou de flangeamento paralelo. A planificação de vigas universais tem, todavia, de tomar em consideração o crescimento da demanda para além de 1980, porque a carência anterior a 1980 não é de molde a justificar a instalação de uma usina para o efeito.

Se afigura que existirá uma considerável carência em capacidade para produzir tubagens sem costura e este ponto também requer maior exame. (Artigo 34.2).

Em aços especiais existirá uma grande carência em capacidade por alturas de 1980, umas 200.000 toneladas por ano em produtos planos e umas 500.000 toneladas por ano em produtos não-planos. As primeiras necessitarão de instalação de duas ou três usinas pequenas, provavelmente do tipo agrupado Sendzimir, enquanto que a situação dos produtos não-planos será resolvida por produção em usinas convencionais para barras, com certas facilidades para normalização ou resfriamento lento. Devem ser estudados os métodos de laminação de lingotes em oposição à forjamento contínuo de aços especiais. (Artigo 34.3).

3.3 Nova capacidade requerida para fabricação de ferro e de aço (Capítulo 35)

É mais fácil fazer comentários corretos sobre a dimensão de aceria, tipo de processamento e localização das instalações no setor dos produtos planos do que no setor de produtos não-planos, onde a influência das disponibilidades de sucata no local da instalação é muito mais marcada.

A escolha entre métodos de metal a quente e sucata dependerá das disponibilidades em sucata e se justifica um estudo pormenorizado a essas existências.

Após o número de considerações feitas e que se encontram descritas em pormenor no Capítulo 35, a diferença entre a capacidade requerida em 1980 e a capacidade existente, mais a capacidade planificada para o setor do produto plano é a seguinte:- (Artigo 35.2).

	<u>Milhões d/toneladas p/ano</u>	
Fabricação de aço	0,11	excesso
Fabricação de ferro	3,80	"
Concrecionamento	2,29	carência
Coqueificação	0,65	"

A carência global em capacidade de concrecionamento reflete uma situação de capacidade em excesso na CSN e carências na Usiminas e Cosipa. Tomando em consideração os aumentos em demanda que terão lugar a partir de 1980, haverá necessidade de prover grande capacidade adicional para concrecionamento. Uma possibilidade alternativa seria a construção de uma vasta instalação para produção de pelotas, na Usiminas ou na Cosipa, capaz de satisfazer a demanda em carga aglomerada em ambas as acerarias. Estas possibilidades requerem mais estudo. (Artigo 35.2).

Em produção de coque a carência global de 0,46 milhões de toneladas por ano reflete um pequeno excedente na CSN e um deficit de 0,70 milhões de toneladas por ano na Usiminas.

No setor de produtos não-planos, a carência de capacidade para produção de aço líquido para tarugos e blocos, em 1980, será de entre 3,1 e 3,7 milhões de toneladas por ano. Nenhuma das acerarias presentes é adequada para expansão e, portanto, há necessidade de acerarias novas.

No setor de aços especiais, em produtos planos, uma grande proporção da carência em capacidade para manufatura de aço líquido será nos tipos com alto teor de carbono ou de liga baixa que podem ser produzidos em acerarias convencionais para produção de aço em bruto, mas serão necessárias usinas para aços inoxidáveis e de ligas altas. (Artigo 35.4).

Em geral, portanto, o produto plano satisfará as suas necessidades, principalmente prestando atenção aos rendimentos de operação, enquanto os setores de produtos não-planos e de aços especiais exigirão a construção de novas acerarias. A capacidade adicional no setor de não-planos pode ser fornecida por um ou mais dos meios seguintes:-

Alto-forno - Aço BOF
 Redução Direta - fabricação de aço por arco elétrico
 Fábrica de aço por arco elétrico à base de sucata.

No caso de alto-forno - BOF - o processo de forjadura contínua, - as limitações em desenho que afetam principalmente a forjadura contínua, tornam impraticável forjar tarugos colherões com mais de 100 toneladas de capacidade. Este fato tende a limitar a fornalha de fabricação de aço a uma capacidade de 100 toneladas com, preferivelmente, duas fornaldas, em cada três, em laboração ou, em escala mais volumosa, três em cada quatro. Conseqüentemente, a capacidade máxima viável de uma aceraria com altos-fornos BOF para forjadura de tarugos é de cerca de 3 milhões de toneladas por ano. Se, por outro lado, os tarugos forem laminados de blocos de forjadura contínua, esta limitação deixa de existir.

Uma das vantagens da redução direta, método de arco elétrico, isto é, a faculdade de trabalhar minérios de ferro que causariam problemas em um alto-forno, não se aplica ao Brasil onde os minérios indígenas são todos adequados para uso em altos-fornos. Embora a necessidade de importar coque coqueificante para uso em altos-fornos pareça dar uma comparativa vantagem à redução direta, não existe no Brasil um fornecedor, em volume, de gás natural barato para um processo Hyl, além de que o elevado teor de cinza dos carvões brasileiros não encoraja o processo SI/RN; mais ainda, a não existência de eletricidade à tarifa baixa faz com que existam certas objeções contra a fundição elétrica. Conseqüentemente, um exame

custo comparativo indica que no Brasil não existe, duma maneira geral, qualquer vantagem, em matéria de custo, na escolha de redução direta e se teriam grandes variações em custeio para que a redução direta pudesse competir com altos-fornos, em rendimentos superiores a 1 milhão de toneladas por ano.

Para fabricação de aço com metal frio o processo a escolher será o de fornalha de arco elétrico à base do sucata. Haverá que considerar fabricação adicional por arco elétrico na ordem de uns 1,5 milhões de toneladas por ano para satisfação das necessidades ao se chegar a 1980. Todavia, as existências de sucata devem limitar a capacidade a cerca de meio milhão de toneladas por ano. (Artigo 35.5).

A menos que sejam feitas mudanças consideráveis nos tipos de produto fabricado será necessário construir novas e substanciais facilidades para produção de aços especiais, a maioria das quais teria de ser na forma de fornalhas de arco elétrico. Nesta área de produção se torna de maior importância um ajuizamento muito preciso do mercado para os muitos tipos diferentes de aços especiais. (Artigo 35.4).

Ao serem planificadas as várias expansões em capacidade que se tornam necessárias, se recomenda que se tome em consideração os seguintes desenvolvimentos tecnológicos. (Artigo 35.5).

Em fabricação de Aço,
processo BOP

- redução no período de sangramento
fornada-a-fornada
- adição no colherão de ligas metálicas
- controle de fumaça
- operação de três fornalhas em cada
quatro

Em fabricação de aço por
soprimento inferior de
oxigênio

- o desenvolvimento de processos como,
por exemplo, os Q-BOP, OBM e SIP

Em fabricação de aço por
elétrico

- redução do período de sangramento
fornada-a-fornada por meio de ali-
mentações a energia ultra alta.

Em fabricação de ferro em
altos-fornos

- melhor composição da carga
- tendência para cargas 100 por cento
concrecionadas ou aglomeradas
- redução no teor de coque
- técnicas de injeção de óleo
- desenvolvimentos na injeção de gás
- uso de temperaturas mais elevadas
de fundição
- uso de pressões superiores mais
altas
- uso de produtos reduzidos na carga

Em concrecionamento e pelotização

- a tendência para a produção de concrecionamento
- auto-fundente e super-fundente
- desenvolvimentos nos processos de cozimento de pelotas óxidas

Em fabricação de coque

- esmagamento seletivo de carvões na mistura
- secagem e pré-aquecimento da mistura de carvão
- maiores teores de carbonização
- desenvolvimentos na produção de coque formado

Em fabricação de ferro por redução direta

- devem ser acompanhados com minúcia os progressos dos processos Hyl, SL/RN e Midrex.

3.4 Planificação estratégica para a Indústria Siderúrgica Brasileira (Capítulo 36)

A estrutura do setor de produtos planos será determinada pelos fatores seguintes:-

- (a) A calculada carência em capacidade ao ser atingido o ano de 1980 de umas 900.000 toneladas por ano é de esperar que aumento, possivelmente com rapidez, nos primeiros anos entre 1980/1990.
- (b) A usina a construir para tiras a quente deve ser uma usina integralmente contínua com uma capacidade de, pelo menos, 3 milhões de toneladas. A localização da usina é um ponto importante que requer mais estudos. Há que considerar também o futuro da atual usina a quente da CSN que, em 1980, terá 34 anos de idade. (Artigo 36.1).
- (c) Se espera que haja uma carência em folha de Flandres e em chapas laminadas a frio por volta de 1980.

No setor de não-planos, os principais pontos a considerar são:-

- (a) Processos a serem empregados.
- (b) Dimensão das unidades a serem instaladas.
- (c) Localização da instalação.
- (d) Momento em que se devem tomar as decisões.

Os custos da redução direta são tais que prevemos que a capacidade adicional para fabricação de aço seja dividida entre altos-fornos, pelo processo BOF, e as fornalhas de arco elétrico à base de sucata. O equilíbrio entre os dois processos dependerá grandemente das disponibilidades em sucata. (Artigo 36.2).

A maior parte da capacidade existente para produção de produtos não-planos se encontra localizada nas regiões de Minas, Rio de Janeiro e São Paulo, zonas onde existirá também, por alturas de 1980, a maior pressão para aumento de produção. Para satisfazer uma demanda de entre 3 a 4 milhões de toneladas de metal quente por ano há necessidade de examinar três variantes:-

Um complexo integrado instalado em uma área do interior
Um complexo integrado instalado num área junto à costa
Produção dispersada

A escolha final tem de ser baseada numa avaliação cautelosa da natureza exata da demanda pelo mercado, do custo dos transportes e outros fatores econômicos e comerciais. (Artigo 36.2). Localizações junto à costa são geralmente preferidas à localizações junto às minas.

Assumindo que um único alto-forno de grande capacidade satisfará a demanda total para a fabricação adicional de aço com metal quente, e que a instalação tem de estar pronta a trabalhar em 1980, em tal caso a engenharia preliminar tem de ser feita em 1973/4, precedida por quaisquer estudos especiais recomendados neste relatório. (Artigo 36.2).

A estrutura dos setores de aço especiais não pode ser completamente determinada sem um estudo mais extensivo das necessidades do mercado em aços especiais, sobretudo em aços inoxidáveis e em chapas silícias granuladas. (Artigo 36.3).

Para assegurar uma expansão global e uniforme da indústria, será também necessário garantir que itens como, por exemplo, matérias primas, redutíveis e retratários, que são comuns a todos os setores, existam sempre em quantidades apropriadas e com a qualidade necessária. (Artigo 36.4).

3.5. Desenvolvimento de capacidade para manufatura de itens de engenharia e de maquinaria (Capítulo 37)

Consideramos a maneira como o Brasil pode desenvolver a competência integral necessária à sequência de operações relacionadas com a engenharia, o desenho e a construção de acerarias integradas, para produção de ferro e aço.

Se sugere que a CONSIDER possa tomar a iniciativa de encorajar duas ou três das principais firmas brasileiras de Engenheiros Consultores a desenvolver sem demora as suas competências e conhecimentos tecnológicos por recrutamento no estrangeiro ou por associação com firmas estrangeiras de reconhecida competência. Alternativamente, a CONSIDER, poderá tomar a iniciativa de promover a constituição de uma turma de estudo com pessoas de grande experiência na matéria. (Artigo 37.1).

A existência de engenheiros com a experiência necessária constitui, muitas vezes, o fator limitante na construção de acerarias. A escala de expansão planificada para a indústria siderúrgica brasileira é de tal ordem que a demanda tem fatalmente de exceder os recursos em engenheiros existentes e terá de ser obtido um grau elevado de assistência externa. (Artigo 37.2).

Existem no Brasil os recursos necessários para arcar com o desenho

engenharia civil e de construção para os tipos de projetos que se consideram com este relatório. Em engenharia estrutural, o mérito de continuar a importar pesadas estruturas em aço necessita de ser examinado. (Artigo 37.3).

Não se recomenda como objetivo imediato o uso total de recursos locais no desenho de instalações e equipamentos. Inicialmente deveriam ser usados os melhores desenhos existentes em termos mundiais. (Artigo 37.4).

Existem razões poderosas para o desenvolvimento imediato daquelas partes da indústria de construção de instalações e maquinaria que fornecem itens a outros setores da economia bem como à indústria siderúrgica, por exemplo, equipamentos para comutação elétrica e para manuseamento mecânico. Outros setores que poderiam ser ampliados, sem relativa perda de tempo, seriam os dos fornedores de tijolos refratários e de rolos de laminação. (Artigo 37.5).

O Brasil, nas suas indústrias fabricantes de maquinarias médias e pesadas, já possui recursos em produção e seria de interesse nacional a expansão do rendimento anual de tais indústrias. Recomendamos que o Brasil se equipe para fornecer a maioria da maquinaria mais leve como, cilindros, sopradores para os altos-fornos, pequenos turbo-geradores e equipamento para instalações de laminação, - todos itens que podem ser construídos em oficinas equipadas com guindastes suspensos, com capacidade de 10 ou 20 toneladas. Os itens mais pesados como forjamentos de trens para laminadoras só podem ser construídos em um número muito diminuto de fundições mundiais e se não pode justificar a instalação de facilidades para a sua construção no Brasil. Em matérias de guindastes suspensos para acerarias o Brasil já é, por assim dizer, auto-suficiente. (Artigo 37.5).

Rolos para a maioria de tipos de usinas já se estão fabricando no Brasil, mas, evidentemente, a produção terá de ser aumentada para satisfazer o programa de desenvolvimento da indústria siderúrgica. (Artigo 37.6).

A maioria dos transformadores, motores e disjuntores mais usados podem ser fornecidos pela atual indústria privada. No caso de transmissões principais e equipamentos de controle para usinas reversíveis de grande amplitude e para usinas contínuas, recomendamos que estes sejam importados, se bem que exista a possibilidade de fabricação em regime de licença. Identicamente, motores de velocidade variável, necessários para os trens de rolos, podem ser construídos no Brasil em regime de licença. (Artigo 37.7).

3.6 Investigações e desenvolvimento (Capítulo 38)

A principal consideração é o nível de recursos a dedicar a investigações, pesquisas e desenvolvimento dentro da indústria siderúrgica. As somas dedicadas a pesquisas e desenvolvimentos pelas empresas mundiais fabricantes de aço varia consideravelmente e o seu nível tendo a se correlatar mais com o tipo do produto do que com o nível de produção. Calculamos que uma fomentação apropriada para investigações, pesquisas e desenvolvimento no Brasil, por alturas de 1980, seja na gama de entre 15 a 25 milhões de dólares, com um número à volta de 2400 pessoas empregadas nessas atividades, ou sejam cerca de 2 por cento da totalidade da força laboriosa dentro da indústria. (Artigo 38.1).

Regra geral, recomendamos que a ênfase principal incida mais sobre desenvolvimento do que sobre pesquisas e investigações e que o passo das investigações básicas seja evoluído naturalmente à medida que se disporha do uso de cérebros inventivos. (Artigo 38.2).

As investigações e o desenvolvimento são, nos dias atuais, levados a cabo individualmente pelas empresas. Um organismo central de coordenação e patrocínio contribuiria muito para eliminar duplicação inútil de esforços e levaria a um padrão de orientação comum das investigações nacionais, se bem que as atividades de um organismo desta natureza não devam ser ordenadas por terceiros a fim de impedir que qualquer empresa decida enveredar por investigações independentes. (Artigo 38.3).

É da maior importância que o Brasil obtenha o máximo benefício do trabalho em investigação e desenvolvimento levado a cabo em outros países, e, portanto, é essencial possuir uma rede de comunicações que vigie e compile as pesquisas e desenvolvimentos feitos no estrangeiro, assegurando que estas informações e resultados, aliados aos obtidos pelas investigações e pesquisas brasileiras, sejam transmitidos a todos quantos tenham necessidade de os usar. (Artigo 38.6).

Outrossim é importante que seja usada seletividade e concentração nos esforços em investigações e desenvolvimento. O esforço dedicado a cada uma das facetas tem de ser suficiente para levar ao máximo as possibilidades de contribuições significativas para a indústria. (Artigo 38.6).

Tópicos que recomendamos como particularmente aconselháveis aos esforços em investigações e desenvolvimentos dentro do âmbito brasileiro, incluem (Artigo 38.6)

- | | |
|----------------------------|---|
| <u>Concrecionamento</u> | - <u>desenvolvimento o uso do existências concrecionadas superfundentes em chispas de coque</u> |
| <u>Fabricação de coque</u> | - <u>trituração selecionada de misturas de carvões mais baratos</u>
- <u>fabricação de coque formado</u> |
| <u>Redução direta</u> | - <u>desenvolvimento dos processos HYL, CL/RN e, possivelmente, do Midrex</u> |
| <u>Fabricação de aço</u> | - <u>métodos para melhorar os rendimentos funcionais</u>
- <u>o uso de pellets reduzidas em fornalhas de arco elétrico</u>
- <u>desenvolvimento nos processos OBM</u> |
| <u>Forjamento contínuo</u> | - <u>introdução de tecnologias a serem desenvolvidas na URSS para forjamento contínuo de aços porosos.</u> |

3.7 Educação e Treino na Indústria Siderúrgica (Capítulo 39)

O estabelecimento de capacidade industrial em um país em desenvolvimento leva a grandes demandas em toda a variedade de instituições infra-estruturais das quais a educação é provavelmente uma das mais importantes.

O Brasil já possui capacidade para obter os graus desejados de treino em todos os escalões de laboração e gerência para a indústria; há apenas que mobilizar estes serviços os canalizando para as necessidades particulares da indústria siderúrgica.

Recomendamos que a indústria siderúrgica leve imediatamente a cabo um estudo detalhado aos seus corpos gerentes e força laborosa especializada e semi-especializada que serão necessários durante os dez anos mais próximos. As informações recolhidas devem ser utilizadas na planificação de programas educativos nos vários centros de ensino. (Artigo 39.5).

3.8 Recomendações para outras medidas na planificação da indústria siderúrgica brasileira (Capítulo 40).

Se recomendam as seguintes medidas adicionais em resultado da análise às implicações para o Brasil das tendências tecnológicas mundiais na indústria siderúrgica:

- Nomeação de uma turma consultiva para acompanhar e avaliar as tendências mundiais em desenho de instalações (Artigo 40.1)
- A indústria deve fazer uso de consultores especializados em planificação a fim de deixar mais tempo livre aos planificadores brasileiros para analisar e avaliar as estratégias evoluídas (Artigo 40.1)
- A indústria deve suplementar a sua própria mão-da-obra em momentos de esforço máximo em desenho fazendo uso de consultores em engenharia (Artigo 40.1)
- Devem ser postos entre mãos os seguintes estudos detalhados: (Artigo 40.2)

estudo de avaliação do mercado/produto para materiais de embalagem;
um estudo pormenorizado de produtos na forma de canalizações e tubos;
um estudo das diferentes localizações para a instalação de uma aceraria de tiras contínuas a quente e uma usina para folha de Flandres;
um estudo das disponibilidades em sucata e sua utilização;
um estudo para determinar a política a seguir no setor de produtos em aço não-planos;
um estudo das fontes de carga para fabricação de aços especiais;
uma revista de capacidade das acerarias no setor de produtos não-planos em relação às qualidades do aço e produtos requeridos;
um estudo das económicas de laminação de aços inoxidáveis e de outras chapas de aço especial;
um estudo aos padrões e qualidades do produto standard;
um estudo dos índices específicos de rendimento apropriados para a indústria;
uma avaliação das características técnicas dos transportes que são de importância para a indústria siderúrgica;
um estudo às disponibilidades em combustíveis e reduti-

veis, com referência especial ao coque formado.

- A especificação dos índices de rendimento de indústria devem ser completados durante a fase inicial, logo que seja possível. (Artigo 40.3).
- A estratégia, uma vez estabelecida, deve ser mantida sob revisão e revisão constantes. (Artigo 40.3).

SECÇÃO A
ESTUDO TECNOLÓGICO E APRECIÇÃO DA
INDÚSTRIA SIDERÚRGICA BRASILEIRA

CAPÍTULO 1 - A INDÚSTRIA ATUAL E A PLANIFICADA

1.1 A composição da indústria

A indústria siderúrgica brasileira é constituída por umas 113 fábricas que vão desde modestos produtores de ferro gusa e relaminadores até às vastas acerarias integradas. Destas últimas, quarenta e três acerarias representam a quase totalidade da capacidade de produção de aço do país. No Quadro 1.1 se mostra uma lista destas acerarias e, bem assim, quatro acerarias novas atualmente em processo de construção. Este quadro mostra o tipo de facilidades de produção existentes nessas acerarias, descreve os produtos de aço que podem ser fabricados e as suas capacidades em produtos acabados.

Além disso, existem mais de sessenta fundições de pouca monta a produzirem ferro gusa em altos fornos a carvão vegetal numa base semi-contínua e ainda um número de pequenas forjas e instalações de relaminagem. A capacidade potencial da produção provinda dos pequenos altos fornos a carvão vegetal tem provado ser de muita utilidade no passado, durante períodos de maior procura de aço e é de esperar que esta forma de produção de ferro gusa continue a existir no futuro. A sua produção em 1970 foi aproximadamente de 700.000 toneladas e, segundo parece, o potencial é bastante mais elevado. Não existem informações detalhadas sobre as facilidades da sua produção ou sobre futuros planos de desenvolvimento. Se não torna possível, portanto, analisar este setor, embora se considere que irá fornecer, dum modo geral, a indústria de fundição apenas com uma produção marginal para alimentação da indústria do aço. Somos também de opinião de que seria de valor considerável uma investigação à melhor forma de utilização do ferro gusa produzido por estas fundições de pequena capacidade, incluindo o seu potencial como exportadoras.

O mapa na Figura 1.1 mostra as localizações das 43 acerarias mais importantes e das 4 acerarias novas em construção. Destas, 16, incluindo as 4 acerarias novas, se encontram marcadas individualmente no mapa; as restantes encontram-se todas no "triângulo siderúrgico" de Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo, que foram marcadas no mapa, com as acerarias dentro de cada uma destas três áreas na forma de uma lista no pé da Figura 1.1. As acerarias se encontram designadas pelos títulos abreviados aceites e reconhecidos geralmente entre a indústria.

QUADRO 1.1 - LISTA DE EMPRESAS COM PRODUTOS E CAPACIDADE CORRELACIONADA DE PRODUTOS ACABADOS

Empresas	PRODUTOS										Capacidade correlacionada *1,3 produtos acabados (toneladas) 1969	Capacidade prevista *4 produtos acabados (toneladas)	
	Concreção	Coque	Ferro Gusa	Lingotes de Aço	Produtos	Produtos Não Chatos	Barras	Perfis	Trilhos e acessórios	Vergalhões			
			Alto Forno	Fundição elétrica	Manos	Com encapamento							
			Coque	Carvão vegetal	Sem encapamento	Frio	Siemens-Martin	BOF	Elétrico	Bessemer			
					Quente								
1 Cosipa *5,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	511.000	1.701.000
2 CSN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.065.400	1.767.000 *8
3 Usiminas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	703.000	1.855.000
4 Acesita *5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	96.000	166.000
5 Açonorte	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42.000	115.000
6 Aliperti	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	185.000	185.000
7 Anhanguera	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	75.000	75.000
8 Açoreada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33.000	83.000
9 B. Mansa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	190.000	190.000
10 C.B. do Aço	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14.000	14.000
11 CRUM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	48.000	48.000
12 CIFA *2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60.000	60.000

* para explicação consultar as anotações na página 6.

QUADRO 1.1 - LISTA DE COMPANHIAS COM PRODUTOS E CAPACIDADE CORRELACIONADA DE PRODUTOS ACABADOS (cont.)

Empresas	PRODUTOS										Capacidade correlacionada *1,3 produtos acabados (toneladas) 1969	Capacidade prevista produtos acabados (toneladas) *4										
	Ferro Fundido		Lingotes de Aço		Produtos Planos		Produtos Não Costos			Barras												
	Alto Forno	Fundição elétrica	Siemens-Martin	BOF	Elétrico	Bessemer	Sem encapamento	Frio	Quente	Com encapamento	Aços comuns	Aços não comuns	Leves	Médios	Pesados	Brilhos e acessórios	Vergalhões	Vergalhões para fio comum	Canos sem costura			
13 Copalán *2																				27.000	27.000	
14 Coşevi																					31.000	170.000
15 Cobrasma *10																					36.000	36.000
16 Coferroz																					34.000	34.000
17 Comesa																					8.000	8.000
18 Conala																					4.100	4.100
19 Conim																					162.000	162.000
20 Coninor																					21.000	21.000
21 CSM																					475.000	548.000
22 Fosini																					99.000	99.000
23 Eletrometal																					4.100	4.100
24 Hi-El																					25.000	25.000

* para explicação consultar as anotações na página 6.

QUADRO 1.1 - LISTA DE COMPANHIAS COM PRODUTOS E CAPACIDADE CORRELACIONADA DE PRODUTOS ACABADOS (cont.)

Empresas	PRODUTOS										Capacidade correlacionada *1,2 produtos acabados (toneladas) 1969	Capacidade prevista *4 produtos acabados (toneladas)		
	Concreção	Coque	Ferro Gusa	Lingotes de Aço	Produtos Planos	Produtos Não Chatos	Barras	Perfis	Trilhos e acessórios	Vergalhões			Vergalhões para fio comum	Canos sem costura
		Alto Forno	Fundição elétrica	Bessemer	Sem encapamento									
			Carvão vegetal	Elétrico	Frio									
			Coque	BOF	Quente									
				Siemens-Martin										
25 Gurira													20.000	20.000
26 Itaipense													23.000	23.000
27 Inversa													16.000	16.000
28 Itaperi													30.000	30.000
29 Mannesmann													245.000	265.000
30 Metropolitana													29.000	29.000
31 Minasfer *2													19.000	19.000
32 Montepino *2													77.000	77.000
33 Pains													33.000	80.000
34 Plangg													800	800
35 Viçrandense													178.000	178.000
36 Soud													60.000	60.000

* para explicação consultar as anotações na página 6.

QUADRO 1.1 - LISTA DE COMPANHIAS COM PRODUTOS E CAPACIDADE CORRELACIONADA DE PRODUTOS ACABADOS (cont.)

Empresas	PRODUTOS										Capacidade prevista produtos acabados (toneladas) *4						
	Ferro Gusa		Lingotes de Aço		Produtos Planos		Produtos Não Chatos					Capacidade correlacionada *1.3 produtos acabados (toneladas) 1969					
	Alto Forno	Fundição elétrica	Siemens-Martin	BOF	Elétrico	Bessemer	Com encapamento	Quente	Frio	Sem encapamento	Barras	Perfis	Trilhos e acessórios	Vergalhões	Vergalhões para fio comum	Canos sem costura	
	Coque	Coque	Coque								Aços comuns	Aços não comuns	Leves	Médios	Pesados		
37																	2.400
38																	71.000
39																	42.000
40																	3.600
41																	4.400
42																	12.000
43																	37.000
44																	40.000
45																	60.000
46																	280.000
47																	224.000
																	8.982.400
																	4.851.800

* para explicação consultar as anotações na página 6.

TABELA 1.1 - LISTA DAS COMPANHIAS COM PRODUTOS E CAPACIDADE EQUILIBRADA DE PRODUTOS ACABADOS (cont.)

Notas

1. Capacidades correlacionadas de produtos acabados obtidas do relatório da Technometal. 'O mercado brasileiro do aço - Volume 1.
2. Para instalações de relaminação são dadas as cifras de produção.
3. Em 1969 a capacidade combinada de usinas de produtos não-chatos em termos de capacidade laminadora foi cerca de 544.000 toneladas mais elevada do que o total das capacidades correlacionadas expressas e umas 221.000 toneladas mais elevada em termos de fabricação de aço e capacidade de trem desbastador; estas cifras não podem ser utilizadas porque existem em diferentes acerarias que não têm uma fabricação de aço correlacionada com a capacidade do trem laminador.
4. As tonelagens previstas de produtos acabados são dependentes do complemento de projetos aprovados em Setembro de 1971.
5. Nas capacidades de 1969 a C.S.N. inclui 200.000 toneladas e a ACESITA 60.000 toneladas de produtos não chatos. Projetos de ampliação aprovados aumentam estas tonelagens para, respectivamente, 350.000 e 100.000 toneladas.
6. D/R indica um processo de redução direta.
7. O primeiro estágio da USIBA é apenas para lingotes.
8. As cifras de produção da C.S.N. incluem as toneladas de folha de Flandres existentes em 1976/1977 quando entrará em produção a nova linha de estanhamento e 240.000 toneladas de semis.
9. Apenas primeiro estágio.
10. A produção total da COBRASMA é de forjaduras para a indústria.

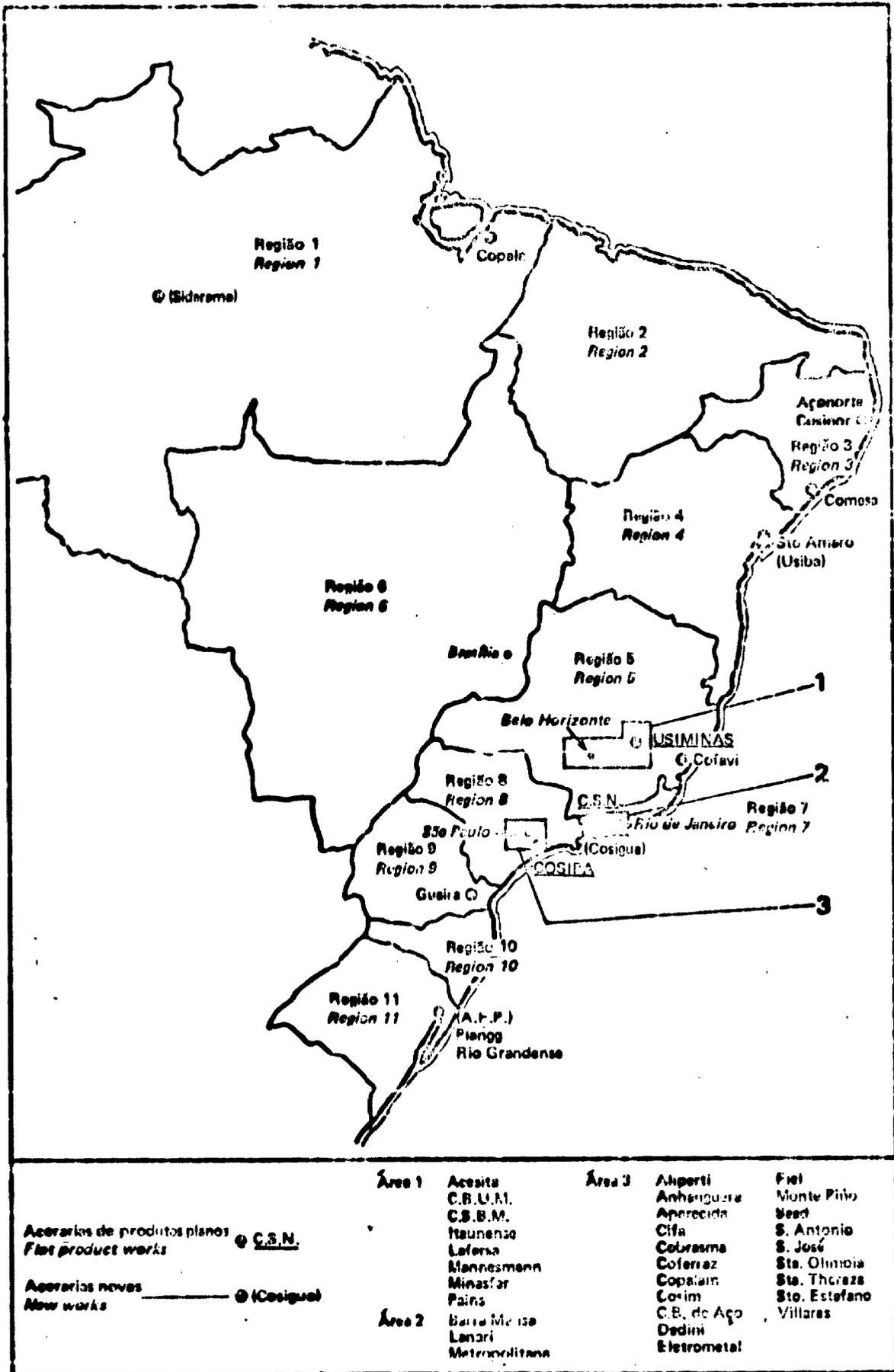


FIGURA 1.1 - LOCALIZAÇÃO DA INDÚSTRIA SIDERÚRGICA BRASILEIRA
 FIGURE 1.1 - LOCATION OF BRAZILIAN STEEL INDUSTRY

A indústria possui três títulos de acerarias: integradas, semi-integradas e relaminadoras ou acerarias não integradas. As acerarias integradas são classificadas como produtoras de ferro, aço e laminagem enquanto que as semi-integradas produzem aço e têm facilidades para laminagem mas não produzem ferro.

No Quadro 1.2 as quarenta e sete acerarias estão classificadas sob as designações seguintes e também por localização.

QUADRO 1.2 - CLASSIFICAÇÃO DE ACERARIAS NO BRASIL

Região	Número de Acerarias - por Tipo				Produção ⁽³⁾ em 1971 (milhões de toneladas de lingotes)
	Integrada	Semi-integrada	Não Integrada	Total	
Minas Gerais	7	1	1	9	2,2
Rio de Janeiro	3	2 ⁽²⁾	-	5	1,8
São Paulo	3	13	5	21	1,5
Todas as outras	3 ⁽¹⁾	9	-	12	0,2
Total	16	25	6	47	5,7

(1) Estas acerarias estão em construção.

(2) Uma destas acerarias está em construção.

(3) Calculada pelos elementos da IBS para os primeiros nove meses de 1971.

É também possível categorizar estas acerarias pelos seus produtos, isto é, produtos chatos e não chatos. A situação não é absolutamente definida porque a Companhia Siderúrgia Nacional (CSN) que é primordialmente uma fabricante de produtos chatos, fabrica também perfis médios e trilhos, ao passo que a Companhia Aços Especiais Itabira (Acesita), uma fabricante de produtos não chatos, se dedica também a produtos chatos em aços especiais. Para facilitar a referência, decidimos, todavia, adotar os termos "Setor de produtos chatos" e "Setor de produtos não chatos" como descrições que abrangem apenas as atividades mais importantes de cada uma das acerarias nesse setor; conseqüentemente o "Setor de produtos não chatos" não inclui a CSN, não obstante a capacidade das suas secções.

O setor do produto chato da indústria é constituído por três vastas acerarias integradas que, conjuntamente, chamam a si 55 por cento da produção obtida em 1971. Estas acerarias são a Companhia Siderúrgia Nacional (CSN), a Usina Siderúrgica de Minas S.A. (Usiminas) e a Companhia Siderúrgica Paulista (Cosipa), localizadas, respetivamente, no Rio de Janeiro, em Minas Gerais e São Paulo.

Em contraste, o setor da indústria de produtos não chatos é constituído por um vasto número de acerarias mais pequenas cujas capacidades produtoras variam

entre 4.000 toneladas e mais de 500.000 toneladas de lingotes por ano. Estas acerarias, incluindo as que estão a ser construídas neste setor, encontram-se classificadas no Quadro 1.3 por dimensão, tipo e produto.

QUADRO 1.3- DISTRIBUIÇÃO DE ACERARIAS NO SETOR DE PRODUTOS NÃO PLANOS

Capacidade Anual de Toneladas de Lingotes (milhares)	Tipo de Aceraria	Número de Acerarias - por Produto		
		Aços Comuns	Aços Especiais	Tubos
Inferior a 25	Integrado	1		
	Semi-integrado	8		
	Não-integrado	3		
	Total	12		
25 a 100	Integrado	4	1	
	Semi-integrado	11	3	
	Não-integrado	3	-	
	Total	18	4	
100 a 300	Integrado	5		
	Semi-integrado	3		
	Não-integrado	-		
	Total	8		
300 a 500	Integrado	1		1
	Semi-integrado	-		-
	Não-integrado	-		-
	Total	1		1

Embora cerca de um quarto destas acerarias se encontrem fora do triângulo principal de fabricação de aço que se mostra no Quadro 1.1, a maioria da produção tem a sua origem dentro do triângulo.

1.2 Produção atual e capacidade planejada

A produção da indústria em 1971 orçou em cerca de 6 milhões de toneladas de lingotes de aço, dos quais cerca de 97 por cento foram produzidos em São Paulo, Belo Horizonte e Rio de Janeiro, isto é, dentro do triângulo. Estão sendo tomadas medidas para espalhar a indústria sobre uma área mais vasta, como se prova pela construção de três novas acerarias integradas em regiões fora deste triângulo. Todavia, estas acerarias são relativamente pequenas. A discriminação da produção por setor em 1971 e a sua localização se encontram no Quadro 1.4.

QUADRO 1.4 - DISTRIBUIÇÃO DE PRODUÇÃO EM 1971

Setor de produtos planos		Setor de produtos não planos	
Companhia	Produção (milhões de toneladas de lingotes)	Companhia	Produção (milhões de toneladas de lingotes)
Usiminas	0,9	Minas Gerais	1,2
CSN	1,6	Rio de Janeiro	0,2
Cosipa	0,6	São Paulo	1,0
		Todas outras	0,2
Total	3,1	Total	2,6

As cifras acima demonstram bem a importância industrial das regiões de Minas Gerais e de São Paulo.

O desenvolvimento de uma indústria é um processo contínuo e por isso qualquer revista que se faça, seja a que altura for, se apresenta necessariamente como uma imagem incompleta. Para os propósitos desta investigação só foram incluídos os desenvolvimentos aprovados pela CONSIDER até Setembro de 1971 como parte de um programa de desenvolvimento firme que, nesta base, aumentará a capacidade de produção de 4,9 milhões de toneladas de produto, como se mostra no Quadro 1.1, para um total de 9 milhões de toneladas de produtos acabados. Neste programa a prioridade foi dada ao setor de produtos planos que, de harmonia com os projetos correntes, aumentará a capacidade em 130 por cento, comparado com apenas 42 por cento no setor não plano. O resultado se vê ilustrado no Quadro abaixo, que mostra as capacidades propostas para produtos planos e não planos, uma vez se encontra completado o desenvolvimento programado, aliado às capacidades existentes nestes dois setores.

<u>Setor</u>	Capacidade anual do produto acabado (milhões de toneladas)	
	<u>Existentes</u>	<u>Planificadas</u>
Produto plano	2,3	5,3
Produto não plano	2,6	3,7
Total	4,9	9,0

O desenvolvimento implica principalmente a instalação de novas facilidades de produção, bem como o beneficiamento e melhoramento das facilidades existentes por instalação de equipamentos adicionais, ou por rearranjo da maquinaria existente.

Os itens principais das novas facilidades são abordados e discutidos nos capítulos subsequentes.

Depois de completar o presente programa de desenvolvimento, a distribuição regional da capacidade do produto acabado será aproximadamente o seguinte:

<u>Região</u>	<u>Capacidade anual de produção acabada (milhões de toneladas)</u>
Minas Gerais	3,1
Rio de Janeiro	2,4
São Paulo	2,8
Todas as outras	0,7
Total	9,0

Como se vê mais de 90 por cento da capacidade total de produção se manterá dentro do triângulo principal de fabricação de aço, mas, ao mesmo tempo, a capacidade total de produção das outras regiões aumentará muito para além das 100 por cento.

1.3 Diversidade do produto

Para se poder calcular a diversidade da indústria foi necessário o estabelecimento de certos grupos de produtos e identificar quantos destes e que tipos de acaerías estavam produzindo os diferentes produtos. Esta análise se encontra resumida no Quadro 1.5.

1.4 Organização da indústria

O Governo, indústria privada e investidores estrangeiros têm todos contribuído para o crescimento da indústria siderúrgica brasileira. Nos primeiros anos, o desenvolvimento e o interesse mostrado foram coordenados muito de passagem mas, em anos recentes, tem tido lugar um crescimento de forma mais ordenada. Para apoiar esta indústria em desenvolvimento foram instituídas várias organizações e instituições destinadas a orientar e assistir a indústria em problemas de planificação e desenvolvimento, finanças, comercialização, investigações tecnológicas, treino e "conhecimentos".

QUADRO 1.5 - DIVERSIDADE DO PRODUTO 1969-1971

Grupo de Produtos	Número de Acerarias por Tipo			Total
	Integrado	Semi-Integrado	Não Integrado	
1. Só chapas, folhas e bobinas.	2	-	-	2
2. Chapas, folhas, bobinas, produtos encapados, perfis pesados médios, trilhas.	1	-	-	1
3. Chapas especiais, barras, vergalhões, perfis.	1	-	-	1
4. Perfis leves, barras, vergalhões, perfis.	4	7	3	14
5. Só vergalhões e barras.	3	15	3	21
6. Aços especiais, barras, vergalhões, perfis.	-	3	-	3
7. Tubos e barras, vergalhões, perfis.	2	-	-	2
TOTAL DE ACERARIAS	13	25	6	44

A função do Governo

De harmonia com as tendências que predominam mundialmente, a função do Governo brasileiro em relação à indústria siderúrgica se tem transformado, em anos recentes, na responsabilidade de configurar a indústria de molde a servir a economia total do país. Com este fim em vista foi criado o Conselho Consultivo da Indústria Siderúrgica (CONSIDER), cuja missão, até recentemente, foi de entidade consultiva para o Ministério do Comércio e da Indústria em matérias relacionadas com a indústria siderúrgica. Esta organização foi reconstituída e lhe foram dados muito melhores termos de referência. Estes termos são:

- (1) Formular e coordenar as políticas da indústria siderúrgica;
- (2) Estabelecer o critério a adotar para a concessão de incentivos governamentais ao setor da indústria do aço;
- (3) Estabelecimento das linhas orientadoras gerais da política comercial e financeira das empresas siderúrgicas nacionalizadas;
- (4) Autorizar a aplicação numa depreciação acelerada para projetos siderúrgicos de alta prioridade;

- (5) Autorização por delegação do Conselho da Política Alfandegária, de isenção de direitos para produtos capitais importados para projetos considerados de alta prioridade;
- (6) Programação de investimentos no setor siderúrgico e coordenação da consequente alocação dos necessários fundos públicos;
- (7) Dar prioridade a projetos para a construção de instalações novas e para a expansão ou modernização de acerarias existentes sempre que esses projetos sejam elegíveis para financiamento oficial;
- (8) Executar ou contratar, por intermédio do Secretário Executivo, os estudos que sejam necessários, nos respectivos setores, para a planificação da indústria siderúrgica brasileira.

"A CONSIDER colaborará também com os Conselhos Interministeriais de Política de Preços e Aduaneira para formular os preços e a política aduaneira para o setor siderúrgico. Aconselhará também o Departamento de Mercados Estrangeiros do Banco do Brasil e o Banco Central do Brasil sobre as maquinarias e equipamentos a importar para os projetos siderúrgicos já aprovados e os créditos externos a obter para tais projetos."

O estabelecimento da CONSIDER prova a racionalização dos muitos deveres e funções que o Governo julgou necessário ter de assumir em relação à indústria, separando tais deveres e tais funções do ônus de propriedade.

Propriedade

O Governo possui uma maioria de ações em sete empresas siderúrgicas. Entre estas contam-se as três acerarias que produzem produtos planos. A CSN foi financiada diretamente pelo Tesouro, enquanto que a Usiminas e a Cosipa são assistidas por fundos governamentais através do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico (BNDE). Os acionistas principais da Usiminas são a BNDE, o Governo do Estado de Minas Gerais e um consórcio de interesses japoneses; a BNDE é a maior acionista. No caso da Cosipa, o capital social pertence à BNDE, ao Governo do Estado de São Paulo e ao Tesouro Nacional.

A participação do Governo no setor não plano da indústria abrange quatro companhias: a Acesita, a Cofavi, a Cosim e a AFP. O Governo adquiriu a Acesita, a Cofavi e a Cosim numa medida de emergência, a fim de evitar o encerramento destas empresas. O Governo pelo seu apoio à quarta empresa, a AFP, reconhece os riscos comerciais existentes e os benefícios potenciais tecnológicos inerentes ao investimento numa realização baseada num processo imergente, neste caso, produção de ferro SL/RN em redução direta.

A outra companhia (a Usiba), dedicada também a redução direta, não é financiada pelo Governo mas goza do apoio do seu principal acionista, a SUDENE, que é uma organização planificadora e administrativa criada pelo Governo para o desenvolvimento do nordeste do Brasil. A SUDENE atua como fiador para os investimentos privados nestes desenvolvimentos.

Um possível desenvolvimento que se encontra presentemente em consideração é a coordenação de todas as empresas de que o Governo é proprietário sob a égide de uma companhia patronal e titular, denominada Siderurgia Brasílica (SIDERBRAS).

O resto da indústria se encontra em mãos particulares. Foram fundadas umas quantas empresas por capitalistas estrangeiros e, embora o seu capital social seja, hoje, na sua maior parte brasileiro, os interesses estrangeiros ainda possuem as maiores parcelas individuais em duas das companhias mais importantes em produtos não planos, a Mannesmann e a CSBM.

Investigações e desenvolvimento

O investimento tecnológico em apoio da indústria tem lugar em dois níveis, o nível nacional e o nível individual da empresa.

Ao nível individual da empresa os únicos estabelecimentos de qualquer significado dentro da indústria são as facilidades laboratoriais e pessoal especializado em investigações existentes na CSN e Usiminas. Há planos para a expansão destas facilidades mas, como é costume neste tipo de investigações, as atividades se limitam largamente a procedimentos de inspeção e controle de qualidade e à solução de problemas que surgem dentro das acerarias. Todavia, dentro das expansões previstas, existe uma certa capacidade para projetos de investigação aplicada.

As instituições nacionais e estaduais de importância para a indústria siderúrgica são a Associação Brasileira de Metais (ABM), o Instituto Brasileiro de Siderurgia (IBS) e vários departamentos universitários.

A ABM é uma sociedade científica de reputação internacional que estimula o intercâmbio tecnológico por meio de conferências e publicações, em nível nacional e em nível regional, nos campos da metalurgia ferruginosa e não ferruginosa. Desde 1944 a sociedade já publicou mais de mil estudos e dez livros, concedendo também bolsas de estudo.

Em contraste a IBS foi fundada e financiada pela própria indústria siderúrgica com o fim de oferecer um serviço de informação comercial. Entre os serviços típicos que facultam-se a perspetivação dos mercados e informações sobre as tendências em preços.

As investigações mais fundamentais estão, pelo presente, limitadas às universidades. Como as fundações de que dispõem têm de ser atribuídas a muitas matérias, é apenas natural que a contribuição para a aço seja pequena. Existe também uma organização investigadora denominada Centro Técnico Aeronáutico e Espacial, que concentra as suas atividades em investigações básicas nos campos da metalurgia. O seu trabalho está orientado no sentido das necessidades muito exatas da indústria aero-espacial que, geralmente, antecipa, em uma ou duas décadas, as necessidades da engenharia em geral. As investigações aos aços feitas por esta organização podem, por tal motivo, ser consideradas como um investimento a longo prazo.

Existem também várias empresas consultoras de engenharia capazes de executar projetos de desenvolvimento. Um exemplo corrente é um projeto para um sistema de canalização a longa distância para o transporte de minério empastado.

Treino e "conhecimentos"

Várias companhias siderúrgicas possuem programas para treino de pessoal e acordos para intercâmbio de "conhecimentos" com importantes empresas siderúrgicas estrangeiras. Entre estas companhias se contam duas de produtos planos integrados, produtores de aços especiais e um número de companhias importantes no setor de produtos não planos.

A CSN tem um acordo com a United States Steel Corporation. Além disso, a empresa organiza cursos técnicos locais para preparar e treinar pessoal em categorias que vão desde técnico a engenheiro graduado. Esta política da CSN é adotada desde há muitos anos e a indústria, globalmente, tem beneficiado em muito da existência deste pessoal treinado.

O acordo a longo prazo entre a Usiminas e a Nippon Steel Corporation é em linhas idênticas às do acordo entre a CSN e a USS. A Cosipa não tem um programa regular de treino e organiza cursos quando de óles tem necessidade. A maior parte deste treino é organizado internamente por técnicos individuais e são escolhidos engenheiros, de promessa, para treino e especialização no estrangeiro.

As companhias dedicadas à produção de aços especiais procuram, regra geral, a cooperação de fabricantes estrangeiros de grande renome. Por exemplo, a Anhangera opera em associação com a SKF da Suécia. Semelhantemente a maioria dos acordos incluem o treino de pessoal brasileiro por pessoal da SKF e intermutação de "conhecimentos" técnicos em campos de interesse mútuo. A AFP, uma companhia que se vai dedicar a produtos especiais de aço, tem um acordo com a AB Bofors, uma empresa também sueca. As instalações desta empresa ainda estão em construção mas já se estão realizando cursos de treino, não só locais como na Suécia. A Villares possui acordos com a Crucible Steel e com a Ohio Rolls Corporation dos Estados Unidos da América.

Dos outros produtores de aço no setor de produtos não planos, a Mannesmann mantém um programa contínuo de treino para todas as categorias de operadores e engenheiros. É política fundamental da empresa o envio de pessoal escolhido ao estrangeiro para treino e experiência, geralmente à companhia titular na Alemanha. O grupo Mannesmann mantém uma revisão constante de todos os novos desenvolvimentos em tecnologia e distribui esta informação a todas as suas empresas subsidiárias. A CSBM opera um esquema de treino no estrangeiro para engenheiros e para algum pessoal de produção. Organiza também programas de treino técnico locais para operadores e especialistas.

CAPÍTULO 2 - RECURSOS E TRANSPORTE

Embora esta secção diga respeito ao estado atual da indústria brasileira, se torna conveniente considerar recursos e necessidades da infra-estrutura, para reduzir repetição na Secção C encarando, neste Capítulo, a situação até 1980.

Para se satisfazer as necessidades da indústria siderúrgica em 1980 há que assegurar muito maiores incrementos em fornecimento de matérias primas, combustível e eletricidade, assegurando também a existência de facilidades adequadas para o transporte de estoques e produtos acabados. Será necessário também garantir mão de obra e gerência devidamente treinadas e em número suficiente muito antes de se proceder à construção de novas edificações. Os artigos seguintes abordam os recursos e sistemas de transporte em termos de quantidade, características tecnológicas, localização e exploração.

2.1 Estoques

Minério de ferro

O Brasil dispõe de uma das mais vastas, e de melhor qualidade, de quantas reservas de minério de ferro existem no mundo. As reservas de alto grau (para além de 64 por cento de Fe) que se sabem no país só de hematita andam à roda de 4.500 milhões de toneladas.

Os depósitos mais vastos e melhor conhecidos se encontram situados no Estado de Minas Gerais, numa zona conhecida pelo nome de 'quadrilátero do ferro'. Sabe-se também de grandes potenciais de reservas em muitos outros Estados brasileiros. As reservas calculadas se encontram expressadas no Quadro 2.1, e não incluem os vastos jazigos de alta qualidade encontrados recentemente no Estado do Pará.

Presentemente, as principais atividades de mineração estão concentradas no Estado de Minas Gerais, chamando a si quase toda a produção nacional de minério de ferro. Embora ao se chegar ao fim deste decénio já tenham sido exploradas reservas de minério de ferro existentes noutros Estados, o grosso dos abastecimentos requeridos pela indústria siderúrgica brasileira é possível que continue a ser obtido dos jazigos no Estado de Minas Gerais. Ao ser atingido o ano de 1980 algumas das reservas neste Estado devem já ter sido extensamente exploradas não só para alimentar a

indústria nacional mas também para produzir uma tonelagem muito maior destinada a mercados de exportação.

QUADRO 2.1 - RESERVAS EM DEPÓSITOS DE MINÉRIO DE FERRO
(milhões de toneladas)

Localização	Reservas
Estado de Minas Gerais	29.830
Estado de Mato Grosso	10.050
Estado do Amazonas	200
Estados da Bahia, São Paulo, Paraná, Santa Catarina, etc.	130
TOTAL	40.210

No momento presente uma aceraria no setor de produtos planos e várias acerarias no setor de produtos não planos obtêm os seus fornecimentos de minério de ferro de minas próprias. O teor de ferro destes fornecimentos é, regra geral, superior a 64 por cento. Ao ser atingido o ano de 1980 várias destas acerarias já devem ter expandido as suas facilidades para produção de ferro e, conseqüentemente, necessitarão de fornecimentos mais amplos de minério. Estas organizações já tomaram as medidas necessárias para produção adicional no respetivo jazigo, de forma a ser mantida a maior demanda de minério de ferro.

Existem no Brasil várias empresas mineiras que exploram jazigos independentemente das companhias siderúrgicas. Estas empresas fornecem uma parte da sua produção à indústria siderúrgica nacional e exportam a outra parte. As duas principais companhias são a Companhia Vale do Rio Doce (CVRD) e a Mineração Brasileira Reunidas (MBR).

Em 1970 a CVRD produziu cerca de 23 milhões de toneladas de produtos de minério de ferro; deste montante foram exportadas aproximadamente 21,8 milhões de toneladas e o resto vendido no mercado nacional. Por alturas de 1975 esta empresa prevê estar a produzir cerca de 56 milhões de toneladas de minério, adicionando também à sua presente capacidade de produção de pelotas de óxido de alumina, por essa altura, uma unidade com uma capacidade de 3 milhões de toneladas por ano, a fim de elevar a produção anual de pelotas para os 5 milhões de toneladas. O teor de ferro nos produtos da companhia é, em regra, superior a 64 por cento.

A MBR é uma companhia privada cujas minas só recentemente entraram em laboração. Em 1970 a empresa produziu cerca de 2 milhões de toneladas das quais aproximadamente 50 por cento foram fornecidos à indústria nacional e o restante foi exportado. A companhia espera estar a produzir cerca de 13 milhões de toneladas de minério de alto coeficiente (em excesso de 65 por cento) em 1975.

Devido à natureza de alguns dos jazigos de minério de ferro no Brasil e às características quebradiças dos minérios de ferro providos destes jazigos, é mais do que

provável que só se faça uso de torrões volumosos de minério em quantidade limitada. Para se obterem as facilidades para produção de ferro, de harmonia com os níveis de rendimento comparáveis aos que se expressam no Apêndice 1, a indústria terá de procurar preponderantemente minérios de ferro que tenham de ser aglomerados por concrecionamento antes de serem carregados nos altos fornos. O uso de pelotas de óxido de alumina em altos fornos terá, evidentemente, de ser considerado, à medida que este tipo de material exista à disposição vindo de fontes nacionais. Uma das novas acerarias presentemente em construção no setor de produtos não planos vai procurar pelotas de óxido de alumina para usar no seu sistema de fabricação de ferro por redução direta.

Sucata

A disponibilidade de sucata com teor de ferro no Brasil durante esta década é uma matéria de considerável conjectura porque é um assunto que não se encontra bem documentado. Recentemente, todavia, a IBS preparou um relatório dando um cálculo das disponibilidades de sucata no Brasil até 1980. Baseado neste relatório e tomando em consideração os possíveis efeitos das tendências tecnológicas na manufatura de produtos de aço, calculamos que por alturas de 1975, 1980 e 1985 o aumento anual de sucata, excluindo a sucata que se movimenta dentro das acerarias, será, respetivamente, na ordem de 2.1, 3.3 e 5.0 milhões de toneladas. As proporções calculadas de processo e de fomentação de sucata para cada período se encontram no Quadro 2.2.

QUADRO 2.2 - DISPONIBILIDADE DE SUCATA PREVISTA NO BRASIL
(milhões de toneladas)

Procedência	Disponibilidade anual		
	1975	1980	1985
Processo	0,8	1,3	2,2
Fomentação - produtos nacionais	1,0	1,6	2,4
- produtos importados	0,3	0,4	0,4
TOTAL	2,1	3,3	5,0

○ processo de fomentação de sucata diz respeito à sucata produzida por indústrias secundárias no decurso da manufatura de produtos com aço acabado. A fomentação de sucata é a forma mais diversificada possível pois é obtida pela substituição de maquinarias de produtos capitais, como por exemplo trens de ferro, veículos automóveis e navios.

A fonte mais importante é a proveniente de produtos capitais. A existência de sucata capital é uma função das condições existentes uns 20 anos atrás, quando o razão de crescimento da economia pode bem ter sido diferente da taxa prevalecen-

te hoje em dia. Todavia, os cálculos apresentados no Quadro 2.2 indicam que a sucata capital aumentará em proporções significativas durante o período considerado. A disponibilidade de sucata capital e de processo calculada para as diferentes regiões se encontra na Figura 2.1; a maioria da sucata provém das regiões produtoras de aço, e as quantidades pequenas que se podem obter em regiões afastadas se encontram a distâncias excessivamente remotas para serem de utilidade exceto às pequenas acerarias locais.

Embora se obtenha sucata capital em quantidades significativas, a sua recolha por forma organizada e devidamente classificada exige um serviço muito vasto e bem delineado por parte dos mercadores de sucata. Hoje em dia existem muitas companhias de recolha de sucata a comerciar no Brasil mas apenas poucas dispõem de facilidades de processamento e, mesmo neste último caso, dependem de processos não mecanizados que demandam grande mão de obra. A indústria não tem uma representação incorporada nesta atividade. Em muitos aspetos esta situação levou a circunstâncias em que não existe garantia de disponibilidade de material, além de que não há, nem de longe, uma estabilização de qualidade e de preço.

Não obstante o fato de que, no prazo curto, as companhias recolhedoras de sucata mais pequenas possam oferecer uma contribuição importante existe uma necessidade imperiosa, no prazo longo, para organizar e instituir agências que disponham de vastas facilidades para recolha e processamento. A promoção desta reorganização não só estabelecerá a disponibilidade regular do material e promoverá as economias relativas à escala da operação, mas também garantirá a qualidade dos materiais enviados à indústria siderúrgica.

A principal contribuição das organizações de maior volume seria a negociação de políticas comerciais com a indústria siderúrgica particularmente em pontos como, por exemplo, as condições de oferta e procura, especificações da sucata e estrutura de preços.

Ferro gusa

No Capítulo 1 foi mencionado que existem mais de 60 firmas pequenas a produzir ferro gusa em altos fornos a carvão vegetal, numa base semi-contínua. A maioria destas firmas está situada no Estado de Minas Gerais, e embora se preveja que continuem a fazer uma contribuição útil no futuro, como unidades individuais de produção são pequenas. Portanto, se considera que estas empresas não devem ser encaradas como constituindo parte do plano estratégico.

2.2 Carvão e carvão vegetal

Por alturas de 1980 a demanda de carvão coqueificado será significativamente mais alta do que o é hoje em dia. A procura de carvões não coqueificados deve também aumentar porque estes materiais podem ser requeridos para a operação de processos de redução direta baseados em combustível sólido e, possivelmente, para a produção de 'bolos de coque'. A procura de carvão vegetal não se espera que altere

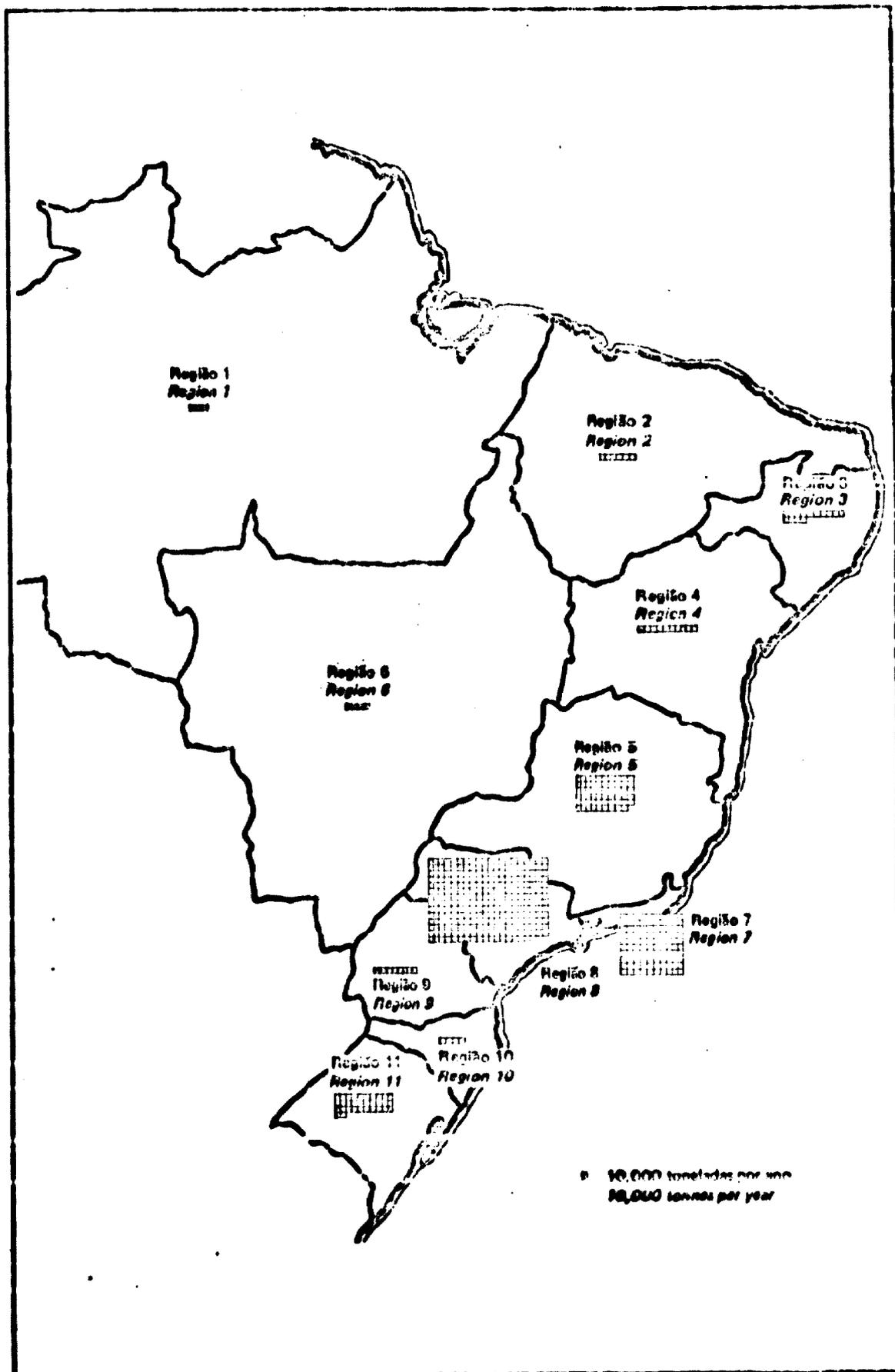


FIGURA 2.1 – PADRÃO REGIONAL DE PROCESSO E SUCATA BASILAR PREVISTOS EM 1990
FIGURE 2.1 – REGIONAL PATTERN OF PROCESS AND CAPITAL SCRAP ARISING 1990

significativamente. A disponibilidade e o fornecimento destes combustíveis são abordados subsequentemente.

Carvão

As reservas conhecidas de jazigos de carvão no Brasil estão orçadas em cerca de 3.300 milhões de toneladas. Os jazigos se encontram na sua maior parte no Estado do Rio Grande do Sul, em Santa Catarina e no Paraná. As toneladas calculadas destas reservas se vêem no Quadro 2.3.

QUADRO 2.3 - RESERVAS DE CARVÃO BRASILEIRO
(milhões de toneladas)

Estado	Reservas calculadas
Rio Grande do Sul	2.022
Santa Catarina	1.205
Paraná	37
TOTAL	3.264

Se conhece a existência de outros jazigos de carvão nas regiões de Piauí, de Tocantins-Araguaia, de Rio Fresco e do Alto Amazonas, se bem que se não saiba a sua extensão ou acessibilidade.

Os jazigos de carvão coqueificado do Brasil se encontram principalmente no Estado de Santa Catarina. A natureza destes jazigos é tal que a produção de carvão coqueificado será sempre associada com a extração de uma certa proporção de carvão não coqueificado. Os filões são compostos por bandas finas de carvões coqueificados e não coqueificados, bem como de materiais inúteis; esta condição não permite mineração de diferentes tipos de carvão selecionado.

As características típicas dos carvões brasileiros se mostram no Quadro 2.4.

Os dados em esse quadro revelam que os carvões brasileiros são de fraca qualidade. Isto se deve principalmente ao elevado teor de cinza que é superior a 50 por cento no seu estado natural ao ser retirado do jazigo. Como a matéria formadora de cinza se encontra amala e intimamente dispersa por toda a massa de carvão, o carvão coqueificado, lavado, fornecido atualmente à indústria siderúrgica contém mais de 18 por cento de cinza, mesmo depois de enriquecimento por preparação do carvão.

De momento várias companhias mineiras estão a explorar os depósitos de carvão do Brasil. A maioria destas empresas são pequenas mas existem dezenove empresas de importância e a maioria destas explora mais do que uma mina. Treze destas empresas estão a trabalhar jazigos no Estado de Santa Catarina, três no Estado do Rio Grande do Sul e três no Estado do Paraná.

QUADRO 2.4 - CARACTERÍSTICAS TÍPICAS DE CARVÕES LAVADOS

Características		Carvão coqueif.	Carvão não coqueif.
Humidade	-%	10,0	7,0 - 8,0
Cinza	-%	18,5	30,0 - 45,0
Enxofre	-%	1,8	2,0 - 3,5
Matéria volátil	-%	30,0	27,0 - 24,0
Carbono fixo	-%	51,5	44,0
Valor calorífico	-L/C cal/kg	6.800	4.800 - 5.500
Índice de inchamento		2,5 - 4,5	-

A produção de carvão nacional em 1969 foi a seguinte:-

Estado e tipo de carvão	Produção - milhões de toneladas	
	Carvão de minas	Carvão lavado
Rio Grande do Sul		
Carvão não coqueificado	1,0	0,9
Santa Catarina		
Carvão coqueificado)	3,7	(0,8
Carvão não coqueificado)		(0,5
Paraná		
Carvão não coqueificado	0,4	0,3
TOTAL		
Carvão coqueificado)	5,1	0,8
Carvão não coqueificado)		1,7

At o momento presente a indústria brasileira de mineração de carvão fornece anualmente cerca de 0,8 milhões de toneladas de carvão coqueificado à indústria siderúrgica. Esta cifra representa cerca de 33 por cento das necessidades totais da indústria. As autoridades brasileiras são de opinião de que em 1980 o fornecimento de carvão metalúrgico nacional ainda não irá para além de cerca de 1,5 milhões de toneladas.

No próximo futuro será apenas necessária uma cifra nominal de carvão não coqueificado para as instalações SL/RN de redução direta da empresa Aços Fines Piratini. A empresa terá uma instalação para lavagem de carvão que preparará carvão

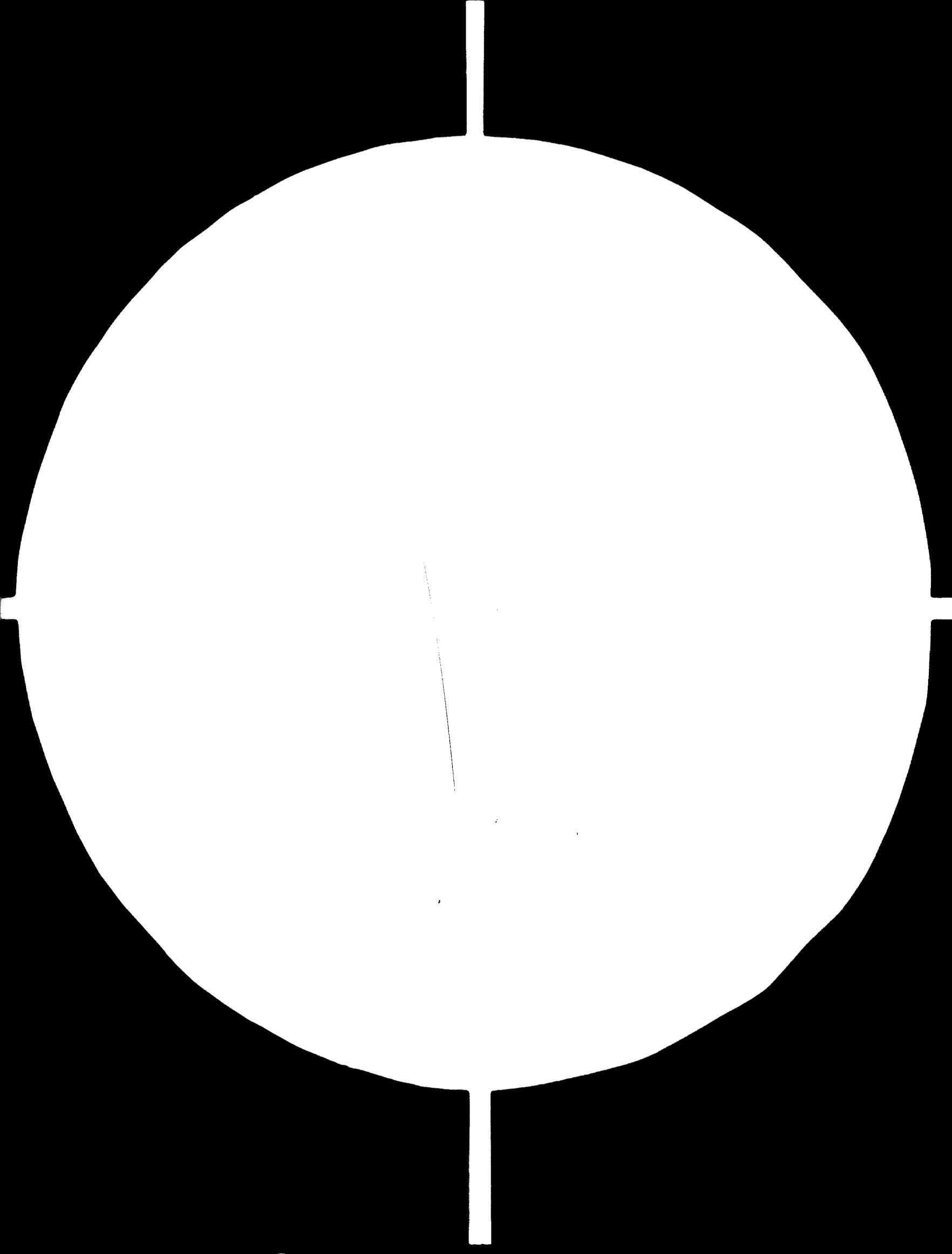
C-583



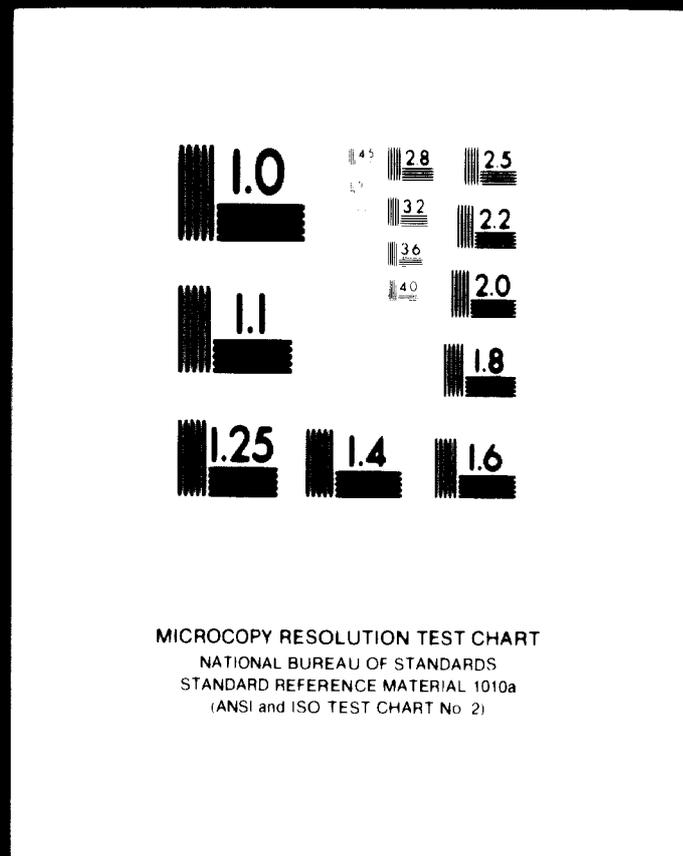
84.12.13

AD.86.07

ILL5.5+10



2 OF 7



24 x F

obtido de uma mina adjacente à aceraria, esperando produzir 65.000 toneladas para uso metalúrgico.

A indústria faz hoje em dia uso de uma pequena quantidade de carvão não coqueificado, particularmente para produção de vapor e para este propósito continuará a procurar de fontes indígenas, embora não seja de esperar que a tonelagem comprada aumente por alturas de 1980.

Carvão vegetal

De momento cerca de 90 por cento da produção nacional de ferro gusa por carvão vegetal vem do Estado de Minas Gerais. O fornecimento de carvão vegetal necessário a esta produção é obtido da própria aceraria ou de fontes locais onde existem instalações de carbonização. Não é de esperar que esta situação se modifique até 1980, tanto do ponto de vista da produção de ferro gusa com carvão vegetal como do ponto de vista do fornecimento do dito carvão. É assumido que pelos fins desta década será necessário um máximo à volta de 2 milhões de toneladas de carvão vegetal para satisfazer as exigências globais de todos os altos fornos que produzem ferro gusa por carvão vegetal, no Brasil, de que resultará a necessidade de manter um aflorestamento permanente de uma área aproximada a 400.000 hectares, dentro das visinhanças das instalações dos referidos altos fornos.

2.3 Combustíveis e eletricidade

As fontes potenciais e as disponibilidades em óleos combustíveis, gás natural e eletricidade se discutem a seguir.

Óleo combustível

As reservas brasileiras de óleo cru estão calculadas em apenas uns 850 milhões de barris (115 milhões de toneladas). Os jazigos de óleo em laboração se encontram situados na Bahia, em Alagoas e Sergipe, que produzem, na sua totalidade, cerca de 60 milhões de barris (8 milhões de toneladas) por ano.

Existem várias refinarias de petróleo no Brasil, localizadas na Bahia, no Guanabara, no Rio de Janeiro, em Minas Gerais, em São Paulo, no Rio Grande do Sul e no Amazonas. A capacidade total de processamento destas refinarias é, segundo se afirma, de 250 milhões de barris (equivalente a 35 milhões de toneladas) de óleo cru por ano. (Em 1969 estas refinarias produziram cerca de 170 milhões de barris de produtos petrolíferos.

As refinarias brasileiras processam óleo cru indígena e óleo cru importado. Deste último cerca de dois terços provem de países do Médio Oriente.

Uma das propriedades importantes dos óleos combustíveis brasileiros é que o seu teor de enxofre é inferior ao da maioria de óleos providos de fornecedores internacio-

cionais. Por este motivo os óleos combustíveis brasileiros são ideais para injeção em altos fornos.

Gás natural

As presentes reservas de gás natural que foram descobertas no Brasil são comparativamente pequenas. Um cálculo recente feito pela PETROBRÁS coloca essa cifra em aproximadamente 25.000 milhões de metros cúbicos. Quando se coloca esta cifra em perspectiva, se verifica que é aproximadamente equivalente ao consumo anual corrente de combustível de petróleo no Brasil. É evidente, portanto, que dependente apenas das existentes reservas conhecidas no Brasil não será possível manter qualquer demanda industrial importante, a longo prazo, feita pela indústria siderúrgica.

Todavia vai ser posta à disposição da USIBA para a sua aceraria Hyl de redução direta uma quantidade calculada em 200 milhões de metros cúbicos anuais de gás natural. A instalação desta companhia que se encontra agora a ser construída foi baseada no critério de uma concessão de fornecimento pela PETROBRÁS enquanto existam fornecimentos de gás natural.

Nafta

A nafta líquida é uma destilação leve de petróleo cru. A sua importância como produto é que pode ser reformada e transformada num gás redutivo adequado para uso nas acerarias por redução direta, alimentadas a gás. Todavia é um produto mais caro do que o gás natural.

Nafta líquida é produzida por um número de refinarias brasileiras localizadas na Bahia, no Rio de Janeiro, em Minas Gerais, em São Paulo e no Rio Grande do Sul. Ao momento presente, se dispõe de uma totalidade à volta de 3,5 milhões de toneladas por ano e se espera que, por 1975, esta tonelagem suba para à volta dos 5 milhões de toneladas por ano.

Eletricidade

A capacidade atual de geração elétrica no Brasil excede 10.000 MW. A capacidade geradora de eletricidade, por regiões, se mostra no Quadro 2.5.

Cerca de 77 por cento das centrais instaladas são hidro-elétricas e as restantes são centrais térmicas. Segundo foi afirmado, antes do fim de 1974, a capacidade instalada estará aumentada em 65 por cento para se obter uma capacidade total operante de cerca de 17.000 MW. De momento, a situação do fornecimento à rede nacional é tal que apenas se faz uso de uns 50 por cento da capacidade gerada.

Está sendo construída, em Angra dos Reis, uma central nuclear, piloto, que terá uma capacidade de 500 MW.

A ELETROBRÁS (Centrais Elétricas Brasileiras S.A.) é a companhia estadual titular que controla as muitas centrais geradoras regionais. A ELETROBRÁS, em conjunção com o grupo Luz SA, controla cerca de 64 por cento da capacidade total instalada.

QUADRO 2.5 - CAPACIDADE DE GERAÇÃO REGIONAL DE ELETRICIDADE

Região	Capacidade atual instalada - MW			Capacidade Planificada até 1974-MW
	Hidro	Térmica	Total	
Estados do Norte	676	337	1.013	2.220
Minas Gerais	2.329	35	2.364	3.525
Espírito Santo	59	31	90	206
Rio de Janeiro	886	217	1.100	1.500
Guanabara	-	237	237	637
São Paulo	2.655	723	3.378	5.683
Paraná	131	127	259	548
Santa Catarina	96	157	253	385
Rio Grande do Sul	237	377	614	1.147
Centrais do Oeste	785	69	855	1.208
TOTAL	7.854	2.307	10.163	16.891

2.4 Materiais de processamento e água

A produção de aço cru e produtos acabados requer um número de tipos diferentes de materiais de processamento e uma grande quantidade de água. Com o desenvolvimento da indústria siderúrgica a necessidade de estes elementos aumentará também, embora seja de esperar que tal não cause quaisquer restrições sérias. Água não constitui, segundo parece, um problema; o fornecimento de outros materiais é discutido seguidamente.

Materiais fundentes

Os principais materiais fundentes utilizados pela indústria de aço são a cal viva, o calcário, a dolomita e a fluorite. O calcário e a dolomita são necessários primordialmente nas instalações de concrecionamento para produzir uma concreção auto-fundente; quando necessário, podem ser usados como agentes fundentes nas car-

gas dos altos fornos. A cal virgem produzida pela calcinação do calcáreo será usada principalmente na fabricação de aço.

O Brasil possui vastas reservas de calcáreo e de dolomita, com grande abundância destes materiais em todas as áreas de produção de aço. De momento, a maioria das empresas de siderurgia obtém estes materiais das suas minas próprias e espera-se que mantenham esta política no futuro.

Ligas de ferro

A indústria de ferro necessita de fornecimentos de diversos tipos e graus de ligas de ferro para a produção de aços, tanto comuns como especiais. Espera-se que por 1980 as necessidades totais da indústria andem à volta de 0,2 milhões de toneladas; desta quantidade uns 25 por cento serão necessários para produção de aço especial.

Correntemente a produção de ligas de ferro no Brasil é à roda de 120 mil toneladas das quais o ferro ao manganês conta em pouco mais de metade e as ligas de ferro especiais cerca de 8.000 toneladas. Todavia, foi afirmado que por 1975 a capacidade de produção de ligas especiais de ferro terá quase duplicado e que a produção de ligas de ferro comuns terá aumentado em cerca de 20 por cento.

Em 1970 a procura de ligas de ferro comuns com alto teor de carbono foi praticamente satisfeita pelos produtores nacionais. Em contra partida a maioria das ligas de ferro especiais e com baixo teor de carbono foram importadas. Tendo em mente o teor de crescimento da indústria produtora de ligas de ferro e a necessidade premente da indústria siderúrgica de ligas de ferro em 1980, se torna aparente que as facilidades de produção para ligas de ferro terão de ser aumentadas significativamente, ao terminar esta década, para se evitar importações em grande escala destes produtos.

Refratários

Em 1980 a indústria do aço necessitará aproximadamente de 0,9 milhões de toneladas de produtos refratários de vários tipos. Cerca de 10 por cento desta tonelage será constituída por produtos refratários básicos necessários aos fornos de produção de aço; as restantes serão principalmente tipos não-básicos para revestimento de todas as outras fornalhas, altos fornos, cadinhos, misturadores de metal quente e outros vasos retentores, bem como para as descargas, ou pilhas através das quais são levados os gases quentes.

Em 1970 a indústria brasileira de produtos refratários tinha atingido os 0,4 milhões de toneladas de produtos refratários. Esta tonelage quase que satisfaz a procura total nacional destes produtos e só foram importadas umas 10.000 toneladas. Da tonelage produzida, cerca de 85 por cento foram fornecidos à indústria siderúrgica.

Existem no Brasil várias companhias dedicadas à fabricação de produtos refratários. Destas companhias, as três principais, nomeadamente a Magnecita SA, a Ce-

râmica São Caetano e a Industrial Brasileira Artigos Refratários, chamam a si quase 90 por cento da produção nacional; Algumas acerarias têm também secção para manufatura de refratários. Destas companhias, acima referidas, a Magnecita SA é a mais importante e está presentemente a satisfazer o mercado brasileiro com 80 por cento dos produtos básicos. Esta empresa está bem ao par do projetado desenvolvimento da indústria siderúrgica e tem, entre mãos, um programa para a ampliação das suas facilidades de produção, a fim de acompanhar as necessidades da indústria siderúrgica.

Em termos gerais, a qualidade da maioria dos produtos refratários produzidos no Brasil é boa. Todavia, é muito encorajante verificar que esta indústria, sobretudo a Magnecita SA já dispõe de um estabelecimento de muito vulto para investigações e desenvolvimento importantes. A Magnecita SA já fez uma proposição para que as facilidades deste seu estabelecimento sejam ampliadas para prover melhores serviços no beneficiamento de qualidade e no desenvolvimento de novos produtos.

2.5 Transporte

Por alturas de 1980 aumentarão enormemente as quantidades dos vários tipos de matérias primas e de produtos acabados que necessitarão de transporte. O aumento que se prevê na infra-estrutura de transporte em relação aos serviços a prestar à indústria em 1970 se encontra no Quadro 2.6.

Durante os últimos anos mais de 95 por cento das toneladas totais de materiais, tanto consumidas como produzidas pela indústria, têm sido transportadas dentro de um triângulo regional. Este triângulo inclui os Estados de Rio de Janeiro e do Guanabara, o de São Paulo, o de Minas Gerais e, bem assim, o de Espírito Santo. Embora o desenvolvimento da indústria de aço afete as regiões para além dos Estados acima mencionados, o seu efeito nas redes de transporte será relativamente pequeno. Se anticipa que por alturas de 1980 cerca de 90 por cento do movimento de materiais terá lugar dentro do triângulo regional. Em termos quantitativos, isto significa que cerca de 50 milhões de toneladas de matérias primas e de produtos acabados serão transportados dentro desta área.

A extensão dos sistemas principais de estradas de ferro e rodoviárias, bem como a localização dos portos principais, se encontram na Figura 2.2. Presentemente as estradas de ferro são usadas, na sua maior parte para o transporte de matérias primas e mais de metade da totalidade de produtos acabados é transportada por camionagem. O transporte de carvão coqueificado indígena, vindo do sul do Brasil, é feito em parte por navio e em parte por estrada de ferro.

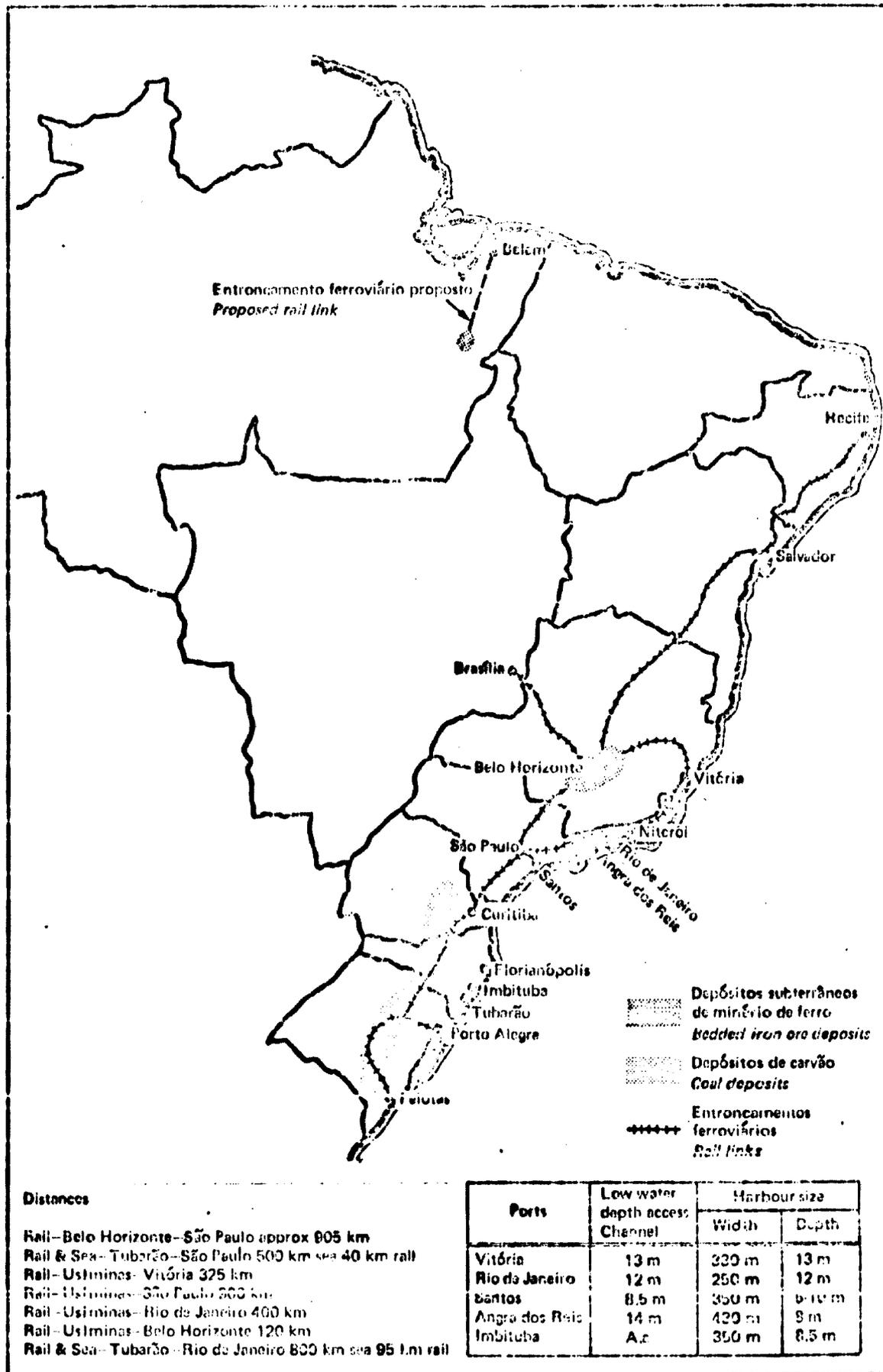


FIGURA 2.2 - FACILIDADES FM TRANSPORTE
 FIGURE 2.2 - TRANSPORT FACILITIES

QUADRO 2.6 - AUMENTO NA DEMANDA EM INFRA-ESTRUTURA
DE TRANSPORTES 1970 a 1980

Minério de ferro	Consumo de material ou produção em milhões de toneladas por ano		Aumento previsto na demanda %
	1970 ⁽¹⁾	1980 ⁽²⁾	
Minério de ferro	6,5	19,0	192
Carvão coqueificado	2,0	9,0	350
Carvão não coqueificado	-	0,1	-
Carvão vegetal	1,4	0,6	(-43) ⁽³⁾
Sucata comprada	2,0	4,0	100
Ligas de ferro	0,1	0,2	100
Agentes fundentes	1,3	5,0	285
Outros materiais	1,0 ⁽⁴⁾	2,0 ⁽⁴⁾	100
Produtos acabados	4,2	14,7	250
Total	18,5	54,6	195

Notas: (1) Extraído do relatório de 1970 da RFFSA e de outras publicações

(2) Tonelagens calculadas - só para indicação preliminar

(3) Percentagem reductiva na procura

(4) Quantidades calculadas

Estradas de ferro

As redes mais importantes de estradas de ferro que servem a indústria siderúrgica são a divisão regional da Rede Ferroviária Federal SA (RFFSA), uma organização controlada pelo Estado e a rede de via reduzida Vitória-Minas Gerais, pertença da CVRD. A divisão da região central transporta grandes quantidades de matérias primas e de produtos acabados em um sentido e, mais predominantemente, carvão e derivados de petróleo, noutro sentido. A rede da divisão central tem uma capacidade nominal de transporte de carga de 18 milhões de toneladas por ano. Se encontram contudo entre mãos programas de melhoramento da via e do material circulante e espera-se que pelos fins de 1974 esta capacidade tenha atingido uns 32 milhões de toneladas. Por alturas de 1980, se calcula que as quantidades de matérias primas e de produtos acabados a serem transportados dentro da área desta divisão sejam os seguintes:

		<u>Milhões de toneladas</u>
Minério de ferro		8,0
Carvão coqueificado		2,0*
Carvão vegetal		pequeno
Sucata comprada		0,5
Ligas de ferro		pequeno
Agentes fundentes		2,2
Outros materiais		1,5
Produtos acabados		9,0
TOTAL	aprox.	23,0

* na sua maior parte de portos para acerarias

Além dos 23 milhões de toneladas a que acima se faz referência, estamos informados de que esta divisão poderá contender com cerca de 24 milhões de toneladas de minério de ferro destinado a exportação. Portanto, excluindo as facilidades requeridas por outras indústrias, a tonelagem total de carga excederá 47 milhões de toneladas. Mesmo que se tome em consideração o fato de que nem toda a carga se movimentará em um sentido, as exigências excedem em muito a capacidade nominal da rede desta divisão em 1974. Se torna evidente, portanto, que há necessidade de um investimento de monta para se obterem facilidades adequadas que sirvam as exigências das indústrias de minério de ferro e de siderurgia. A RFFSA tem programas de investimento projetados que vão até 1980. Estes programas alocam desenvolvimentos que acompanham as necessidades exigidas por uma indústria siderúrgica mais vasta. O significado destes investimentos em termos de necessidades totais necessita de ser cuidadosamente analisado e há que prestar atenção a que os fundos alocados nos programas de investimento da organização ferroviária controlada pelo Estado tome em consideração, por intermédio de discussões coletivas, a expansão da indústria siderúrgica.

Presentemente, o frete ferroviário é caro mas se pensa que o preço elevado é devido à baixa densidade de tráfego; esta situação deve sofrer alteração dentro de um futuro não muito distante, embora se não deva perder de vista que devido às condições topográficas difíceis, o custo de fretes nunca possa ser comparado com redes operando noutros pontos.

A linha Vitória-Minas é usada, na sua maior parte, para transporte de minério de ferro destinado a exportação mas transporta também produtos de aço da Usiminas para Vitória e carvões coqueificados de Vitória para as acerarias. Presentemente esta estrada de ferro é a única ligação com as acerarias da Usiminas que não tem, portanto, uma ligação ferroviária direta com os mercados do Rio de Janeiro e de São Paulo. Segundo se crê, a linha Vitória-Minas é aquela com mais alta densidade de tráfego em todo o Brasil.

Estradas

A importância da rede rodoviária, principalmente entre as regiões do Rio de Janeiro, São Paulo e Minas Gerais, reside no fato de que os produtos acabados da indústria siderúrgica são entregues ao consumidor por via rodoviária. O preço do transporte de carga por via rodoviária compete bem com o custo do frete por estradas de ferro e por este motivo e ainda porque possui maior flexibilidade de operação, a indústria pode se servir avultadamente do sistema de vias rodoviárias.

A rede rodoviária dentro do triângulo regional abrange perto de 410.000 quilômetros, dos quais apenas 7 por cento se encontram asphaltados. Se espera que em 1975 se encontrem construídas vias rodoviárias alcatroadas numa extensão de mais 5.000 quilômetros.

Com o aumento substancial na industrialização nacional que se prevê em 1980 o sistema de movimento de carga por via rodoviária vai, sem dúvida, desempenhar um papel predominante. Embora a indústria siderúrgica continue a fazer uso do transporte rodoviário para movimentar os produtos acabados para os consumidores, é provável que a proporção da tonelagem total a deslocar por via rodoviária em 1980 seja reduzida. Evidentemente que este fato será ditado, em grande parte, pelos serviços e pelos custos de frete carregados pelos serviços ferroviários.

Facilidades portuárias

Ao longo da costa do Brasil existem bastantes portos com água suficiente para navios de grande calado e, portanto, úteis à indústria siderúrgica.

O porto de Vitória é usado para a importação de carvão e para a exportação de minério de ferro e de produtos acabados de aço. Recentemente foi construído um porto novo em Tubarão, perto de Vitória, com facilidades especiais para exportação em grande escala de minérios de ferro. Angra dos Reis e Rio de Janeiro são usados para importação de carvão; o porto do Rio de Janeiro conta também com um terminal especial para o manuseamento de minério de ferro e se está construindo um terminal novo para minérios em Angra dos Reis. No porto de Santos é recebido carvão vindo do sul do Brasil e do estrangeiro bem como minério de ferro indígena, este último descarregado diretamente na aceraria da Cosipa que está ligada ao porto por um canal. Imbituba é usado para embarcar carvão brasileiro.

Já foram considerados programas de desenvolvimento para melhorar as facilidades existentes em algumas destas instalações. Segundo se afirma, até 1974 vão ser dispendidos 100 milhões de dólares nestes portos e em outras instalações situadas em Parangá, Recife, Belém e Itaquí.

CAPÍTULO 3 - AVALIAÇÃO DAS FACILIDADES EXISTENTES PARA FABRICAÇÃO DE FERRO

As características das instalações existentes e planejadas na indústria siderúrgica brasileira, os métodos de operação e o rendimento destas fábricas e, bem assim, as possibilidades de beneficiamentos de curto prazo, são todos examinados neste capítulo e nos capítulos subsequentes. Cada processo é revisto individualmente, divididos entre os capítulos que se seguem: produção de coque, concreção e produção de ferro neste capítulo; fabricação de aço, à quente e à frio, no Capítulo 4; forjaduras, laminagens, processos de acabamento e processos especiais no Capítulo 5.

Os itens da instalação foram classificados por dimensão e idade, e qualquer interligação dos itens dentro de uma área de processamento foi devidamente anotada. As informações sobre as instalações e, mais particularmente, sobre as práticas adotadas e os rendimentos obtidos nos foram fornecidas pelas respectivas empresas; se bem que estas informações tenham sido, por nossa parte, sujeitas a um exame crítico, não é a nós evidentemente possível garantir a exatidão dos elementos à base do limitado número de visitas que fizemos a instalações no Brasil. Além disso, nem todas as empresas tinham disponíveis as necessárias informações; nos vários quadros registamos o número de empresas que puseram elementos à nossa disposição.

As variações em rendimento através da indústria siderúrgica brasileira são consideráveis; nalguns casos, existe ampla possibilidade de melhoramento geral no rendimento de toda a indústria, enquanto que em outros, existem oportunidades para melhoramento em companhias específicas. Deve ser anotado que as informações abaixo expressadas sobre rendimento de fábricas se refere à indústria como existente em 1969. Em muitos casos, é bem possível que as empresas, ou algumas delas, já tenham posto em prática as recomendações que fizemos para melhoramentos a curto prazo.

As informações recebidas revelam também que a indústria está a operar em dois níveis - aquelas empresas que se podem comparar com as que mundialmente produzem bons resultados e aquelas cujas instalações estão a operar, indubitavelmente, abaixo deste nível.

3.1 Fabricação de coque

Quase todo o coque metalúrgico para os altos fornos de produção de ferro é obtido por instalações de fogões de coque do moderno tipo fendido. Existe todavia

uma pequena instalação que faz uso de fogões tipo 'colmeia' para produção de coque para altos fornos. O número de instalações de baterias de fornalhas de tipo fendido se encontra marcado no Quadro 3.1, incluindo aquelas que constituem parte do presente programa de desenvolvimento.

QUADRO 3.1 - INSTALAÇÕES DE BATERIAS DE FOGÕES DE COQUE
TIPO FENDIDO (Número de instalações)

Capacidade anual da bateria de coque - milhares de toneladas	Ano de entrada ao serviço				Total (1975)
	Antes de 1940	1940/1955	1955/1970	1970/1975	
200 - 300	-	-	5	-	5
300 - 400	-	2	-	-	2
400 - 500	-	-	-	3	3
500 - 600	-	-	-	-	-
600 - 700	-	-	-	-	-
700 - 800	-	-	-	-	-
Total	-	2	5	3	10

As três novas instalações de baterias de fornalhas de coque, uma em cada uma das acerarias de produtos planos, estão a ser instaladas como parte de projetos de expansão. Duas destas instalações são constituídas por fornalhas com 6 metros de altura, enquanto que a terceira bateria será equipada com os tradicionais fogões de 4 metros de altura. As fornalhas existentes, todas com dimensões básicas semelhantes, têm cerca de 4 metros de altura. Se prevê que pequenas unidades de produção como, por exemplo, os fogões tipo 'colmeia' serão postas de parte quando as novas baterias de fornalhas entrarem em operação.

Presentemente o coque é produzido de uma mistura de carvões metalúrgicos importados e domésticos, estes últimos constituindo entre 20 e 30 por cento de mistura. Os carvões domésticos são de má qualidade, como se explica no Capítulo 2, Artigo 2.2. Todavia, as indicações atuais levam a prever que existam as mesmas toneladas de carvão doméstico, no futuro, para a manufatura de coque, de que resultará uma proporção progressivamente mais baixa da mistura, à medida que a produção total aumenta.

O rendimento das atuais instalações de produção de coque foi calculado à base de produção de coque por volume unitário de cada fogão, por dia. Todas as instalações em operação são essencialmente do mesmo desenho. Os cálculos de rendimento colhidos das informações existentes indicam que as três instalações operam dentro de uma gama de 0,7 a 0,8 toneladas por metro cúbico por dia, o que revela um nível uniforme de rendimento por toda a indústria. Esse rendimento se compara também favoravelmente com aquele dos principais fabricantes mundiais de coque que obtém um

regime de produção de entre 0,9 a 1 tonelada por metro cúbico por dia. (Consultar Apêndice 1).

Possibilidades de melhoramentos a curto prazo

Dado que as produções de coque já se encontram a um nível razoável, a oportunidade principal para melhoramentos de curto prazo na fabricação de coque reside na redução dos custos de produção. Por sua vez, isto significa redução no custo do carvão que chama a si quase 100 por cento dos custos totais da fabricação de coque. Isto pode ser feito pelo uso de uma certa proporção de carvão coqueificado na mistura do carvão, por meio de uma preparação seletiva que se encontra abordada pormenorizadamente no Capítulo 8. Em termos mundiais, têm sido usadas proporções até 40 ou 50 por cento de carvão não coqueificado, e recomendamos uma investigação meticulosa às proporções máximas possíveis nas condições no Brasil.

Se a diferença em preço entre carvões coqueificantes e não coqueificantes é de 5 dólares por tonelada, o uso de uma proporção de 50 por cento de carvão não coqueificado na mistura produziria uma economia aproximada de 10 por cento no custo do coque.

3.2 Concrecionamento

O concrecionamento do minério de ferro é feito por máquinas tipo Greenwalt de corrimento contínuo ou semi-contínuo. As características das atuais instalações de concrecionamento, bem como a maquinaria planeada para o corrente programa de desenvolvimento, se encontram no Quadro 3.2.

As instalações de concrecionamento contínuo em operação nas acerarias de produtos planos são todas de desenho moderno. As instalações propostas nos planos de expansão destas instalações terão capacidades ainda maiores.

As instalações de concrecionamento semi-contínuo se encontram em operação em acerarias de produtos não planos. A expansão de algumas destas instalações está prevista também no programa de desenvolvimento. A produção semi-contínua tem certas limitações incompatíveis com as operações das acerarias modernas, mas se espera que estas instalações se mantenham em funcionamento efetivo produzindo concrecionamento de carvão vegetal enquanto se mantenha em vigor, sem alteração, a presente política de obtenção de coque.

As instalações de concrecionamento usam coque miúdo nos sistemas contínuos e chispas de carvão vegetal nas instalações semi-contínuas. Nos foi indicado que algumas instalações que usam presentemente máquinas semi-contínuas passarão para máquinas contínuas após o seu programa de expansão. Isto significará que algumas máquinas contínuas terão de trabalhar com chispas de carvão vegetal porque não existe quantidade suficiente de chispas de coque.

QUADRO 3.2 - INSTALAÇÕES DE CONCRECIONAMENTO
(número de instalações)

Capacidade anual de concreção acabada - milhares de toneladas	Ano de entrada ao serviço				Total
	Antes de 1940	1940/ 1945	1955/ 1970	1970/ 1975	
CONTÍNUA					
700 - 900	-	-	2	-	2
900 - 1100	-	-	1	1	2
1100 - 2000	-	-	-	-	-
2000 - 2500	-	-	-	3	3
SEMI-CONTÍNUA					
50 - 100	-	1	-	-	1
100 - 150	-	-	2	-	2
200 - 250	-	1	-	-	1
TOTAL	-	2	5	4	11

Os rendimentos das operações de concrecionamento foram calculados à base do rendimento específico definido como produção de concreção em toneladas por metro quadrado por área de grelha, por dia. Tanto as máquinas contínuas como as semi-contínuas são comparadas na mesma base.

A gama da produção específica das instalações de concrecionamento se encontra tabulada no Quadro 3.3.

QUADRO 3.3 - RENDIMENTO DE MAQUINARIA DE CONCRECIONAMENTO

Tipo de máquina	Número de máquinas		Rendimento Toneladas/m ² /dia
	Instaladas	Analisadas	
Contínuas	3	2	23 - 36
Semi-contínuas	3	3	12 - 27

Possibilidades de melhoramentos a curto prazo

A produção de uma destas máquinas contínuas, ou sejam, 36 toneladas/m²/dia, é equivalente à melhor prática mundial e, portanto, extremamente boa. A outra má-

quina está trabalhando apenas com um rendimento de nível médio. (Consultar Apêndice 1). As máquinas semi-contínuas a carvão vegetal têm uma vasta gama de características de rendimento. Nos foi afirmado que as máquinas de baixo rendimento trabalham com um concrecionamento imensamente variado e não possuem facilidades para dimensionar e graduar a matéria prima. Estas diferenças constituem a explicação da variante no regime de produção em comparação com os melhores rendimentos neste tipo de instalação, rendimentos que são bons em termos mundiais.

Recomendamos que seja prestada atenção à qualidade física dos materiais a alimentar. Beneficiamento no dimensionamento e mistura do material alimentado produzirá uma concreção mais consistente com a conseqüente redução no geramento de chispas recirculantes que elevarão os níveis de rendimento. O desenvolvimento das maquinarias de concreção se encontra abordado no Capítulo 7 (Artigo 7.2).

3.3 Altos fornos para produção de ferro

A operação de altos fornos para produção de ferro no Brasil pode ser dividida em dois tipos de utilização: coque e carvão vegetal. Em 1971 a indústria siderúrgica brasileira produziu aproximadamente 3,7 milhões de toneladas de ferro gusa nos altos fornos em laboração.

No Quadro 3.4 apresentamos um inventário das instalações de altos fornos para produção de ferro.

QUADRO 3.4 - INSTALAÇÕES DE ALTOS-FORNOS

Fornalha Diâmetro do Forno de fundição Metros	Ano de entrada ao serviço				Total (1975)
	Antes de 1940	1940/ 1945	1955/ 1970	1970/ 1975	
COM USO DE COQUE					
<u>Abaixo de 7,0m</u>	-	-	1	-	1
7,0m - 9,0m	-	2	3	-	5
9,0m - 10,0m	-	-	-	-	-
10,0m - 12,5m	-	-	-	3	3
COM USO DE CARVÃO					
<u>Abaixo de 2,0m</u>	3	-	3	-	6
2,0m - 3,0m	-	7	-	1	8
3,0m - 4,0m	-	1	2	-	3
4,0m - 5,0m	-	4	1	-	5
TOTAL	3	14	10	4	31

Nota: Todas as fornalhas foram incluídas na data original de início de trabalho. Reconstruções de grande volume não foram incluídas. Só se encontram incluídas fornalhas existentes nas 47 instalações entradas no Quadro 1.1.

Cerca de dois terços da produção total de ferro gusa foram obtidos de fornalhas a coque e o restante terço de fornalhas a carvão vegetal. Depois de completado o atual programa de desenvolvimento, a configuração da produção de ferro em altos fornos alterará significativamente, reduzindo a proporção de ferro por carvão vegetal de 32 para 13 por cento. Esta mudança na configuração da produção de ferro se encontra no Quadro 3.5.

QUADRO 3.5 - PADRÃO DA PRODUÇÃO DE FERRO

Redutível básico	Produção de ferro gusa			
	Produção 1971 ¹		Capacidade de altos-fornos ² para produção de ferro ao ser completado o presente programa de desenvolv.	
	Milhões de toneladas	%	Milhões de toneladas	%
Coque	2,5	68	9,6	87
Carvão vegetal	1,2	32	1,4	13
Total	3,7	100	11,0	100

1. Cálculo feito à base das informações estatísticas trimestrais da IBS.
2. Apenas a capacidade de altos fornos. A produção, de fato, de ferro será mais baixa devido a limitação em instalações de concrecionamento e/ou capacidade para manufatura de coque.

As fornalhas operadas a coque têm diâmetros maiores e se encontram a trabalhar em acerarias de produtos planos. À data em que foram instaladas, muitas delas antes de 1955, eram de dimensão econômicas mas, hoje em dia, são demasiado pequenas para o standard das instalações modernas. Contudo, as três novas fornalhas que estão a ser instaladas para a expansão de três acerarias de produtos planos são fornalhas grandes com diâmetros de entre 10 e 12,5 metros.

As fornalhas à base de carvão vegetal têm, como é costume, fornos de diâmetros mais pequenos. Recentemente foi instalada uma fornalha para carvão vegetal numa aceraria integrada nova, mas não existem propostas, que saibamos, para novas construções, se bem que algumas das fornalhas a carvão vegetal de pequeno diâmetro, existentes no país, possam vir a ser reconstruídas com fornos maiores.

Prática da operação

As operações dos altos fornos são baseadas no uso de torrões de minério indígena de alta qualidade e em chispas concrecionadas. O uso de chispas concrecionadas em cargas de altos fornos irá aumentar devido às características físicas do minério indígena que é quebradiço e se desintegra dentro do alto forno. Nos planos de expansão de grandes acerarias integradas foram incluídas instalações adicionais de concrecionamento para assegurar adequadas facilidades de produção. Futuramente serão incluídas também, em determinada proporção pelotas de óxido de alumina, uma vez as facilidades para produção de pelotas no Brasil sejam vastas suficientemente para alimentar tanto o mercado doméstico como o mercado de exportação.

O rendimento das instalações de altos fornos para produção de ferro se mostra no Quadro 3.6. Na apresentação se faz uso de critérios como, por exemplo, Índice de produção de altos fornos, regime de produção e regime corrigido de combustível (coque ou carvão vegetal consoante apropriado) para produzir uma tonelada de ferro líquido gusa; estes critérios se encontram definidos no Apêndice 1.

QUADRO 3.6 - RENDIMENTO DE INSTALAÇÕES DE PRODUÇÃO DE FERRO

Alto forno Diâmetro	Número de fomalhas		Alto-forno Índice de rendimento (B01)	Regime rendi- mento tonela- das metal quente/m ³ /dia	Regime corri- gido kg/ton, metal quente	Coque/carvão vegetal Regime kg/ton, metal quente
	Instaladas	Analisadas				
<u>COM USO DE COQUE</u>						
7,00 a 8,0m	5	5	44 - 58 (51)	1,0 - 1,4 (1,17)	635 - 701 (655)	460 - 535 (538)
<u>COM USO DE CARVÃO VEGETAL</u>						
Abaixo de 3,0m	13	9	19 - 33 (29)	0,35	634 - 960 (845)	530 - 960 (779)
Acima de 3,0m	9	8	13 - 35 (17)	0,53 - 1,1 (0,9)	686 - 843 (746)	612 - 813 (752)

Notas: 1. Apenas incluídas as instalações de altos fornos a carvão vegetal que se mostram no Quadro 1.1.

2. Cifras entre parênteses (.) são médias.

Os altos fornos operando a coque têm um índice de produção na gama de 44-58, que se deve às características diferentes dos torrões de minério e da alimentação concrecionada de que se faz uso. Tanto a gama do índice de produção como os regimes de produção são inferiores aos níveis bons, em termos mundiais, e que são, respetivamente, superiores a 100 para o índice de produção e 2,5 toneladas de metal quente por metro cúbico por dia para o regime de produção.

A gama de uso de coque mostra um desvio aproximado de 10 por cento para mais ou para menos e isto se deve também às variações em matérias primas e condições de operação. As taxas de coque são mais altas do que as do padrão mundial de cerca de 450 kg por tonelada de metal quente para fornalhas com um regime de injeção de óleo combustível de aproximadamente 60 kg por tonelada de metal quente.

As fornalhas de carvão vegetal foram divididas em duas secções - para além e para aquém de um diâmetro de forno de 3,0 metros. Em ambos os casos, o índice de produção das várias fornalhas é consideravelmente diferente e as cifras de uso de carvão vegetal também abrangem uma ampla gama. É considerado que estas grandes diferenças podem ser atribuídas às várias propriedades físicas das matérias primas usadas, às facilidades existentes nas acerarias para preparação de matérias primas e ao método de operação e gerência.

Uma moderna fornalha a carvão vegetal deve poder funcionar a um regime de carvão vegetal de 525 kg/tonelada de metal quente com injeção de óleo carburante à razão de 40 kg/tonelada, injeção de carvão vegetal 60 kg/tonelada e um regime de produção de 1,6 tonelada/m³/dia. Se pode ver que o rendimento registado no Quadro 3.6 não satisfaz estes padrões.

Possibilidades de melhoramentos de curto prazo

(a) Fornalhas usando coque

Recomendamos que seja tomada qualquer medida para melhorar o índice de produção e o regime de produção dos altos fornos do Quadro anterior. Esta medida deve incluir um esforço para melhorar a preparação da carga por meios como, por exemplo:-

- (i) Retirar materiais finos com menos de 10 milímetros da carga por facultamento de facilidades adequadas de peneiramento antes de ser carregada a fornalha.
- (ii) Levar a cabo experiências metalúrgicas para determinar a dimensão ótima de partícula dos materiais de carregamento, aplicando os resultados obtidos.
- (iii) Considerar usar cargas 100 por cento concrecionadas.

A preparação de carga se encontra discutida no Capítulo 7 no quanto diz respeito ao minério de ferro. A sua importância na operação de altos fornos (assunto abordado no Capítulo 10) é que a eficiência da operação da fornalha está relacionada com a distribuição das várias dimensões de partículas dos materiais carregados. Consequentemente, se torna necessário melhorar a preparação da carga e se obtenha um benefício completo das técnicas melhoradas de operação. Se pode esperar o aumento imediato de entre 10 a 15 por cento na produtividade da fornalha fazendo uso de uma carga preparada em comparação com uma carga não preparada a trabalhar sob as mesmas condições.

Se recomenda uma prática de concrecionamento total porque da natureza de alguns minérios brasileiros resulta uma acumulação de chispas durante a manipulação da carga, antes de se proceder ao carregamento e durante a operação metalúrgica. A ado-

ção de uma prática de concrecionamento total levará à consideração do uso de concreção auto-fundente ou super-básica. A composição exata da carga a oferecer o maior beneficiamento só pode ser determinada por ensaios específicos em cada caso. Os méritos e desvantagens de cargas auto-fundentes e super-fundentes se encontram abordados no Capítulo 7.

É também importante que se alcance uma certa redução no regime do coque. Se o regime médio de coque de 538 kg, mostrado no Quadro 3.6 pudesse ser reduzido para 475 kg a poupança de mais de 60 kg por tonelada de metal quente redundaria numa redução aproximada a 5 por cento no custo do ferro. Deveria ser possível reduzir o regime do coque por meios como:-

- (i) Uso de injeção direta de óleo combustível, particularmente porque o óleo carburante brasileiro possui um teor muito baixo de enxofre. Deveria ser tentado o regime de 60 kg por tonelada de metal quente, se bem que talvez não seja possível atingir essa cifra em todos os casos.
- (ii) Fazer provisões para o uso de um sopramento enriquecido a oxigênio.
- (iii) Uso de sopramento com temperaturas mais elevadas e pressões máximas.

Estas técnicas se discutem em grande pormenor no Capítulo 10.

Com base nas informações à nossa disposição, estamos convencidos que se poderão obter, na maioria dos casos, níveis comparáveis com injeção de 50 kg de óleo carburante por tonelada de metal quente e uma temperatura de alto forno de 1.050°C. Quaisquer melhoramentos para além deste nível devem ser investigados em relação às facilidades existentes porque podem requerer modificações de importância na instalação e também o uso de injeção de oxigênio. Não podemos, sem um estudo mais detalhado, indicar o equilíbrio entre injeção de óleo e enriquecimento a oxigênio, ou as pressões máximas que possam ser obtidas em casos específicos. É, todavia, nossa opinião que a aplicação de estas técnicas, após o estudo, poderiam elevar o índice de produção média dos altos fornos à base de coque para além de 70, com os fornos maiores e os recentemente reconstruídos, atingindo um índice de 80 ou superior.

b) Fornalhas usando carvão vegetal.

O índice de produção de fornalhas usando carvão vegetal é também baixo e, mais uma vez neste caso, se podem esperar beneficiamentos por melhoramento da composição e dimensionamento da carga. Os regimes de consumo de carvão vegetal são elevados e esses poderiam ser reduzidos por injeção de combustível e por injeção de chispas de carvão vegetal.

3.4 Outros processos de fabricação de ferro

Presentemente existem fornos elétricos de fundição a operarem nas acerarias da Mannesmann e da Acesita, onde estes fornos trabalham em conjunção com altos fornos a carvão vegetal. Em 1971 estes fornos produziram cerca de 0,15 milhões de toneladas de ferro gusa.

A Mannesmann possui dois fornos elétricos de fundição, cada um deles com uma potência à volta de 17 MVA. Estes fornos têm estado em serviço desde 1956. O forno elétrico de 17 MVA da Acesita foi instalado em 1963. Nesta aceraria está a ser presentemente montado um segundo forno mais pequeno com uma potência de 4.000 kVA. A intenção é que este forno mais pequeno seja usado para a produção de ligas de ferro. Não está previsto mais qualquer aumento neste tipo de produção.

As duas instalações de fornos elétricos para manufatura de ferro trabalham sob condições consideravelmente diferentes, pois que enquanto uma opera intermitentemente devido a um programa mixto e corrente de potência inadequada a outra unidade opera em regime de produção regular. Um exame às cifras de consumo de energia do forno em operação contínua indicam que está a funcionar a um consumo aceitável; de corrente, numa base de 2.100 kWh por tonelada. O outro forno opera a um regime de consumo de potência cerca de 20 por cento superior ao da unidade maior.

As duas instalações de produção de ferro por redução direta, baseadas nos processos SL-RN e HyL, estão presentemente em processo de construção. Toda a indústria em geral irá acompanhar as operações destas duas instalações, particularmente a operação da instalação SL/RN que usa carvões indígenas para determinar a missão futura de este processo no Brasil.

Redução direta

Em 1971 se encontram em construção duas instalações por redução direta e se espera que entrem em serviço em 1973. Os pormenores destas instalações são os seguintes:

Empresa	Tipo de Equipamento	Produção anual calculada de ferro poroso
Piratini	SL/RN	65.000 ton.
Usiba	HyL	260.000 ton. (a 86% Fe, igual a 220.000 ton. de Fe)

A Indústria, na sua totalidade, vai olhar muito de perto para as operações destas duas instalações, sobretudo para a operação da instalação SL/RN que faz uso de carvões indígenas para determinar o futuro destes processos no Brasil. (Consultor Capítulo II).

CAPÍTULO 4 - AVALIAÇÃO DAS ATUAIS INSTALAÇÕES DE FABRICAÇÃO DE AÇO

4.1 Características de Instalação

Os processos de fabricação de aço empregados no Brasil são o Siemens-Martin, o BOF e um pequeno conversor Bessemer. Em 1971 foram produzidas aproximadamente 6 milhões de toneladas de lingotes. Quase toda esta tonelagem foi obtida em instalações Siemens-Martin, BOF e de arco elétrico, acrescidas por uma quantidade nominal obtida na instalação Bessemer que, segundo parece, vai ser fechada em 1972. Depois de completado o presente programa de desenvolvimento, o complexo de produção de aço alterará significativamente como se mostra no Quadro 4.1.

QUADRO 4.1 - AVALIAÇÃO DAS EXISTENTES INSTALAÇÕES PARA FABRICAÇÃO DE CIMENTO

Processo de manufatura	Tonelagem e percentagem			
	Produção de 1971		Capacidade ao ser completado o presente programa de expansão	
	Milhões de ton.	%	Milhões de ton.	%
Bessemer	0,1	1	-	-
Siemens-Martin	2,4	40	1,0	9
BOF	2,2	37	7,2	67
Arco elétrico	1,3	22	2,6	24
Total	6,0	100	10,8	100

No Quadro 4.2 se mostra um inventário das instalações produtoras de aço.

Pode ser visto que existe um vasto número de fornos Siemens-Martin que estão a trabalhar em acerarias integradas e semi-integradas. A aceraria de forno Siemens-

QUADRO 4.2 - INSTALAÇÕES PARA FABRICAÇÃO DE AÇO
(número de instalações)

Tipo de fornalha e sua capacidade em toneladas	Ano de entrada em serviço				Total
	Antes de 1940	1940/1955	1955/1970	1970/1975	
BESSEMER					
40 - 60	-	1	-	-	1
Total	-	1	-	-	1
SIEMENS-MARTIN					
Menos de 20	4	-	-	-	4
20 - 40	5	3	5	-	13
40 - 60	-	7	4	2	13
200	-	8	-	-	8
Total	9	18	9	2	38
BOF					
Menos de 20	-	-	2	-	2
20 - 40	-	-	2	1	3
40 - 60	-	-	-	-	-
60 - 80	-	-	4	-	4
80 - 100	-	-	-	4	4
100 - 200	-	-	-	4	4
Total	-	-	8	9	17
ARCO ELÉTRICO					
Menos de 5	-	5	6	-	11
5 - 10	1	8	6	-	15
10 - 20	-	7	10	1	18
20 - 40	-	3	8	2	13
40 - 60	-	-	4	3	7
Total	1	23	34	6	64

-Martin da CSN está a ser substituída por uma instalação do tipo BOF e fechará completamente assim que as novas instalações atinjam um nível satisfatório de produção. O seu uso em outras acerarias integradas deixará provavelmente de ser feito, uma vez sejam instaladas as facilidades BOF para fabricação de aço. O uso de fornos Siemens-

-Martin em acerarias, semi-integradas, mais pequenas é diferente porque serão provavelmente mais económicas de operar durante o futuro mais próximo. Algumas destas instalações mais modernas podem, provavelmente, ser modernizadas com novos sistemas de injeção de oxigénio, discutidos no Capítulo 12.

O desenvolvimento de fornalhas de aço elétrico se seguiu a inovações feitas mundialmente e as únicas alterações a esperar na situação presente poderiam ser um aumento de potência ou uma reconstrução das unidades mais velhas e mais pequenas. O último forno Bessemer, ainda existente, constitui parte de uma operação Duplex, adequada para as circunstâncias presentes mas que, oportunamente, será substituída por uma instalação BOF. Em geral, a maquinaria existente, incluindo muitos dos fornos BOF, foi posta em serviço há bastantes anos e é, portanto, pequena em dimensão e não usufrui os benefícios que se associam com um moderno forno BOF.

4.2 Prática de operação

Os processos a metal quente são predominantemente do tipo Siemens-Martin e BOF, se bem que grande parte da produção de produtos não planos provenha de sucata de fornos de arco elétrica. Os fornos de arco elétrico e Siemens-Martin se encontram também em operação em todos os tipos de cargas a frio.

Os planos de desenvolvimento, em mão, para vastas instalações de produtos planos, irão aumentar consideravelmente a tonelagem de aço BOF, ao mesmo tempo que o encerramento da única instalação Siemens-Martin, de volta, irá reduzir a tonelagem Siemens-Martin. As operações de fornos de aço elétrico, a metal quente, continuarão a depender da existência de sucata.

No setor da indústria, dedicada a produtos não planos, uma larga preparação de instalações continuará a fazer uso, em sistemas frios, dos fornos Siemens-Martin e elétricos, embora dum maneira geral, as expansões propostas nestes setores sugiram o uso de fornos de arco elétrico. As instalações Siemens-Martin continuarão a operar com relações variáveis entre sucata e ferro gusa. Existirão duas instalações de arco elétrico que farão uso direto de ferro poroso como alimentação a frio, quando entram em produção as acerarias de SR/LIN, da AFP e a instalação de HyL da USIBA.

Fabricação de aço à base de oxigénio (BOF)

Nas instalações BOF dos produtos planos, o processo usado, por este setor, se encontra de harmonia com as operações das instalações normais a fazerem uso aproveitado de 20 por cento de cargas metálicas como sucata. Nas instalações mais pequenas para produção de produtos não planos, existem certas variações para irem ao encontro das condições locais, sendo as proporções de sucata tão baixas como 10 por cento e tão altas como 40 por cento, sobretudo em casos em que haja necessidade de recorrer a medidas de expediente.

Os rendimentos das várias instalações BOF atualmente em elaboração se mostram no Quadro 4.3. A comparação foi feita numa base de produção de toneladas por hora,

períodos entre fornadas, e consumo de oxigênio por tonelada. (Consultar Apêndice 1).

QUADRO 4.3 - PRODUÇÃO DE AÇO PELO SISTEMA BOF

Capacidade	Número de fornadas		Rendimento em toneladas por hora	Fornada/ tempo de fornada (minutos)	Oxigênio: metros cúbicos normais por tonelada
	Instaladas	Analisadas			
13,5 t	2	-	-	-	-
25 t	2	2	26,3 - bruto	57,0	70,0
40 t	2	2	63,0 - média	42,0	-
70 t	2	2	120,0 - média	35,0	56,0
75 t	2	2	56,0 - mínimo	80,0	50,0

As operações das unidades BOF parecem ser, dumo maneira geral, competentes mas escassez local de ferro líquido e outras diferenças em condições operatórias têm causado uma vasta gama de períodos térmicos e alguns períodos entre fornadas são excessivamente longos. Uma instalação está a trabalhar a um baixo nível de rendimento porque existe uma escassez de metal quente e, uma outra, está a operar com um sistema de técnica de pré-aquecimento da sucata, o que aumenta o período térmico em excesso de 20 minutos; em cada um dos casos se trata de reações às condições prevalecentes. O consumo declarado de oxigênio também varia consideravelmente mas, no melhor dos casos, se compara favoravelmente com as práticas mundiais; durante visitas, por nós feitas a instalações, discutimos regimes de alimentação de oxigênio e períodos de soprimento, tendo sido observado que, de uma maneira geral, os níveis são os normais. A informação limitada existente em consumo de refratários levou a concluir uma média de 3,75 kg por tonelada, com uma longevidade de aproximadamente 400 coseduras, uma cifra que poderia ser melhor em virtude da qualidade dos materiais refratários, dolomita e magnésita, que se dizem existir no país, se bem que o número compare bem com os melhores cifras mundiais. Deve ser possível, contudo, melhorar a qualidade do tijolo ou as técnicas usadas no revestimento do forno.

As instalações existentes têm plena oportunidade para trabalharem aos níveis de rendimento mais altos que se obtenham internacionalmente, mas para manter uma boa utilização dos fornos é importante assegurar uma gerência de bom quilate e o melhor equilíbrio entre facilidades. Entre as muitas medidas possíveis, as que se seguem são as mais típicas: verificar que o movimento dos materiais ao longo da instalação seja satisfatório; garantir fornecimentos adequados de oxigênio; possuir facilidades de forjadura capazes de receberem uma quantidade máxima de aço líquido feito; aumento na longevidade dos revestimentos do forno, melhorando a qualidade dos tijolos refratários.

Produção de aço pelo método Siemens-Martin

As produções das várias instalações de fornos Siemens-Martin, em termos de produção anual, expressados em toneladas por hora, se encontram no Quadro 4.4.

QUADRO 4.4 - PRODUÇÃO DE AÇO POR SISTEMA SIEMENS-MARTIN

Capacidade nominal da fornalha em toneladas	Número de fornalhas		Produção bruta em toneladas por hora
	Instaladas	Analisadas	
Abaixo de 20 t	1	1	2,3
20 - 30 t	16	12	1,9 - 5,4 (3,4)
30 - 40 t	10	10	2,8 - 4,3 (3,9)
*60 t	4	4	4,0
*200	8	8	26,8

*Nota: Os fornos nos grupos com capacidade de 60 e de 200 toneladas se encontram, respectivamente, em acerarias individuais.

Os fornos Siemens-Martin funcionam sob condições muito diferentes de cargas quentes e frias, disposição geral e serviços auxiliares de apoio, principalmente em matéria de carregamento de sucata. A dispersão das cifras de produção sobre a gama total das capacidades nominais dos fornos confirma o efeito destas diferenças em condições. Todos os fornos visitados durante viagens ao Brasil são operados a óleo, o que deve produzir boas taxas de liquificação mas, na maioria dos casos, a manipulação da sucata e os arranjos para carregamento são inadequados e causam longos períodos de carregamento. Os resultados baixos de produção bruta e, bem assim, as baixas cifras de utilização revelam que os períodos dispendidos em reparações de vulto nos fornos são muito extensos ou que os fornos são propositadamente mantidos em reserva depois de reparados. Existem bastante exemplos de fornos Siemens-Martin mantidos em reserva, como garantia de continuidade operatória, e para contrabalançar as disponibilidades em metal quente e em sucata.

Fabricação de aço por fornos de arco elétrico

Duma maneira geral os fornos de arco elétrico funcionam com princípios convencionais de carregamento a frio, incluindo o uso de oxigênio e, em um caso, é feito pré-aquecimento externo da sucata. Os novos fornos de arco elétrico propostos possuem altos níveis de transformação de harmonia com as especificações adotadas pelas instalações modernas.

Os rendimentos das várias instalações de fornos de arco elétrico se encontram mostrados no Quadro 4.5. Os rendimentos operatórios foram comparados à base da produção bruta anual, em toneladas por hora, e o consumo elétrico à média de kWh por tonelada.

As produções de fornos de arco elétrico que foram incluídas no Quadro mostram uma dispersão de resultados muito semelhante aos obtidos em fornos Siemens-Martin. A este respeito não há que esquecer que as acerarias combinam, frequentemente, os

dois processos e que são afetadas pela grande variedade de condições do metal líquido ou da carga de sucata fria, disposição da instalação e serviços auxiliares de apoio. O consumo de energia pelos fornos expressado em kWh por tonelada tem de variar de acordo com a carga do forno e tipo de aço a ser produzido mas, geralmente, estas cifras são altas, quando comparadas com, por exemplo os principais fabricantes por arco elétrico dos Estados Unidos da América, cujas gamas de consumo vão de 400 a 500 kWh por tonelada no caso de aço ao carbono e de 500 a 600 kWh por tonelada, no caso de ligas de aço. Algumas acerarias sofrem de escassez de energia local, o que pode afetar seriamente o seu rendimento, sobretudo porque são geralmente as primeiras empresas industriais a serem fechadas quando se dão avarias ou reduções de corrente na rede geral. A sucata é muitas vezes de má qualidade e densidade baixa, o que pode afetar tanto o consumo de energia como o consumo de refratário, devido às múltiplas cargas de sucata durante o aquecimento, com o resultante prejuízo físico.

QUADRO 4.5 - PRODUÇÃO DE AÇO POR ARCO ELÉTRICO

Capacidade nominal da fornalha (toneladas)	Número de fornalhas		Produção bruta em toneladas por hora	Consumo de corrente em kWh/toneladas
	Instaladas	Analisadas		
Até 2 t	8	2	0,42 - 0,64	780 - 720
3 t - 4 t	7	3	0,24 - 0,68 (0,46)	630 - 850 (-)
4 t - 5 t	nada	-	-	-
6 t - 10 t	17	9	1,57 - 3,28 (2,8)	556 - 727 (638)
10 t - 15 t	10	3	(3,95)	-
16 t - 25 t	3	-	-	-
26 t	1	1	5,06	848
27 t - 34 t	3	-	-	-
34 t - 44 t	5	4	5,4 - 8,8 (8,0)	572 - 664 (595)

Nota: O baixo número de fornos analisados deve-se, em muitos casos, às informações existentes, numa base de aceraria que não podia ser separada dos fornos individuais.

Desgasificação por vácuo

Até 1971 a Villares era a única empresa possuidora de um sistema de desgasificação por vácuo, sistema que entrou em serviço em 1968. Nos planos de expansão de produção para 1975 não foi proposta a instalação de mais qualquer outro destes sistemas. Consequentemente, os sistemas de desgasificação por vácuo instalados em 1975 serão os seguintes:

<u>Companhia</u>	<u>Tipo de Equipamento</u>	<u>Dimensão térmica</u>
Villares	ASEA	20 - 30 ton.
Piratini	AEA/SKF	15 - 40 ton.

Possibilidades de melhoramentos a curto prazo

As presentes instalações BOF possuem plena oportunidade para trabalhar a níveis de alto rendimento, idênticos aos obtidos internacionalmente, mas para ser mantida uma boa utilização das fornalhas, é importante assegurar um bom sistema de gerência e o melhor equilíbrio possível entre as facilidades existentes. Vários dos passos possíveis são aqueles que seguidamente recomendamos: verificar que os materiais se desloquem satisfatoriamente dentro da aceraria; assegurar fornecimentos adequados de metal quente; garantir existências adequadas de sucata; ver que hajam fornecimentos adequados de oxigênio; possuir facilidades de forjadura capazes de aceitarem quantidades máximas de aço líquidofeito; aumento na longevidade do revestimento dos fornos, melhorando as qualidades dos tijolos refratários. Os desenvolvimentos na produção de aço BOF se encontram descritos no Capítulo 12.

Tanto no caso de fornos de arco elétrico como Siemens-Martin, é considerado que os problemas de manipulação de materiais são os causadores dos níveis de produção, baixos quando comparados com os níveis obtidos mundialmente. (Consultar Apêndice 1). Os melhoramentos, também neste caso, dependem de uma boa administração e recomendamos que se preste atenção a fatores como, por exemplo, aquisição de sucata de melhor qualidade, procedimentos de seleção e despejo; preparação e manuseamento de sucata e, finalmente, melhores procedimentos de carregamento do forno. Medidas, como estas, devem redundar em melhores tempos entre fornadas, aumentando os proventos comerciais das acerarias. Desenvolvimentos na fabricação pelo método Siemens-Martin são considerados no Capítulo 12. O sistema de arco elétrico é analisado no Capítulo 13.

CAPÍTULO 5 - AVALIAÇÃO DAS FACILIDADES EXISTENTES PARA FUNDIÇÃO E LAMINAÇÃO

5.1 Fundição e laminação primária

O processo de fundição usado predominantemente nas acerarias brasileiras é o de forjadura convencional de lingotes, seguida por laminação primária, se bem que um número bastante baixo de acerarias mais pequenas produza lingotes de menor dimensão adequados para laminação direta pelas instalações laminadoras de produtos acabados, sem necessidade de facilidades para laminação primária.

Os procedimentos para fundição de lingotes podem ser sub-divididos em três áreas importantes. Primeiramente, as instalações para produtos planos de grandes dimensões dispõem de equipamento convencional moderno para a produção e manipulação de lingotes; em segundo lugar, no setor de produtos não planos, existem acerarias que fazem uso de várias técnicas de fundição para produzir lingotes até 4 toneladas, o que se adapta às limitações do laminador primário; em terceiro lugar, existem instalações que fazem uso de métodos em rampa para produzirem apenas lingotes de pequenas dimensões, alimentados diretamente como barras para, com elas, ser feita a alimentação. Além disso, duas acerarias fazem fundição constante de barras para a produção limitada de aços normais ao carbono.

Ao serem concluídos os planos de desenvolvimento para 1975, o setor de produtos planos começará a produzir uma vasta tonelagem de chapas fundidas contínuas, enquanto que o setor de produtos não planos aumentará também consideravelmente a fabricação contínua de barras. O uso de fundição contínua por parte dos fabricantes de aços especiais não se espera que seja considerado enquanto as suas respectivas expansões não excederem os recursos atuais de laminação primária. As instalações de fundição contínua propostas pelas acerarias de produtos planos destinam-se a suplementar as facilidades de laminação primária, hoje existentes, e que estão a ser utilizadas totalmente ou a evitar a necessidade de aquisição de dispendioso equipamento adicional de laminação primária.

As instalações de fundição contínua, existentes e planificadas, se encontram no Quadro 5.1.

QUADRO 5.1 - INSTALAÇÕES DE FUNDIÇÃO CONTÍNUA

Companhia	Número de máquinas	Número de ramos por máquina	Dimensão térmica (toneladas)	Produto (mm)
EXISTENTES				
Produtos não planos				
Riograndense	2	2	15	120 x 120
Dedini	1	3	40	125 x 125
PROJETADOS				
Produtos planos				
CSN	1	2	200 (950,000 t/a)	150 x 1260 150 x 1055 150 x 850 150 x 790
Usiminas	2	2	150 (600,000 t/a)	160 x 910 250 x 1750
Pains	1	2	25	80 x 80 120 x 120
Cofavi	1	2	15	80 x 80
Usiba	1	6	120	80 x 80 160 x 160
Cosipa	Planificado para 1975 - 1980			

As facilidades para fundição de lingotes e para laminagens primárias que se encontram em laboração nas acerarias maiores irão, quase de certeza, se manter em operação durante alguns anos, embora a capacidade adicional requerida para os planos de expansão exija muito provavelmente a construção de sistemas de fundição contínua que serão uma solução moderna para resolver as demandas da fundição. Algumas das pequenas empresas fabricantes de lingotes pequenos para laminação direta nos laminadores secundários estão também considerando a instalação de sistemas de fundição contínua para substituir os processos atuais de produção de lingotes. É de esperar que esta tendência se desenvolva. (Consultar Capítulos 15 e 16).

Para facilidade de referência, tanto os laminadores primários como secundários se encontram no Quadro 5.2, abaixo, que inclui instalações existentes e aquelas em construção e laminadores projetados para 1975.

QUADRO 5.2 - INSTALAÇÕES DE LAMINADORAS
(Número de instalações)

Tipo de laminador	Ano de entrada em serviço				Total
	Antes de 1940	1940/1955	1955/1970	1970/1975	
PRODUTOS PLANOS					
Laminador primário	-	2	1	-	3
Laminador de chapa	-	2	1	2	5
Laminador de fita quente	-	2	1	-	3
Laminador a frio	-	2	1	1	4
Laminador de chapas especiais	-	1	-	1	2
PRODUTOS NÃO PLANOS					
Laminador primário	1	9	14	1	25
Laminador intermediário	2	10	15	1	28
Laminador de acabamento	2	12	17	1	32
Laminador contínuo	-	-	1	3	4
Laminador de tubo sem costura	-	1	1	-	2

- Nota: 1. Os aços especiais da Acesita para laminação de produtos planos se espera que continuem a existir para laminagens individuais.
2. Laminagens semi-contínuas estão incluídas com os laminadores de acabamento.
3. Laminadoras de tempera e laminadoras ligeiras a frio se não encontram incluídos no Quadro.
4. Um laminador de tubagem soldada da CSBM (Companhia Siderúrgica Belgo-Mineira) não foi incluído. O laminador de fita estreita da CSBM deixou de laborar.

5.2 Laminador secundário

As instalações de laminadoras evoluíram em um padrão no qual é comum o fornecimento a cada aceraria de vários tipos de produtos. Os laminadores grandes para pro-

duto plano são de desenho convencional, no contexto de operações em pequena escala, num país em desenvolvimento, combinando, em todos os três casos, a produção de chaparia e de fita. A aceraria da CSN possui também uma secção laminadora de tipo médio-pesado.

Porque estes laminadores são usados tanto para a laminagem de fitas como de chapas sofrem a resultante perda, em matéria de económicas, devido ao fato de que o equipamento de acabamento se encontra paralizado. Além disso, não trabalham continuamente, devido à carência de aço e, portanto, não laboram ao regime desejado de fator de carga.

Mais de metade dos laminadores de produtos planos entraram em serviço antes de 1955 e não se prevêem, neste setor, mudanças significativas em laminadores de processamento intermediário e de acabamento.

As acerarias mais pequenas no setor de produtos não-planos, nos seus laminadores, primários e intermediários produzem materiais que fornecem a vários laminadores independentes de acabamento. A produção de tubos sem costura está limitada a duas fábricas, se bem que, em ambas elas, não seja o único produto produzido pelo laminador. Alguns destes laminadores entraram a funcionar antes de 1940 e as acerarias foram construídas com a ênfase em operação manual. Existem propostas de empresas de engenharia para reconstruir as mais antigas, cessar fasicamente acerarias ineficientes e os esquemas de expansão indicados no Quadro 5.2 incluem as acerarias modernas de sistemas contínuo e semi-contínuo que oferecerão vantagens operacionais bem como tolerâncias mais exatas em produtos acabados.

As práticas adotadas nos vários setores da indústria siderúrgica são consideradas como, fundamentalmente, em linha com os métodos seguidos noutros países (Consultar Apêndice 1). As acerarias têm sido geralmente fornecidas por fabricantes de reputação mundial e o desenho de acerarias, facilidades para tratamento térmico, carreiras para cobertura e linhas de acabamento acompanham, muito de perto, as formas convencionais.

Rendimento de acerarias de produtos planos

O Quadro 5.3 mostra os resultados da laboração, em termos de toneladas de produto por hora em relação ao diverso equipamento da aceraria, para os três maiores complexos existentes para grandes produtos planos.

Com a possível exceção dos laminadores de fita quente, que são semelhantes em desenho e função, as cifras existentes sobre as instalações não são adequadas para propósitos de comparação direta. Além das diferenças básicas dos programas de laminação, algumas das chapas são adquiridas, em um caso devido à escassez de aço, o que impede ser feita uma comparação direta sobre laminagens. Todavia, exceto no caso da CSN, as acerarias de produtos planos estão, em geral, trabalhando a capacidades e utilizações muito aquém do seu desenho; esta situação deve ser modificada ao serem completados os projetos de expansão e quando os complexos das acerarias passarem a laborar num sistema mais equilibrado.

QUADRO 5.3 - RENDIMENTO DE LAMINADORAS DE PRODUTOS PLANOS

Tipo de laminador	Número de laminadoras		Toneladas por hora
	Instaladas	Analisadas	
Laminadoras primárias	3	2	175 - 242
Laminadoras de chapa	3	2	25 - 80
Laminadoras de fita quente	3	2	123 - 180
Laminadoras a frio contínuas	2	1	90
Laminadoras a frio, semi-contínuas	1	1	33

Nota: As cifras dadas são as fornecidas pela indústria e não nos encontrávamos em posição de conferir a sua veracidade.

Rendimento das laminadoras de produtos não planos

Os vários tipos de laminador no setor não plano se encontram expostos em grupos semelhantes e as operações se comparam, entre si, numa base de toneladas brutas de produção por hora. Os resultados se mostram no Quadro 5.4.

QUADRO 5.4 - RENDIMENTO DE ACERARIAS DE PRODUTOS NÃO-PLANOS

Tipo de laminadoras	Número de laminadoras		Produção bruta
	Instaladas	Analisadas	
Laminadoras primárias	41	1 5	71 10 - 28 (-)
Laminadoras de secção média-pesada	1	1	50
Complexos gerais de lami- nadoras inferiores a 25.000 t	7	7	3,6 - 7,3 (5,5)
25.000 - 100.000	14	11	5,66 - 15,0 (8,7)
Acima de 100.000 ton.	9	3	(21,4)

Nota: São apenas analisadas poucas laminadoras primárias porque não foi possível fazer a separação do rendimento de estas e da laboração global da aceraria. As cifras utilizadas são aquelas que nos foram fornecidas pela indústria e não estamos em posição de verificar a sua exatidão. As cifras entre parênteses (.....) são médias por grupos.

As acerarias na área generalizada de produtos não planos operam com programas de laminagem vastamente diferentes. O agrupamento de toneladas anuais tende a levar os complexos das acerarias para grupos semelhantes ou aproximados de produtos mistos. As laminadoras com uma capacidade inferior a 100.000 toneladas por ano, produzindo peças leves, hastes e barras, estão bastante dispersas em matéria de cifras de produção bruta, um fato que seria de esperar devido à gama de possíveis misturas em produção. As variedades de produção refletem também o padrão de utilização do equipamento e da mão-de-obra, do que se deduz que muitas destas acerarias estão laborando quase à capacidade máxima. Algumas acerarias estão fazendo uso de materiais semi-acabados, adquiridos a terceiros, devido à falta de capacidade na própria aceraria para a produção de aço.

Não é possível comentar sobre os rendimentos das acerarias sem fazer referência aos pormenores e delineamento geral da sua construção, tentando racionalizar as misturas de produtos. As acerarias produzem desde lingotes ou barras a materiais acabados, numa variedade muito ampla, que, mais uma vez se deve à mistura do produto e aos métodos de operação.

Possibilidades de melhoramentos a curto prazo

Existem sempre oportunidades para aumentar as capacidades duma aceraria com investimentos de pouca monta como, por exemplo, na aquisição de cizalhadoras, camas de resfriamento e fornos de reaquecimento; pela racionalização e simplificação da mistura de produtos em qualquer laminadora e, bem assim, por uma manutenção bem planificada. Todavia, o remédio exato é individual a cada uma aceraria e não é possível comentar numa gama completa de possíveis melhoramentos; recomendamos que, em cada caso, sejam consultados especialistas no delineamento de acerarias. (Consultar Capítulos 17 e 18).

5.3 Fabricação de tubos

Existem duas usinas de fabricação de tubos sem costura. O mais pequeno de entre os dois foi instalado no período 1940-1955 e o maior entrou em serviço entre 1955 e 1970. Os processos empregados são de extrusão para tubos até 100 mm de diâmetro e de laminação até 275 mm de diâmetro. Apenas a maior das duas usinas está completamente equipada até acabamento final e é capaz de produzir tubos de todos os tipos e de todas as especificações, podendo também produzir determinados produtos tubulares. (Consultar Capítulo 19). Deve ser notado que estas acerarias produzem outros artigos para além de tubagens.

Devido à dificuldade de obter informações compreensivas sobre o vasto número de pequenas instalações que contribuem para a produção total de tubagem soldadas,

e por esse motivo fomos forçados a excluir estes elementos das nossas considerações em pormenor. Todavia, no caso de operações de maior vulto, fomos informados de que a usina de tubos soldados da CSBM (Companhia Siderúrgica Belgo-Mineira) irá fechar dentro dum futuro próximo e que está a ser construída uma instalação nova para produção de tubagem soldada pela Mannesmann.

5.4 Processos de cobertura

As linhas contínuas de cobertura das acerarias da CSN são as únicas para cobertura de produtos planos existentes no Brasil. Presentemente se encontram em operação duas linhas de estanhagem eletrolítica e duas linhas de galvanização por imersão quente, mas mais duas linhas adicionais de estanhagem eletrolítica e uma linha de galvanização contínua se encontram incluídas no plano de desenvolvimento para 1975. As novas instalações de cobertura incluirão todo o moderno equipamento auxiliar necessário e, ao mesmo tempo, se estão fazendo certas modificações às existentes linhas para aumentar a produção e a eficiência. (Consultar Capítulo 20).

5.5 Produtos acabados

Dentro das categorias gerais de produtos planos e não planos, os vários itens têm certas gamas dimensionais de aplicação generalizada que se mostram nos Quadros 5.5 e 5.6.

QUADRO 5.5 - GAMA DE PRODUTOS PLANOS

Tipo de aceraria	Gama de dimensões
USINAS PRIMÁRIAS	Pranchas Grossas 1,2 - 1,65 m de largura máxima 200 - 400 mm de espessura 5,50 - 7,0 de comprimento
USINAS DE CHAPAS GROSSAS	Chapas Grossas 1,2 m, 1,6 m e 2,7 m de largura 6,0 mm a 78,0 mm de espessura 10,6 m a 12,5 m de comprimento máx.
USINAS DE FITA À QUENTE	Fita Laminada a Quente 1220, 1600 e 1829 mm máximo de larg. 1,52 mm a 9,5 mm de espessura 12 t, 13 t e 10 t de peso máximo
USINAS DE FITA À FRIO	Fita Laminada a Frio 1310 e 1660 de larguras máximas 0,30/0,38 a 2,66 mm de espessura 18 t e 21 t peso máximo da bobina

QUADRO 5.6 - GAMA DE PRODUTOS NÃO-PLANOS

Tipo de aceraria	Gama dimensional
USINA PRIMÁRIA Barras Blocos	Até 150 x 150mm quadrados - dimensão normal 220 x 220mm quadrados 180 x 300mm.
USINAS DE PERFILAMENTOS CSN	Trilhos TR25, -TR57, 24,7 - 56,9 kg/m 100 x 100mm - 150 x 150mm perfilamentos Universais 90 x 40 - 380 x 85mm Calha 75 x 60 - 510 x 175mm Barrotes 65 x 65 - 200 x 200mm Cantoneiras
OUTROS	Perfis até 125mm dimensão máxima Planos 3mm a 25mm de espessura e até 100mm de largura Quadrados até 125mm Barras até 150mm diâmetro Cantoneiras até 100mm dimensão máxima Barras de reforço até 37,5mm de diâmetro Fio de arame até calibre 5 (5,5mm de diâmetro)
TUBOS	Até 150mm e 250mm de diâmetro Comprimento máximo até 6,0m
FIO	0,2mm a 4,8mm de diâmetro

Limitações dimensionais

Embora a indústria possa fornecer a vasta maioria da gama de produtos exigida pelos clientes, existem certas limitações dimensionais.

No que respeita a produtos planos, as maiores dificuldades em matéria dimensional são apresentadas pelas larguras. As placas estão presentemente limitadas a uma dimensão máxima de 2,7 m mas as instalações, por alturas de 1975, de usinas para chaparia na Cosipa e na Usiminas aumentarão essa medida até aos 4,0 m.

No setor não plano da indústria as limitações em dimensão não parecem proporcionar sérias restrições. No momento presente, a indústria pode produzir perfis médios até 500 mm na aceraria da CSN. Todavia, se for necessário satisfazer procura de perfis de aço de maiores dimensões estruturais, se tornará necessário considerar facilidades adicionais de produção na forma de novas laminadoras ou novas usinas para fabricação soldada.

Limitações na qualidade do aço

As facilidades de fabricação disponíveis ao ser atingido o ano de 1975 devem permitir a produção, virtualmente, de todas as qualidades de aço. Além disso muitas das empresas na indústria têm acordos para intercâmbio de conhecimentos técnicos sob todos os aspectos das qualidades de aço com acerarias de reputação internacional como a United States Steel, a Crucible Steel, a Bofors, a Nippon e a SKF.

Como a indústria dispõe da necessária área de instalações e equipamentos, bem como acesso a altos técnicos da especialidade, a qualidade do aço não deverá causar, dentro de pouco tempo, dificuldades à indústria.

Produtos para além das possibilidades das instalações

O Quadro 5.7 mostra a tonelagem, de fato, para 1969 e as tonelagens calculadas para 1975 dos materiais que têm de ser importados porque não existem facilidades de sua produção no Brasil. As cifras no Quadro 5.7 foram extraídas das estatísticas totais de importação, mas, em muitos casos, a classificação oficial não permite fazer uma definição exata do produto ou da tonelagem. Nas estatísticas se mostram apenas aqueles produtos cuja importação excedeu as 100 toneladas por ano. Se presume que todos os produtos mostrados no quadro continuarão a ser importados em 1975, com exceção de fita laminada à frio com uma medida larga. As tonelagens calculadas para 1975 assumem o mesmo crescimento da procura interna para produtos de aço, que se presume ser de 11 por cento, compound por ano, em relação às cifras de importação de 1969.

Deve ser notado que as importações totais de aço em 1969 acusam aproximadamente 500.000 toneladas. Em princípio, a indústria tem recursos para produzir todos os artigos exceto os produtos no Quadro 5.7 e estes totalizam apenas 100.000 toneladas. As outras importações podem ser explicadas em termos de preço, qualidade, entrega, volume da encomenda, políticas governamentais e acordos comerciais.

As tonelagens relativas a 1969 não justificam um investimento de capital de grande envergadura em qualquer um dos produtos. Estas importações são, contudo, uma reflexão do fato de que a indústria brasileira carece das seguintes instalações:

- instalação moderna para fita de aço inoxidável;
- facilidades para chaparia orientada para grão;
- facilidades para fitas estreitas, à quente e à frio, digamos 600mm, principalmente no campo de qualidades especiais;
- uma aceraria para produtos estruturalmente pesados, de preferência uma aceraria para barrotes e perfis Universais, capaz de produzir laminagens universais até 600mm;
- usinas para produção de tiras para tubagem ou de tiras estreitas a quente, digamos, até 300mm;
- uma usina para fabricação de hastes de alta precisão para ligas de aço.

QUADRO 5.7 - PRODUTOS PARA ALÉM DAS CAPACIDADES DA INSTALAÇÃO
(toneladas)

Definição do produto e qualidade	Tonelagem 1969	Tonelagem prevista de importação para 1975
<u>SEMI-ACABADOS</u>		
Ligas de aço	400	750
<u>PRODUTOS PLANOS</u>		
Chapas grossas	570	1.070
Chapas CR e bobinados acima de 1,5m de largura	não se obteve tonelagem	28.000
Planos em liga inoxidável	14.000	nada
Chapas orientadas para grão e chapas não orientadas	12.400	23.200
Outras ligas	1.000	1.870
Fitas estreitas em aço especial	3.100	5.800
<u>FOLHAS COBERTAS</u>		
Folhas estanhadas fora da gama	13.200	24.690
Outras coberturas	2.900	5.420
<u>NÃO-PLANAS</u>		
Brocas para camadas rochosas	2.000	3.740
Perfis grandes e estacarias	13.500	25.250
<u>TUBOS</u>		
Aço especial	840	1.570
Aço especial extrudido	730	1.300
Galvanizado + 230mm	7.400	13.840
Total excluindo folhas CR	72.040	108.500
Total incluindo folhas CR	-	136,500

As implicações provindas destas falhas, a longo prazo, em relação à planificação da indústria se encontram abordadas na Secção C acompanhadas das respectivas recomendações.

Tolerâncias do produto e o seu efeito sobre vários itens nas instalações

As necessidades dos clientes tendem, cada vez mais, a demandarem maiores tonelagens de produtos acabados com tolerâncias cada vez mais precisas. O número total de usinas de laminagem pode ser subdividido em categorias generalizadas a fim de se obter uma ideia da tolerância do produto acabado.

Os grupos mostrados no Quadro 5.8, imediatamente abaixo, são essencialmente baseados em tipos de produto, divididos, à base da graduação comercial em matéria de tolerâncias, como, por exemplo, materiais para a indústria automóvel e barras de reforço. O número de instalações em cada grupo se encontra também devidamente anotado.

QUADRO 5.8 - GRUPOS EFETIVOS DE PRODUTOS

Grupo	Descrição	Número de acerarias
1	Produtos planos	3
2	Tubos	2
3	Aços especiais - alta tolerância	4
4	Aços não especiais - alta tolerância (automóveis)	4
5	Aços não especiais - comerciais normais	16
6	Aços não especiais - baixa tolerância (isto é, barras)	14
	Total	43

Se foi de opinião de que não existirão alterações significativas nos números de 1 a 4 no grupo de produtos especiais. A demanda para produtos como, por exemplo, barras fabricadas nos restantes dois grupos destinadas a reforços, representando umas 30 instalações, permanecerá elevado e não é de esperar que qualquer pressão para melhorar as tolerâncias do produto vá ser imposta a estas acerarias. Desnecessário dizer que quaisquer instalações novas serão relacionadas, automaticamente, com os grupos de tolerância mais elevada.

CAPÍTULO 6 - AVALIAÇÃO DAS PRÁTICAS ADOTADAS PELAS ACERARIAS E SEU RENDIMENTO

Os membros da Atkins Planning e os dois estrategistas, do maior renome, pedidos para nos aconselharem visitaram um número de empresas, principalmente no triângulo São Paulo - Belo Horizonte - Rio de Janeiro. Se não tratou de uma análise completa à indústria e as informações recolhidas não foram adequadas a servirem de base a uma generalização categórica à cerca da indústria. Contudo, por virtude da nossa análise, se tornou possível uma apreciação do rendimento em termos quantitativos.

Conversações com os conselhos de administração e com os chefes departamentais comprovaram que muitas companhias estão bem à par das muitas oportunidades para melhoramentos, como descritos em parágrafos anteriores. Embora em muitos casos se tenham já tomado os passos necessários para a sua implementação, outras áreas existem nas quais a perspicácia das gerências ainda se não apercebeu sempre da sua importância. Nós identificamos quatro destas áreas - a lacuna no rendimento, elementos informativos da parte da administração, racionalização e o papel que exercem os novos processos de fabricação. Nos artigos que se seguem, se discutem as práticas operacionais e os rendimentos obtidos no Brasil à luz das rubricas acima expressadas.

6.1 Lacuna no rendimento

Como é apenas de esperar dentro de uma indústria que conta com três grandes acerarias integradas, várias usinas de dimensões médias e um vasto número de empresas mais pequenas, o rendimento destas instalações tem, fatalmente, de variar consideravelmente. Em capítulos anteriores damos uma indicação, e discutimos, a vasta gama de rendimentos existentes. Em este aspecto o Brasil não é diferente a muitos outros países industrializados. Como sucede nestes últimos, os objetivos da administração tem de ser o elevamento dos rendimentos na estera presentemente baixa para os níveis das companhias de maiores realizações e estas, por sua vez, para os níveis mais altos nas práticas mundiais. Frisamos que o Brasil possui problemas metalúrgicos, principalmente devido às fracas disponibilidades de carvões coqueificados que são de interesse muito especial às suas operações. Não obstante tal predicamento, estas dificuldades não podem ser consideradas como problemas de importância quando comparadas com as que enfrentam outras nações que, com o maior êxito, fabricam aço, nem

tais dificuldades devem ser aceitas como razões para que se não obtenham altos padrões de rendimento.

A lacuna no rendimento, ou seja, a margem que a indústria, dentro do seu potencial, não produz em termos de quantidade, qualidade e custo de produção, é primordialmente uma função dos resultados obtidos, uso da capacidade das instalações existentes, produção da mão-de-obra e controle de qualidade; consideramos também o reflexo sobre os serviços administrativos, de treino e os serviços de apoio técnico.

Rendimento do processo

Os rendimentos nas várias áreas de processos se encontram mostrados no Quadro 6.1. As cifras nos foram fornecidas por várias empresas e não nos foi possível estabelecer se tinham sido calculadas numa base comum. A gama quantitativa obtida é, contudo, relativamente pequena e os rendimentos se apresentam no padrão que seria de prever.

QUADRO 6.1 - RENDIMENTOS NAS ÁREAS DO PROCESSO

Área do processo	Número de acerarias		Material	Produto	Porcentagem do rendimento do processo
	Instaladas	Analisadas			
Fabricação de ferros em altos-fornos Método de coque	3	3	Fe em carga com teor de Fe	Metal quente	90 - 92
Produção de aço Siemens-Martin Arco elétrico BOF		6	(carga	Aço)	87 - 94
	26	9	(	)	78 - 95
	5	4	(metálica	quido)	88 - 90
Laminagem					
Chapa	3	2	Prancha Grossa	Pranchas	83 - 85
Tiro quente	3	2	Prancha Grossa	HRC*	96
Tira fria	3	2	HRC*	CRS*	96 - 97
Tarugos	) 11	7	Lingotes	Tarugos	85 - 96
Bloco	) 1	3	Lingotes	Blocos	91 - 96
Vergalhão	(28	6	Tarugos	Vergalhões	88 - 95
Barra	(	5	Tarugos	Barra	86 - 94

Nota: As cifras de rendimento acima foram estabelecidas na base de cálculos de acerarias individuais e não foram preparadas numa base comum. Conseqüentemente, essas cifras não podem ser usadas para fins de comparação direta.

*HRC - bobina laminada a quente; CRS - chapa laminada à frio.

Nos capítulos 3 a 5, se descreveram métodos para melhoramentos a curto prazo nos processos de produção mas, cabe bem aqui reafirmá-los, em sùmula, pela forma seguinte:-

- i) Em produção de ferro - melhoramento nos métodos de preparação de carga
- ii) Em produção de aço - uso de práticas mais consistentes para melhorar as técnicas de forjadura e a qualidade das superficies
- iii) Em laminagem - simplificação da mistura do produto e verificação de que a longevidade da laminagem seja máxíma.

Uso da capacidade de instalações

A eficiência com que a capacidade existente na indústria está sendo utilizada pode ser calculada comparando os rendimentos presentes das áreas dos vários processos com as suas capacidades em teoria. As informações obtidas para esta revista foram colhidas de uma série de relatórios feitos para o Instituto Brasileiro de Siderurgia que fazem um estudo da indústria e que se encontram resumidos no Quadro 6.2.

Ao ser feita a preparação desta tabela, se tornou evidente que as capacidades calculadas das quais se fez uso para obter as percentagens foram, em muitos casos, os regimes dados pelos fabricantes da maquinaria; este fato justifica a anomalia aparente de percentagens de uso de maquinaria que excedem 100 por cento. Para o fim de estabelecer uma análise comparativa de uso se torna apenas necessário comparar um quadro de capacidades baseadas em parâmetros comuns.

Se pode verificar que a gama de uso para todas as áreas do processo são muito amplas e, em média, a indústria está a trabalhar abaixo do nível desejado.

As acerarias, em geral, funcionam a regime baixo, se bem que, esse fato, possa, com freqüência, ser atribuído à falta de materiais alimentadores, não devendo ser esquecido que as acerarias, à base dos seus desenhos originais, são com freqüência capazes de uma produção acima das tonelagens requeridas. Seja como for, se tem a impressão de que os métodos de operação e os sistemas de manutenção e existências de peças sobressalentes estão a contribuir significativamente para este baixo nível de utilização. Similarmente nas unidades de fabricação de aço existe um número de condições como, por exemplo, escassez de metal quente e as práticas especiais de operação, destinadas a vencer a falta do dito metal quente que aliados aos problemas gerais de manutenção contribuem para os baixos níveis de utilização.

Algumas acerarias operam a regimes de boa utilização da maquinaria mas os rendimentos típicos têm tendência para as cifras mais baixas e, em consequência deste fato, se trata de uma área onde um esforço decisivo para melhorar as práticas correntes redundaria em substanciais aumentos totais.

QUADRO 6.2 - UTILIZAÇÃO DE MAQUINARIA - 1969

Descrição da instalação	Número de acerarias		Percentagem de uso da Maquinaria
	Acerarias Instaladas	Acerarias Analisadas	
<u>ALTOS FORNOS</u>			
Método de coque	3	3	75 - 157 (122)
Método de carvão vegetal	10	7	47 - 102 (77)
<u>FABRICAÇÃO DE AÇO</u>			
Siemens-Martin	13	8	48 - 104 (81)
BOF	5	5	37 - 158 (87)
Arco elétrico	26	10	54 - 96 (74)
<u>LAMINADORAS</u>			
Pranchas	4	4	12 - 83 (46)
Tiras quente	3	2	32 - 55
Tiras frio	3	2	53 - 110
Perfis pesados - CSN	1	1	42
Perfis leves e barras (comuns)	18	5	41 - 158 (72)
Barras (não vulgares)	13	8	32 - 65 (49)
Vergalhões	27	14	31 - 131 (66)
Tubos	2	2	76 - 97 (86)

- Nota: 1 O uso de maquinaria é dado como uma percentagem do regime de produção total.
2. As cifras mostradas são uma gama dos valores da percentagem usada e média do grupo.
3. As mesmas acerarias produzem chapa e fita.
4. As acerarias Usiminas de fita à frio possuem, neste aspecto uma instalação de sistema reversor de baixa capacidade.

Produtividade de mão-de-obra

As áreas de vários processos dentro das acerarias foram analisadas com o fim de estabelecer o número de empregados em cada categoria, isto é, gerência e pessoal especializado e não especializado. As áreas dos vários processos foram divididas, para os propósitos desta análise, em grupos com tipos de operação semelhantes. Os pormenores se encontram no Quadro 6.3.

A exatidão da divisão de pessoal nas categorias mostradas depende da interpretação das funções desse pessoal pela gerência individual das várias acerarias; se bem que os números em cada grupo possam não ser absolutamente exatos, os totais por áreas devem ser aceitáveis para fins comparativos.

A gama do número de empregados e a sua divisão em várias categorias mostra uma dispersão muito ampla. Este fato é de esperar quando existe uma diferença enorme entre métodos operatórios mesmo dentro de grupos semelhantes de acerarias. Regra geral, supervisores administrativos são na ordem de 10 por cento do pessoal empregado.

As cifras médias para operários especializados e não especializados mostram uma tendência para a ponta mais alta dos números normalmente utilizados, o que indica um uso comparativamente baixo em eficiência do pessoal existente. Este fato se comprova pela análise da produtividade da mão-de-obra, no Quadro 6.4.

QUADRO 6.3 - MÃO-DE-OBRA - NÚMEROS EMPREGADOS

Grupos de processo	Número de Acerarias		Totais	Supervisão Adminis.	Pessoal Espec.	Pessoal Não Espec.
	Instaladas	Analisadas				
PRODUÇÃO DE FERRO						
Método a coque	3	1	761	79	382	300
Método a carvão vegetal	13	3	107 - 459 (230)	1 - 37 (13)	7 - 237 (82)	39 - 135 (135)
FABRICAÇÃO DE AÇO						
550,000 t a 800,000 t	35	2	389 - 505	34 - 44	199 - 268	156 - 193
20,000 t a 150,000 t		13	24 - 395 (159)	1 - 53 (7)	3 - 115 (32)	15 - 543 (148)
LAMINADORAS						
Grupo 1	38	11	65 - 515 (227)	1 - 24 (5)	2 - 80 (23)	46 - 506 (198)
Grupo 2		3	466 - 913 (635)	24 - 131 (83)	4 - 389 (197)	175 - 497 (355)
Grupo 3		2	1247 - 1582	91 - 94 (93)	651 - 1229 (693)	259 - 505 (377)

Notas: 1) Grupos laminadoras = 1. a 35,000 t

2. 35,000 a 100,000

3. a aproximadamente 500,000 t

2) As cifras entre parênteses são médias por grupos.

A fim de investigar a produtividade da mão-de-obra dentro da indústria adotamos o critério de toneladas de lingotes produzidos por homem, por ano. Tivemos à nossa disposição informações relacionadas com dois têrços da lista total de companhias e estes resultados foram agrupados de harmonia com a natureza das acerarias. Os pormenores se encontram no Quadro 6.4.

QUADRO 6.4 - RENDIMENTO DA MÃO-DE-OBRA

Descrição da aceraria	Número de acerarias		1969	
			Média da produção bruta de toneladas de lingotes por homem por ano	
	Existentes	Analisadas	Gama de produção	Média
INTEGRADOS				
Produtos planos	3	3	84-130	101
Produtos não-planos ⁽¹⁾	8	6	29-99	61
Tubagens	2	2	38-58	-
SEMI-INTEGRADOS				
Aços comuns	22	13	18-127	51
Aços especiais	3	3	20-63	29
NÃO-INTEGRADOS⁽²⁾				
Aços comuns	6	3	85-113 ⁽³⁾	95 ⁽³⁾

- Notas: 1. As instalações não-integradas são apenas relaminadoras.
 2. A Acesita está incluída com os produtos não-planos.
 3. Equivalente em lingotes.

A produção por homem por ano nas acerarias integradas produzindo artigos planos vai de 84 a 130. Esta proporção é maior do que a esperada e pode ser devida ao fato de que duas destas acerarias, incluídas na análise, possuem um número significativo de empregados dedicados a atividades semi-sociais.

As acerarias integradas de produtos não-planos apresentam uma vasta gama de rendimentos por homem por ano. Deve ser notado que enquanto as cifras mais altas podem ser atribuídas à economias na escala de produtividade; a gama indica que um número de acerarias não produz a eficiência que podia ser esperada do pessoal existente.

As duas usinas de tubos incluídas na análise são diferentes em produção e gama de produto e, conseqüentemente, é de esperar uma diferença nas cifras de produção.

Muitas das acerarias semi-integradas produzindo não-planos em aço comum têm uma vasta gama de valores para a produção prevista por homem, por ano. Isto é também de ser esperado com tantas misturas de produto e níveis produtivos neste grupo, se bem que o fator empregado neste setor não pareça excessivamente elevado.

No setor aços especiais, a única aceraria construída recentemente para produzir apenas estes produtos revela uma boa economia na mão-de-obra. As duas outras acerarias são mais antigas e não estão especializadas até ao mesmo ponto em produtos acabados de aços especiais.

As instalações de relaminagem, não integradas, têm uma gama pequena em cifras de produção, o que revela uma semelhança muito estreita em matéria de operação.

Controle de qualidade

A indústria se tem desenvolvido largamente em colaboração estreita com empresas estrangeiras e os seus clientes mais importantes estão ligados diretamente a organizações produtoras ultramarinas. Esta relação estreita com o consumidor é especialmente de nota na indústria automóvel onde, por exemplo, a Volkswagen e a Mercedes-Benz especificam os padrões DIN e a General Motors, a Ford e a Chrysler especificam os padrões dos EUA. Disto resulta que os sistemas de normas e padrões, tanto europeus como norte-americanos são usados pela indústria.

O uso de padrões estabelecidos e reconhecidos internacionalmente tem sido benéfico porque evitou a despesa, esforço e tempo perdido em criar um sistema nacional compreensivo. De fato, as acerarias trabalham dentro dos padrões dos seus clientes mais importantes.

Os padrões e as normas nacionais brasileiros estão presentemente numa fase apenas embrionária, se bem que esteja a ser discutido um sistema global de padrões nacionais. Já foram estabelecidos alguns padrões para as propriedades físicas de produtos de aço mas estes estão longe de serem cumpridos universalmente pela siderurgia nacional.

Do ponto de vista de colocação no mercado, em virtude do sistema de operações em vigor, esta situação pode se manter possivelmente satisfatória enquanto a escala de operações seja pequena e os fabricantes se encontrem ligados a um ou a limitado número de clientes. Esta configuração tem fatalmente de mudar com o crescimento da indústria e a necessidade de um sistema compreensivo de normas se torne aparente. O sistema será essencial para as operações não só de mercados e de vendas, mas também para servir os mercados de exportação na América Latina e noutros locais, provindos de uma indústria brasileira mais desenvolvida. É importante, contudo, usar como padrão-base um jogo de normas internacionais ou de determinada nacionalidade estrangeira e, se necessário, adaptar essas normas às condições prevalentes no Brasil, de preferência ao envolvimento no esforço necessário à instituição de uma nova gama de normas e padrões.

É também de importância elevar o nível de controle de qualidade obtido durante os processos de produção, a fim de assegurar que o produto satisfaça todas e quaisquer normas que possam vir a ser impostas. Há que ter em mente que a qualidade está inter-relacionada de perto com os resultados produzidos pelo processo e que qualquer tentativa para o melhoramento de um não pode ser feita em prejuízo do outro.

A maioria das empresas faz, nos aspetos metalúrgicos e físicos, um certo grau de controle de qualidade. Todavia, apenas umas poucas empresas parecem possuir departamentos adequadamente equipados e pessoal especializado para levar a cabo semelhantes funções, além de que parece que o interesse na instituição e operação de departamentos para controle de qualidade só se revela num limitado número de acerarias. De conversações e visitas feitas se ficou com a impressão de que as funções de controle de qualidade não estão a comprovar uma efetividade total e a indústria, globalmente, não está dedicando recursos suficientes em administração, engenheiros e facilidades para o exercício desta função. Sem dúvida este assunto é abordado com frequência pelos consumidores que, em termos gerais, requerem padrões melhores. Se bem que a criação de um sistema de controle completamente integrado seja, na sua essência, um objetivo a longo prazo, qualquer atenção que seja dada ao controle da qualidade tem de produzir benefícios imediatos, do ponto de vista de comercialização e de venda.

Serviços de direção e de treino

Foi feita uma revista, em termos gerais, aos serviços tecnológicos e de direção à disposição da indústria. Até certo ponto, estes serviços existem nas vastas acerarias integradas e em fabricantes de produtos especializados de aço, mas, em contra partida, é muito grande o número onde serviços de direção e departamentos técnicos são, virtualmente, não existentes.

Programação de produção, controle de existências e manutenção planificada são funções de investigação operacional que merecem atenção em algumas das empresas mas que, considerada a indústria no seu todo, ainda não contam com pessoal suficiente ou executivos que mantenham estes serviços. É bem possível que tal situação se deva à escassez de pessoal qualificado e de facilidades para treino.

No quanto respeita ao treino de pessoal existem esquemas para treinar engenheiros e operadores tanto "no trabalho" como no estrangeiro, se bem que os referidos sistemas se limitem às acerarias mais modernas ou mais conscientes dos avanços tecnológicos e várias empresas não possuem cursos de treino e parece dependerem das empresas maiores para aquisição de pessoal experiente e treinado. O número de pessoas a serem preparadas para cargos de direção parece ser relativamente pequeno, a um ponto tal, que não parece que a sua presença se faça sentir dentro da indústria.

Serviços técnicos

Investigações e desenvolvimento constituem hoje parte dos acordos técnicos com companhias estrangeiras. Estão sendo criadas e equipadas unidades em algumas das empresas que possuem certos serviços de desenvolvimento aplicado e de estudos de produ-

ção. Ao momento presente não se estão fazendo serviços de investigação fundamental e se coloca grande dependência nas facilidades bem reconhecidas dos colaboradores estrangeiros.

Se está começando a evoluir a aplicação de computadores, de automatização e de técnicas de controle de processos e, tanto a gerência como os operadores reconhecem a importância destes serviços. Se estão fazendo também esforços para investigar estas tecnologias em países estrangeiros, mercê de visitas e de períodos de treino com o objetivo da sua aplicação à indústria nacional.

Recomendações para a redução da lacuna no rendimento

No estado presente do desenvolvimento da indústria siderúrgica em todo o mundo, o método mais econômico de fechar a lacuna de rendimento é obtendo a melhor assistência internacional em engenharia e operação (incluindo executivos) dada por empresas com recordes bem estabelecidos dos seus êxitos. Verificamos durante as nossas visitas e por conversações que tivemos que esta medida está sendo levada a cabo mas, há que confessar, encontramos a sua aplicação muito irregular entre a Indústria em geral. É ponto de menção que o setor de não-planos a trabalhar com aços comuns se encontra muito aquém dos setores de aços especiais e de produtos planos. Parte da assistência estava a ser obtida na forma de acordos licenciados e, noutra parte, na forma de acordos específicos com firmas consultoras. Neste último caso, quando os consultores tomam parte direta na produção, tivemos a impressão de que a gerência nem sempre insistiu que os consultores especificassem com um grau de precisão adequado os níveis de rendimento que, em sua opinião, poderiam ser obtidos. Tampouco havia sempre uma indicação do período de tempo no decorrer do qual a gerência das empresas siderúrgicas pudesse esperar ter atingido esses resultados, graças às modificações nas usinas e às mudanças de pessoal que tinham sido sugeridas.

Tem de ser o objetivo primordial de todo o pessoal de produção e de toda a gerência de uma aceraria o obter os melhores resultados possíveis das máquinas instaladas. Isto é particularmente a verdade no quanto respeita ao futuro imediato antes de que sejam feitos melhoramentos e modificações de importância e que estes sejam postos em funcionamento. Deve ser compreendido que a avaliação do rendimento de uma companhia de aço ou de uma indústria deve ser baseada não só na quantidade de produção mas também, em grande parte, na qualidade do produto. A avaliação da qualidade requer um estudo muito detalhado e metucioso, muito para além do âmbito da nossa visita de curta duração, mas obtivemos, apesar disso, muita prova evidente da qualidade insatisfatória no setor de produtos planos. Se bem que este fato possa ser atribuído a razões locais, queremos registar aqui o fato de que a realização duma boa qualidade deve normalmente ser precedida pela expansão das acerarias para se obter maior nível de produção. Boa qualidade é, frequentemente, função da maquinaria existente, do equipamento e das facilidades disponíveis e esperamos que existam algumas situações difíceis, ocasionando problemas neste momento, que se poderiam resolver com uma despesa modesta e marginal de fundos capitais. Conselhos externos dados por profissionais podem ser usados, com muito bons resultados, na identificação e solução de problemas em determinados setores.

Em virtude da importância de melhor rendimento a curto prazo, a fim de que a futura expansão da indústria possa ser baseada em fundações mais sólidas e, portanto, mais de esperar que seja bem sucedida, recomendamos atenção imediata às várias sugestões que já fizemos nos capítulos precedentes.

Como já foi afirmado, não é possível, dentro do âmbito deste relatório, ir além de indicar as áreas gerais onde melhoramentos são possíveis de obter com prontidão. Assuntos como, por exemplo, atenção à preparação das cargas, melhoramento no regime de coque e consistência nos métodos de forjadura, repagarão sem perda de tempo os estudos pormenorizados que são necessários à sua implementação.

Quando se contratar consultores para aconselhar nestas matérias, êsses ditos consultores deverão ser específicos nas suas recomendações, isto, por sua vez, significando que os consultores têm de receber termos de referência bem claros e bem definidos. Recomendamos também estudos pormenorizados para estabelecer, urgentemente, tabelas de manutenção. Falta de materiais para alimentar o sistema devem ser também investigadas se bem que estas tendam a constituir um problema menor à medida que as capacidades se comecem a equilibrar devido à influência de melhores rendimentos e devido também aos programas de expansão.

De um modo geral, as produções por homem por ano, mostradas no Quadro 6.4 são baixas mas deve ser apreciado que constituem um resultado natural da evolução da indústria e do fato de se usar, relativamente falando, pessoal não especializado ou inexperiente. Todavia, a proporção do custo total por tonelada de produtos acabados, representada pelo fator obreiro, é calculada entre 15 e 20 por cento, uma cifra que não é excessiva em termos mundiais. Consequentemente se afigura que oportunidades para reduzir os custos de operação mercê de um aumento de produtividade obreira são limitadas, embora a economia cumulativa da indústria em salários, mesmo numa base de 5 por cento, proporcionaria a existência de somas substanciais para dedicar a fins de treino. Se este problema fosse atacado pela indústria em geral, existiria uma oportunidade para todas as companhias, tanto grandes como pequenas, gozarem de benefícios pronunciados. Enquanto que treino técnico é, naturalmente, reconhecido como sendo de importância, treino de pessoal para funções diretivas não pode ser desprezado e recomendamos que mereça uma prioridade idêntica.

Durante as nossas conversações ganhamos a impressão de que existe uma lacuna significativa entre os diferentes níveis de pessoal em matéria de treino. O país dispõe de um número vasto em pessoal semi-especializado e laboreiro mas, se afigura, que tem uma escassez muito séria em pessoal especializado. Existe também uma ausência de pessoal diretivo nos escalões médios o que se deve provavelmente à falta de educação em institutos técnicos no Brasil. É também aparente que a indústria siderúrgica não possui pessoal especializado com treino e formatura universitária, não obstante o fato do número total de formados por universidades com treino de engenharia seja bastante grande e o número de indivíduos com formaturas em todas as cadeiras seja muito grande. O recrutamento para posições de categoria na indústria siderúrgica parece só ser feito pelas poucas companhias de grande vulto que operam programas de treino interno e no estrangeiro.

Recomendamos que se tomem medidas urgentes ao nível universitário para instilar o interesse de alunos de universidades e colégios técnicos a estudarem disciplinas

relacionadas com tecnologia e gerência a entrarem para a indústria siderúrgica a fim de a alimentarem com mais engenheiros e mais técnicos no escalão médio das responsabilidades.

Finalmente, na esfera da lacuna em rendimento, recomendamos que seja dada atenção imediata ao melhoramento dos procedimentos de inspeção e de controle de qualidade e que, com os olhos no futuro mais distante, se ponha entre mãos um programa de estudos para o estabelecimento de um sistema de controle totalmente integrado como recomendamos no Capítulo 40.

6.2 Informações originárias da gerência

Desnecessário é dizer que a qualidade das decisões da gerência depende da qualidade das informações em que tais decisões são baseadas. Isto é particularmente verdadeiro na indústria siderúrgica onde é necessário considerar fatores de grande complexidade.

É aparente que os quadros diretivos da Indústria reconhecem que os sistemas informativos presentes são inadequados porque já estão a recorrer e a aceitar conselhos por profissionais fora da indústria com o fim de proceder ao seu melhoramento.

Nós demos grande importância à vigilância contínua do rendimento porque, o esforço tem de ser contínuo para reduzir custos, excesso de pessoal e para melhorar a qualidade. As recomendações por consultores e conselheiros têm de ser postas em prática e têm de ser obtidos os resultados recomendados; isto só pode ser feito se existirem meios de avaliar continuamente esses melhoramentos.

As três principais companhias de produtos planos são, provavelmente, as mais conscientes no emprego de conselheiros externos. Todavia, notamos, entre elas, existirem diferenças em rendimento que não podem ser explicadas apenas em termos de matérias primas, processos ou localização. Ao fazermos as nossas comparações e ao tentarmos ajuizar os motivos para estas diferenças, estamos conscientes, como já anteriormente afirmamos, que os elementos postos à nossa disposição podem não ser de absoluta confiança; esta uma das razões para por em destaque a importância de um método sistemático para transmissão de informações e, preferivelmente, um sistema informativo uniforme que inclua um método para determinação e comparação de custos, a ser adotado pela indústria em geral. Um sistema informativo uniforme não só facilita o meio de monitorizar o rendimento diário das várias acerarias mas serve também para comparações inter-relativas entre as várias instalações. Tal sistema oferece vantagens tanto individualmente para as empresas como em termos do país em geral. A uma companhia facilita informação de confiança para o ajuizamento da sua posição competitiva; numa base nacional facilita as informações necessárias às agências centrais como, por exemplo, à IBS e CONSIDER para que promovam a virilidade da indústria e assegurem que esta seja um bom campo para investimentos.

Recomendação

Recomendamos, por isso, que a Indústria sob a chefia e orientação da CONSIDER, dê atenção urgente ao desenvolvimento e adoção de sistemas uniformizados para

controle de rendimentos, medidas e transmissão de informações.

6.3 Racionalização

Melhor entendimento das operações que constituem as necessidades de acerarias, por intermédio de um sistema adequado de informação e melhores curvas de produção levarão a um maior detalhe e a uma maior racionalização das facilidades de que as acerarias dispõem. Em este Artigo abordaremos as implicações mais vastas em relação ao produto e a racionalização de processos que afetam as relações individuais das empresas com o mercado e com os seus competidores.

Para permanecer competitiva uma empresa necessita de racionalizar e diversificar a gama dos seus produtos. Por outro lado, racionalização mantém baixos os custos de produção e de inventário, enquanto que a diversificação permite à companhia suportar as vicissitudes do mercado.

As possibilidades de racionalização da produção da indústria siderúrgica brasileira precisam de ser investigadas em grande pormenor à base das circunstâncias individuais das muitas empresas siderúrgicas; se bem que esse estudo se encontre fora do âmbito deste relatório são feitas algumas considerações sobre êste problema.

As três grandes acerarias que fabricam produtos planos já estão de fato racionalizadas para satisfazer as exigências do mercado, como existente hoje em dia. Isto não significa, contudo, a não existência de apreciações contínuas do mercado, à medida que este se amplifica.

A produção de tubos pode ser considerada pela mesma forma do setor plano e não requiere, de momento, mais racionalização.

O setor de produtos não-planos deveria ser considerado à luz de dois cabeçalhos - produtos especiais e aços comuns. Os primeiros são, como no caso do setor de produtos planos, bem ajustados ao mercado presente. O setor de aços comuns inclui dois grupos de acerarias que podem ser distinguidas pela qualidade dos seus produtos e pela gama que abrangem como se ilustra nos Quadros 1.5 e 5.8, em páginas anteriores.

Um grupo está concentrado em produção de varas e, até certo ponto, de barras, sendo, de uma maneira geral, apenas capaz de fabricação de produtos de baixa tolerância. Este grupo, nos parece, continuará em operação até que pressões económicas o force a fechar ou a modernizar.

O segundo grupo de acerarias possui recursos mais variados de produção com gamas de perfis, planos, varas e barras. Existem empresas de maior envergadura que já estão fazendo ou possuem planos de racionalização, com investimentos comparativamente altos, uma atitude lógica no contexto do atual plano de desenvolvimento.

Recomendação

Recomendamos que as companhias mais pequenas, no segundo grupo a que acima nos referimos, devem considerar que oportunidades têm para racionalização, particu-

lamente:-

- i) Em fabricação de aço, devem estudar a possibilidade de operação de uma aceraria comunal para alimentar um grupo de usinas individuais.
- ii) Em mercados, devem considerar agrupamentos que lhes permitam a racionalização de produtos mixtos da aceraria.

6.4 A função dos novos processos de manufatura

Se torna necessário aqui distinguir entre processos que são novos para o Brasil e aqueles que são novos num contexto mundial. Os novos para o Brasil podem ser aceitos e assimilados usando os conhecimentos e a assistência tecnológica externa como se aborda no Artigo 6.1. Os processos que são 'de per si' novos têm de ser encarados por uma maneira diferente.

Redução direta é, em toda a probabilidade, o processo 'novo' de relevo da era presente. Notamos que este processo constitui parte de muitos dos planos de desenvolvimento apresentados pelo setor de produtos não-planos. Em realidade se encontram presentemente em construção duas instalações que incluem processos HYL e SL/RN. Como as iniciais indicam, se trata de processos de patente registada sujeitos e acordos de fabricação sob licenciamento. Informações sobre as econômicas são, por consequência, limitadas do que resulta não ser fácil para a gerência a comparação de processos diferentes com o fim de chegar a uma decisão satisfatória. Muitas empresas também não possuem recursos suficientes para avaliações exaustivas e as decisões, em consequência, tendem mais a ser feitas em princípios subjetivos do que objetivos.

Recomendação

Nós recomendamos, portanto, que as necessidades de uma empresa sejam calculadas por um conselheiro ou consultor independente e que, na eventualidade de ser proposto um processo 'novo', a gerência tenha assimilado bem o montante de trabalho de desenvolvimento e a despesa a que se vai cometer. Incapacidade de compreensão plena desta situação resultará em conflitos entre o detentor da patente do processo e o seu utilizante com perdas em produção e atraso na solução de dificuldades que surgem no desenvolvimento. Há que ter sempre em mente que o enveredar por um processo novo pode ser uma medida dispendiosa e que uma falha pode ser desastrosa; se for decidido seguir esta linha de desenvolvimento devem ser tomadas todas as precauções para facilitar a introdução do novo processo e para reduzir ao mínimo os riscos em problemas de desenvolvimento. No capítulo sobre processos de redução direta, Capítulo 11, demonstramos os perigos inerentes na adoção de processos novos, enquanto estes se encontram ainda na fase do seu próprio desenvolvimento.

SECCÃO B
ESTUDO, APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DAS
PRINCIPAIS ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS
ABERTAS À MODERNA INDÚSTRIA SIDERÚRGICA

CAPÍTULO 7 - PROCESSAMENTO DE MINÉRIO DE FERRO

7.1 Tendências em preparação do minério de ferro

O minério de ferro é normalmente transbordado da mina para as acerarias em uma destas formas: em torrão, em chispas (para concrecionamento) ou em pelotas óxidas. A forma usada é determinada largamente pelas características naturais do corpo do minério em questão pelos motivos que apresentamos em parágrafos subsequentes. Se torna portanto apropriado comentar nas mudanças que se estão dando no padrão mundial em matéria de disponibilidades de minério, em cada uma forma, antes de considerar as tendências nos métodos de preparação de cargas para processos siderúrgicos.

A maior parte das existências mundiais disponíveis em minérios de ferro para exploração se encontram na forma de rochas metamórficas e recristalizadas providas de origens sedimentárias. A ocorrência destas rochas é muito espalhada mas a graduação média de xistos deste tipo é inferior a 30 por cento Fe, exceto sob condições favoráveis em que se tenham produzido processos naturais de concentração que levaram a depósitos de graduação mais alta. Em algumas instâncias a graduação Fe no minério atinge muito para além de 60 por cento. O minério de ferro provindo duma mina deste tipo é geralmente em forma de torrões. As chispas causadas pela degradação durante a recolha, dimensionamento e transporte de minério são, geralmente, separadas por peneiramento; alternativamente, o minério pode ser vendido em termos 'à boca da mina' (KOM).

Onde os processos naturais não produziram graduações de tal elevação, é prática moderna concentrar o minério antes de manufacturar ferro. A concentração é usualmente feita na mina, sendo o teor e o tipo de processamento largamente ditados pela dimensão natural do minério. Quando a granulação é comparativamente grosseira, os minerais podem ser libertados e feita uma concentração de partículas de dimensão apropriada, a fim de vender o produto como chispas de concrecionamento. Quando a dimensão do grão é mais fina, o minério deve ser sujeito a maior trituração para se obter o desejado grau de libertação e o concentrado resultante é fino em demasia para concrecionar. Um exemplo extremo de trituração fina até hoje obtido no processamento de minérios de ferro é o projeto Tilden, em Michigan, EUA, onde o minério foi pulverizado até 85 por cento menos 25 microns. O único método de aglomeração de concentrado feito desta maneira é por paletização.

Numa base mundial as proporções de minério em torrão, de chispas concrecionadas e chispas paletizadas são ditadas não só pelas características dos corpos naturais do

minério mas também por considerações comerciais. Durante a primeira metade do século vinte, o grau médio dos minérios extraídos subiu constantemente, atingindo o seu pico nos meados do decênio de 1950. Todavia, a partir de, mais ou menos, 1955 a tendência se inverteu e o grau médio de minérios extraídos está presentemente a descair, embora muito devagar. Por outro lado, os processos de fabricação de ferro estão fazendo uso, numa escala progressiva, de matérias primas de alimentação com graduações mais elevadas. Consequentemente, embora o mundo esteja demandando mais minério de ferro, o uso de minérios em torrões se mantém mais ou menos constante e, portanto, o consumo de chispas concentradas e aglomeradas de minério está aumentando rapidamente. Este fato se ilustra no Quadro 7.1 que mostra a produção mundial de minério em torrões, chispas concrecionadas e pelotas durante o período 1950-70 e prevê a tendência até 1980. No Figura 7.1 se indica também a mudança no uso relativo de minério em torrões e de produtos aglomerados, bem como as estimativas para 1975.

QUADRO 7.1 - USO RELATIVO DE PROCESSOS DE PREPARAÇÃO DO MINÉRIO
(Expressado como percentagem da totalidade de minério consumido)

	1964	1970	1975 (estimativas)
Minério em torrão	47	49	43
Pelotas	9	15	24
Concreção	44	36	33

Fonte: ONUDI

Têm sido feitas outras estimativas nas tendências futuras no uso de processos de preparação de minério de ferro como, por exemplo, uma previsão recente (*Mineral News*, VIII, 5ª Edição, Set. 1972) de que o consumo de pelotas aumentará de 115 milhões de toneladas, em 1970, (16,3 por cento do total de consumo de minério) para 150 milhões de toneladas (18 por cento), em 1975, cerca de 240 milhões de toneladas (22 por cento), em 1980, e 310 milhões de toneladas (25 por cento), em 1985.

A produção presente de pelotas no mundo é aproximadamente de 145 milhões de toneladas (Figura 7.2). Os Estados Unidos se encontram à testa da produção de pelotas com uma capacidade corrente de 58,5 milhões de toneladas. O Quadro 7.2 mostra a distribuição regional da capacidade produtora de pelotas.

Prática regional

As tendências mundiais na mudança de mistura de minérios em torrão, concreções finas e pelotas fornecidos à indústria siderúrgica não se reflete nas principais regiões produtoras de ferro porque, cada uma delas, faz uso de diferentes fontes de minério. Por exemplo, as principais regiões importadoras da Europa Ocidental, do Japão e dos EUA mostram tendências muito diferentes nos métodos de preparação da carga.

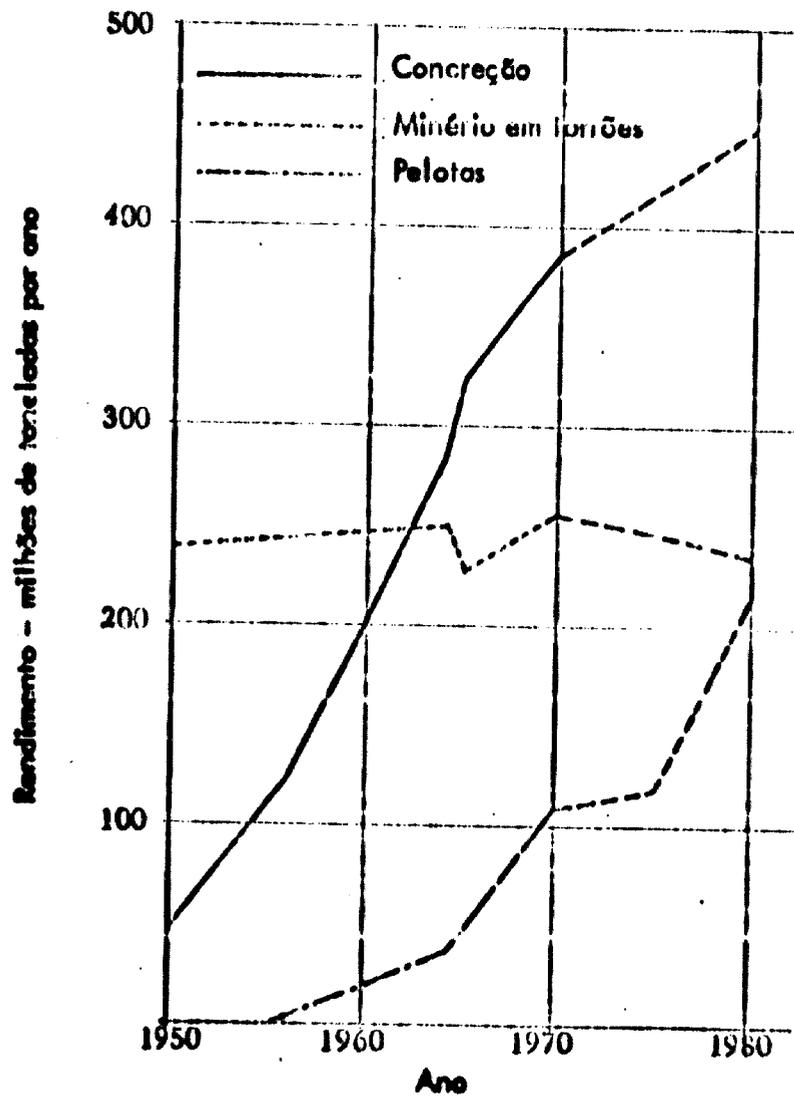


FIGURA 7.1 - PRODUÇÃO MUNDIAL DE MINÉRIO EM TORRÕES, CONCREÇÃO E PELotas (COMPILADO DE VÁRIAS FONTES)

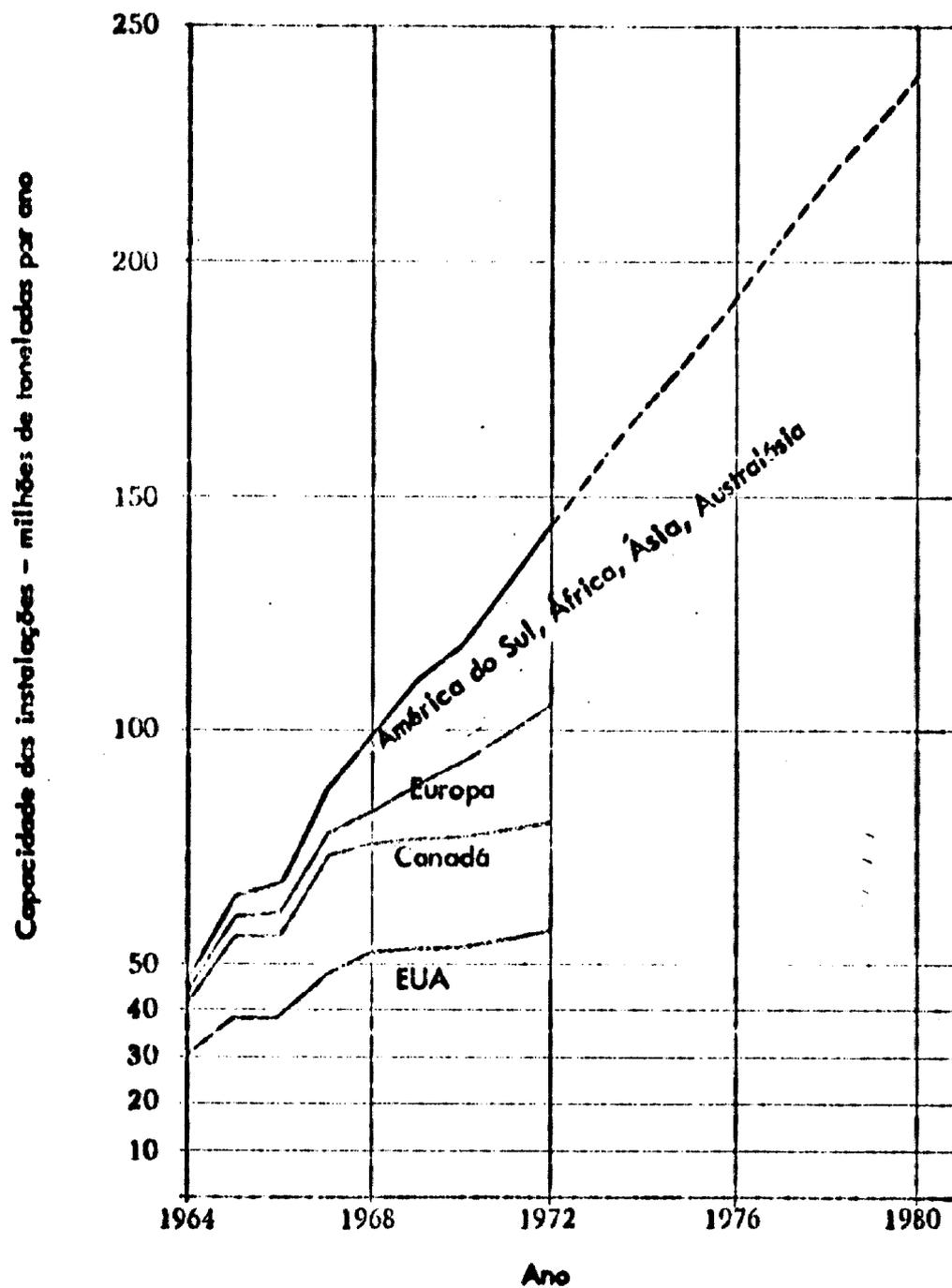


FIGURA 7.2 - CAPACIDADE MUNDIAL EM PRODUÇÃO DE PELOTA
(COMPILADO DE VÁRIAS FONTES)

QUADRO 7.2 - PRODUÇÃO MUNDIAL DE PELOTA

Região	Capacidade Milhões ton/ano
<u>EUA</u>	58,5
<u>Canadá</u>	21,4
<u>Europa</u>	
URSS	18,5
Suécia	4,5
Noruega	0,6
Itália	0,4
Rep. Fed. Alemã	0,4
Finlândia	0,3
Iugoslávia	0,2
França	0,1
<u>Outros</u>	
Austrália	11,0
Chile	9,5
Japão	6,0
Perú	3,5
Brasil	3,0
Argentina	2,5
Libéria	2,0
Marrocos	0,9
Filipinas	0,8
Índia	0,5
TOTAL	145,0

(a) Europa Ocidental

Uma característica da indústria siderúrgica da Europa Ocidental é a capacidade considerável das instalações de concretagem já em existência, em grande parte resultantes da dependência tradicional em minérios locais com baixos teores de Fe. A mudança para minérios importados, de teor mais elevado, permitiu produções maiores de ferro líquido provenientes das facilidades existentes para concretagem e fabricação de ferro. Em consequência esta capacidade de concretagem é suficiente na maioria da Europa Ocidental para aglomeração de chispas suficientes para satisfazer o mercado durante os anos mais próximos, um fato que se reflete na diferença nos preços entre torrões e chispas em matéria de custos de concretagem. À medida que a capacidade de concretagem dentro de cada região é atingida, as perspectivas são de que se acrescentarão instalações adicionais. Por altura de 1980 a vastidão total do mercado da Europa Ocidental em mi-

nérios de alta qualidade, importados, é natural que quase duplique, em grande parte à custa da produção doméstica de minérios. Previsões por pessoas categorizadas mostram que ao ser atingido o ano de 1980 o uso de minérios em torrão terá descido para aquém de 50 milhões de toneladas por ano, enquanto que o uso de pelotas terá aumentado para cerca de 30 milhões de toneladas por ano. Se espera que o consumo de chispas concrecionadas se eleve para 140 milhões de toneladas por ano, o que constituirá quase dois terços do minério de ferro presentemente utilizado. Todavia, existem certas provas de que preocupação na Europa Ocidental sobre poluição está levando a indústria siderúrgica europeia a dar preferência às pelotas, reduzindo o uso de concreção. Uma aceraria na República Federal Alemã está presentemente preparando experiências no vasto alto-forno, com pelotas constituindo 80 por cento da carga total de minério de ferro.

(b) Japão

A indústria siderúrgica japonesa revelou um crescimento fenomenal na última década, tendo a produção anual de aço cru subido de 22 milhões de toneladas em 1960 para 92 milhões de toneladas em 1970. As fontes de fornecimento de minério de ferro, bem como os montantes fornecidos, mostraram também uma mudança dramática. Importações de minério e de concentrados vindas da Ásia e da América Latina, em 1960, totalizaram 14,9 milhões de toneladas e no mesmo ano a capacidade das instalações japonesas de concreção era de 10,5 milhões de toneladas por ano. Ao ser atingido o ano de 1970, as importações de minério pelo Japão tinham atingido a cifra dos 100 milhões de toneladas por ano, sendo, à data, a Austrália a principal fonte de fornecimento. Ao ser atingido esse ano as instalações de concreção viram a sua capacidade aumentada de tal forma que lhes foi possível absorver cerca de 50 milhões de toneladas de chispas de minério. O crescimento da capacidade das instalações de concreção japonesas se mostra na Figura 7.3. A pausa no crescimento de capacidade durante os anos de 1962 a 1965 leva a deduzir que se estavam preparando para a futura dependência em minério australiano, na forma de torrão. Todavia, logo que começou a produção foram oferecidas ao mercado chispas providas das operações de mineração a um preço que justificou o aumento de capacidade em concreção para delas fazer uso. Em consequência no ano económico de 1971-72 a indústria japonesa usou cerca de 22 milhões de toneladas de torrões, 80 milhões de toneladas de concrecionado e 14 milhões de toneladas de pelotas nos seus altos fornos. Contudo, se bem que existem vastas reservas conhecidas de minério de ferro em todo o mundo, as fontes de chispas concrecionadas, de alta qualidade, à disposição do Japão são comparativamente poucas (Austrália Ocidental, República Sul Africana, Brasil, Índia e Guiné) o que pode restringir o futuro crescimento da capacidade de concrecionamento. Calculado está que por altura de 1980, chispas e concentrados para concrecionamento e, bem assim, instalações produtoras de pelota possam bem constituir metade das matérias primas de ferro importadas, sendo a outra metade constituída por uma proporção decrescente em torrões de alta qualidade e um crescimento correspondentemente maior de pelotas.

Por tal motivo é de esperar que aumente consideravelmente a demanda de pelotas durante os próximos dez anos, em parte para facilitar o controle da poluição. Muitas acerarias japonesas já possuem hoje os suas instalações próprias para fabricação de pelotas. A capacidade instalada tem crescido constantemente durante o decénio de 1960 mas a taxa de crescimento aumentou dramaticamente desde 1970 para cá.

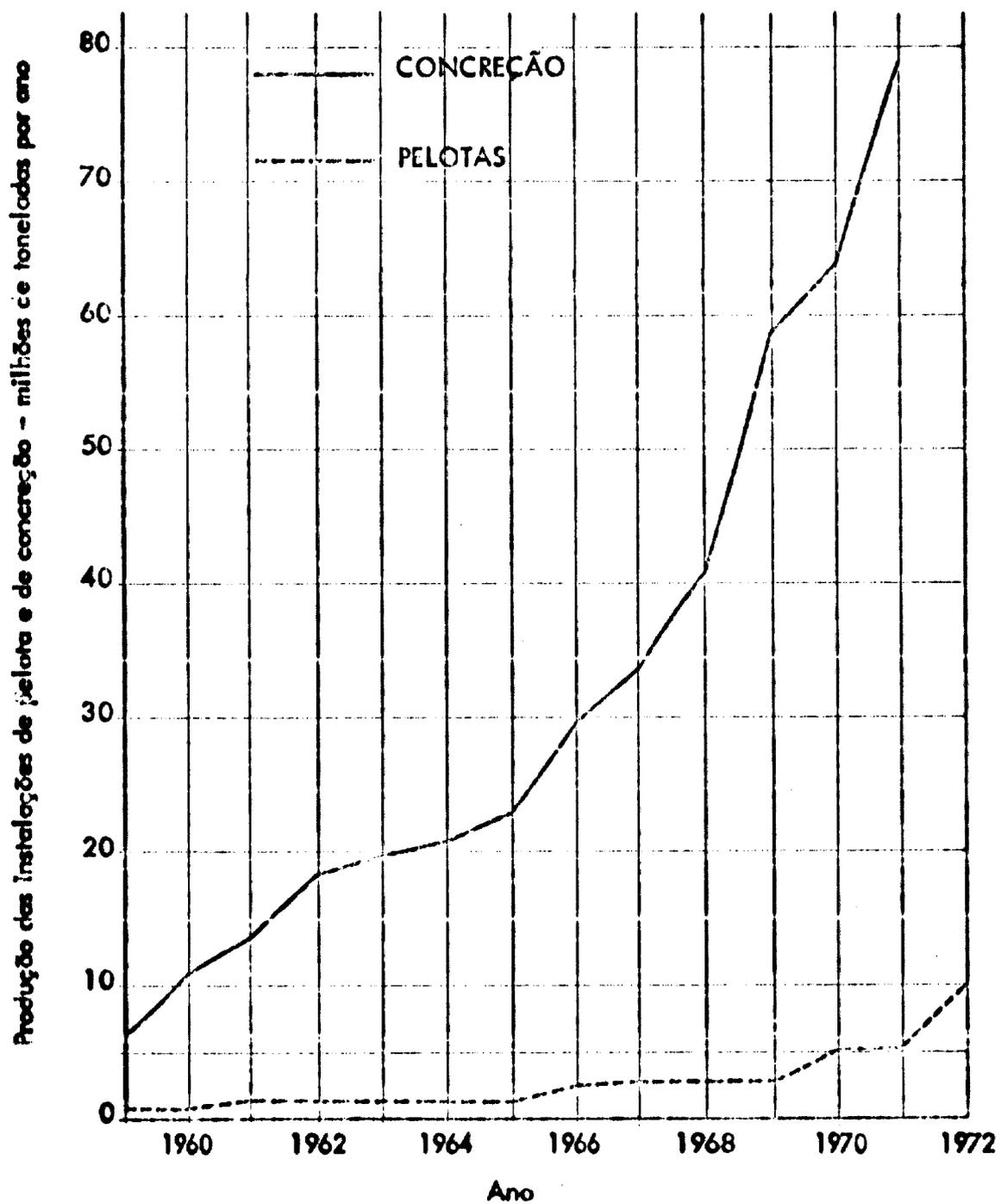


FIGURA 7.3 - PRODUÇÃO DAS INSTALAÇÕES JAPONÊSAS PARA CONCREÇÃO E PELOTAS

Consultar a Figura 7.3. Estão planejadas para começarem a trabalhar em 1975 mais sete instalações para produção de pelota, cada uma delas com uma capacidade de entre 2 e 3 milhões de toneladas, o que mais do que duplicará a capacidade atual.

A mudança, por parte do Japão, para uso de pelotas nos seus altos-fornos está dando novo incentivo à construção de novas instalações para produção de pelotas na Austrália Ocidental, na Índia, em Angola, na Costa do Ouro, em Alasca, na Libéria e na República Sul Africana.

Contudo, um estudo recente transcrito no "Mineral News", sugere que os japoneses estão a encontrar menos vantagens no uso de pelotas do que no uso de cargas concrecionadas, por motivos econômicos e de qualidade. Segundo consta, os japoneses se encontram agora convencidos de que a dessulfurização pode ser feita na instalação de concrecionamento a um preço muito baixo e, se tal idéia se concretizar, é bem possível que a política japonesa de uso de pelotas possa ser invertida.

c) Os EUA e o Canadá

Nos últimos dez anos, a indústria siderúrgica dos EUA tem mostrado uma tendência muito vagarosa para o desenvolvimento. Círculos bem informados dizem que esta atitude se manterá porque o consumo nacional de aço está a atingir o seu máximo. O consumo de minério de ferro nas acerarias dos Estados Unidos subiu de 102 milhões de toneladas em 1960 para 129 milhões de toneladas em 1969. Em contraste, o consumo de minério pelo Canadá é muito modesto, não tendo excedido 9,3 milhões de toneladas em 1969.

A produção de minério de ferro nos EUA se desenvolveu mais rapidamente durante o mesmo período com uma mudança muito distinta no tipo de produto. As quantidades de minério "à boca da mina" e de torrões peneirados fornecidos diminuíram em quantidade, as chispas concrecionadas se mantiveram mais ou menos ao mesmo nível, enquanto que as pelotas triplicaram. A mesma tendência, ainda mais acentuada, teve lugar na produção de minério canadiano, onde as pelotas aumentaram sete vezes a sua produção no espaço de sete anos. O padrão de desenvolvimento de concrecionamento e paletização nos EUA reflete as fontes dos minérios usados e o seu tipo. O crescimento de paletização coincidiu com o desenvolvimento do uso de concentrados, provindos das taconitas do Lago Superior. A capacidade de paletização no Canadá foi aumentada em resposta a esta ameaça às vendas dos concentrados canadianos de baixa qualidade, não obstante o fato de obrigar à retrituração de materiais que, em todos os outros aspectos são bons para concrecionamento.

A tendência durante o decênio de 1960 se mostra na Figura 7.4. A produção das instalações de concrecionamento, em ambos os países, foi essencialmente constante durante todo o período mas poderá tender a declinar no futuro devido à maior preocupação por parte do público sobre problemas de poluição, particularmente nos EUA. A produção de pelotas tem aumentado vigorosamente e à medida que se vão explorando mais minérios finos de taconita, nos Estados Unidos, este crescimento será mantido. O Departamento de Minas dos Estados Unidos calcula que ao se chegar ao ano 2000 a totalidade da produção de minério de ferro dos Estados Unidos será vendida na forma de pelotas. A produção canadiana de pelotas continuará a aumentar em proporção com o nível das suas exportações para os EUA devido à falta nesse país, de capu-

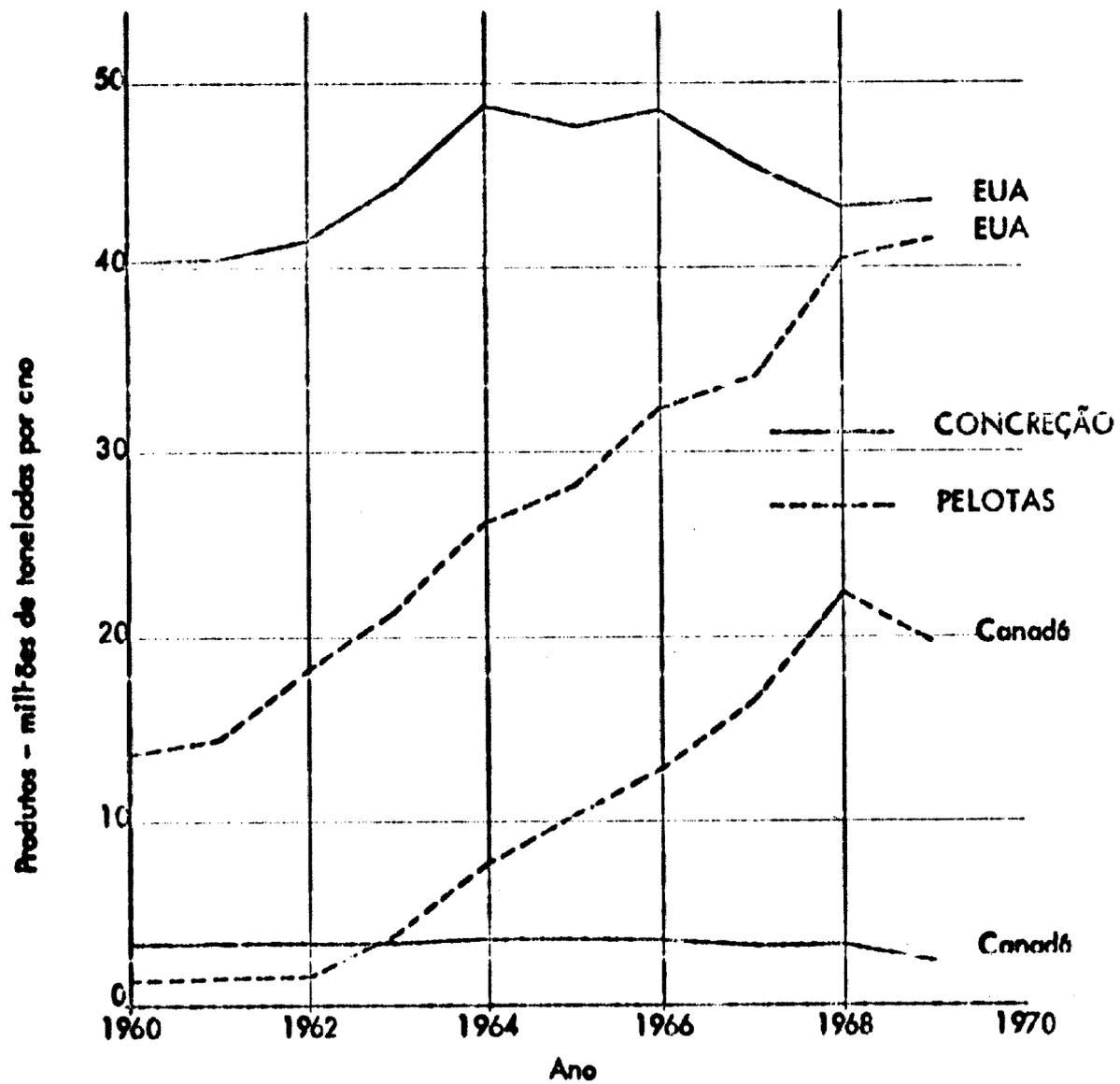


FIGURA 7.4 - PRODUTOS AGLOMERADOS NOS EUA E NO CANADÁ

cidade de concrecionamento. A proporção de minério canadiano pôsto no mercado para instalações de concrecionamento dependerá muito estreitamente do nível das exportações canadianas para o Japão e para os mercados europeus.

Embarques de minério

Um dos maiores e mais importantes fatores que contribuem para a existência de minérios e de concentrados de alta qualidade, à disposição do mundo tem sido a grande baixa no preço dos fretes marítimos durante os últimos 20 anos. O calado dos navios para transporte do minério a granel aumentou rapidamente durante esse período, indo de 10.000 toneladas, peso morto, nos primeiros anos de 1950 para 70.000 toneladas que é hoje o peso morto habitual, já se estando a empregar navios com mais de 100.000 toneladas de peso morto em certas rotas comerciais. Alguns portos especiais para carga e descarga de minério estão a ser atualizados a fim de acolherem navios até 150.000 toneladas de peso morto, se bem que seja muito limitado o número de portos capazes de receber navios de tão grande deslocação. Estão-se também atualizando facilidades especiais para descarga. A escala, em termos económicos, que provém destes navios de grande deslocamento permitiu a redução das taxas de frete e, hoje em dia, podem se transportar minérios de qualquer ponto para qualquer mercado. Por exemplo, minérios brasileiros têm sido entregues na Europa a menos de 2 dólares por tonelada e minérios da África Ocidental entregues no Japão por pouco mais de 3 dólares.

Outro fator que contribui para fretes mais baixos é a tendência para transporte de sólidos em forma empastada, usando técnicas como, por exemplo, o sistema Marconaflo*. O sistema alarga a conveniência e as económicas de manipulação de sólidos em forma empastada tanto para carregar como para descarregar os navios. Além das instalações para o sistema de empastamento, existentes nas minas, e subsequente rede de tubagens para transferência para o cais, existe um número de facilidades para descarregar o empastamento, já instaladas ou planeadas, que se destinam a alimentar instalações de paletização e de concrecionamento.

Entre os exemplos mais importantes do sistema Marconaflo se contam a instalação de paletização em São Nicolau, no Peru; a instalação da Oregon Steel Company, em Portland Oregon, que usa concentrados vindos de São Nicolau (onde são carregados em forma de pasta) ou de Tasu, na Colúmbia Britânica (onde são carregados em forma de bolo seco). Em ambos os casos a descarga é feita por técnicas de empastamento. Se menciona ainda os serviços de mineração e beneficiamento da Waipipi Ironsands Limited, que incorpora um sistema de carregamento de pasta para embarcar a granel pós de ferro para o Japão.

* "Marconaflo and its use in new mineral developments" por M.J.Frazer e L.P. Connolly CHEMTECH, Fevereiro de 1972, No.116.

O sistema é usado também numa tubagem de 80 quilómetros que transporta minério na Tasmânia e numa conduta para carvão com 400 quilómetros de comprimento no Sudoeste dos EUA, bem como noutras aplicações semelhantes.

O sistema está presentemente a ser estudado para desenvolver os depósitos de minério de ferro em Kudremukh, em Mysore, na Índia. Neste caso, o projeto previsto requer transporte da mina para um lago de empastamento, em Panambur através de uma tubagem com 45 quilómetros de comprimento. Porque as águas do Rio Panambur são baixas, o projeto prevê que o carregamento em navios com 200.000 toneladas de peso bruto seja feito a 10 milhas da costa pelo uso de uma tubagem com um metro de diâmetro.

A existência de minérios de alta qualidade em todo o mundo, tornada possível pelos baixos custos de transporte, aliada à capacidade excessiva que presentemente existe nas minas, levou em muitos países ao tratamento do minério não tanto para aumentar o seu teor de ferro mas mais para melhorar a qualidade do seu produto removendo impurezas indesejáveis. O crescimento da palletização no Canadá já foi mencionado e outro exemplo é o que se está fazendo presentemente na Suécia. Os minérios suecos foram, no passado, vendidos principalmente como minério em torrão, de alta qualidade, com elevados teores de fósforo, mas em consequência da concorrência provinda de minérios não europeus com baixo teor de fósforo, alguns dos minérios de Kiruna são agora sujeitos a um processo de concentração destinado menos a melhorar o seu teor de ferro e mais a reduzir o nível do teor de fósforo.

Uso de cargas auto-fundentes e super-fundentes

O processo de manufatura de ferro demanda que a carga contenha um material fundente para além do ferro propriamente dito e do apropriado redutor. O fundente usual, capaz de aderir à sílica formando uma pasta no minério é a cal, CaO , que é normalmente adicionada ao processo em forma esmagada, CaCO_3 .

Quando se faz uso de minério em torrões a adição de cal tem normalmente a forma de torrões e é metida, ao mesmo tempo, no alto forno. A carga, do por si, aumenta a intensidade térmica de processo no alto forno porque há necessidade de uma certa dose de calor para transformar a pedra calcária em cal. A partir deste ponto de vista, o concrecionamento básico oferece uma vantagem porque o CaCO_3 é convertido para CaO durante o processo de concrecionamento fazendo uso de coque ou de outros combustíveis em vez do dispendioso coque metalúrgico. O concrecionamento básico é feito torando chispas de minério de ferro com pedra de cal triturada e coque antes de ser feito o concrecionamento. A prática de super-fundência, isto é, adição de toda a cal requerida ao concrecionamento é um desenvolvimento recente. Com certas qualidades de minério de ferro não foi possível obter-se uma resistência satisfatória de concrecionamento quando se fez uso dos produtos básicos, mas, desenvolvimentos recentes, principalmente na Rússia, revelaram que, sob certas circunstâncias o concrecionamento produz uma matéria cristalina contínua na concreção que, de fato, aumenta a resistência. Se pode também melhorar a redutibilidade em ferite cálcica e, parece também, existir uma proporção mais pequena de óxidos de ferro combinados com os silicatos. O uso de concrecionamento super-fundente resulta numa pequena redução no rendimento da instalação de concreção bem como pequeno aumento na produção do alto forno. Uma das

desvantagens de concreção super-fundente é que possui maior tendência para recolha de enxofre durante o processo de concrecionamento. A vantagem prática no uso de super-fundência só pode ser determinada por ensaios na aceraria e pode também ser influenciada pelas partículas inerentes e pela dimensão tanto dos minérios como da pedra calcárea.

Se espera que aumente consideravelmente o uso de concreção super-fundente durante os anos mais próximos. Todavia, somos de opinião de que os problemas criados pela previsão exata das necessidades de fundência na carga de um alto-forno e, bem assim, a necessidade de serem feitas pequenas modificações no decurso do processo controlador, irá resultar em uma pequena quantidade de fluxo ser carregada diretamente para a caldeira. A adição de materiais fundentes a uma mistura de pelotas levará à formação de pelotas mais fracas. Será mais do que possível que se produza um produto quebradiço, difícil de manipular e de transportar sem degradação considerável. Por esse motivo é, portanto, prática normal na atualidade carregar diretamente os altos-fornos com pelotas não fundentes bem como pedra calcárea em torrões, pela mesma maneira como é feita a carga do minério em torrão. Contudo se está tentando resolver este problema e, é nossa opinião, que a produção comercial de pelotas óxidas fundentes será introduzida antes de terminar o decênio atual.

Dimensão da carga

A especificação sobre as dimensões dos minérios em torrão se está a tornar dia a dia mais exigente. Um contrato feito pela Austrália em 1964 para fornecer minério em torrão ao Japão foi baseado numa especificação de 100 por cento menos 150mm, 80 por cento sobre 6mm. Contratos subsequentes exigiram gamas de dimensão de 100mm para 6mm e, mais recentemente, de 30mm para 6mm.

Existem indícios de que, o atual mercado "comprador" de minério de ferro está exigindo gamas ainda mais pequenas como, por exemplo, 25mm para 8mm, ou mesmo 25mm para 10mm. Uma restrição tão diminuta no minério em torrão vai resultar nos produtores de minério possuírem maiores quantidades de chispas à sua disposição. A degradação, em trânsito, tanto de minério em torrão como de pelotas irá aumentar as existências de chispas nas acerarias e, portanto, não obstante o grande aumento feito nos últimos anos no uso de pelotas, concreção continuará a constituir a forma mais vulgar de carga durante a próxima década.

7.2 Desenvolvimento de instalações para concreção

Existem três tipos principais de instalações para concrecionamento: a de grelha de marcha contínua, a de tabuleiros de concreção e a de mesas rotativas. Tabuleiros e mesas rotativas só têm sido usados em instalações mais pequenas devido à flexibilidade para mudanças frequentes de alimentação e de operação intermitente, mas não se espera que sejam construídas novas instalações. Instalações com grelha de movimento contínuo e uma capacidade de 0,3 a 0,4 milhões de toneladas por ano são mais apropriadas para operações em grande escala e a tendência atual é, por assim dizer, invariavelmente orientada para este tipo de máquina.

Em este processo o mecanismo alimentador deposita uma carga uniforme constituída por uma mistura de chispas de minério de ferro, carvão miúdo, chispas de pedra calcária, chispas concrecionadas, nos tabuleiros que constituem a grelha transportadora. Esta camada de carga segue para o ignidor onde a superfície é aquecida por fusão incipiente. A carga acesa avança sobre uma série de caixas de ar onde o ar é removido por ventiladores. O regime de marcha dos tabuleiros e o volume de ar chupado da carga são controlados a fim de que a zona de combustão atinja as barras da grelha no ponto em que os tabuleiros abandonam a caixa de ar final. Para além da grelha de marcha a concreção é esmagada, peneirada à quente para remover as chispas e, depois, arrefecida a ar. A concreção resfriada volta a ser peneirada antes de ser feita de uso, as chispas seguindo num movimento de retorno para serem reconcrecionadas.

A dimensão da máquina de concreção é geralmente a área de grelha que se encontra exposta à ação dos caixas de ar. Um dos fatores em desenho que contribuem para o crescimento da área efetiva de uma máquina é um aumento na largura dos ramos. As máquinas maiores, presentemente em uso, têm 5 metros de largura, com áreas de grelha que vão até aos 500 m². A Figura 7.5 mostra o aumento que se tem dado na dimensão das instalações japonesas durante os últimos dez anos. O crescimento tem sido governado mais pelo desenho e pelos custos de desenvolvimento do que por impedimentos tecnicológicos. O grande número de instalações construído por um fornecedor (marcado por cruzes na Figura 7.5) é revelado pelo aumento muito rápido nos últimos cinco anos, e, se pode assumir, que serão construídas no futuro instalações ainda maiores. O fator principal que afeta o desenho de unidades maiores é a manutenção da uniformidade na passagem de ar sobre a largura do ramal.

As produções em instalações de concrecionamento variam, *a sua gama indo de 30 a 45 toneladas de concreção por metro quadrado de área efetiva de grelha por dia, a maioria das instalações conseguindo obter uma produção entre 35 e 40 toneladas por metro quadrado por dia. Tem sido obtida maior produção no Japão usando maiores pressões de chupamento nas caixas de ar, um método introduzido originalmente para combater a menor permeabilidade da cama de concreção devido à maior proporção dos concentrados finos usados na mistura. A produção pode ser aumentada também por aquecimento pós ignição da superfície superior da cama de concrecionamento da qual a concreção se torna 20 por cento mais quebradiça do que a concreção formada na base da cama. Este aquecimento é feito por um capuz de aquecimento imediatamente para a vante da fornalha de ignição com o fim de produzir ar quente para as caixas de ar.

O processo de concrecionamento é, em si, relativamente barato. Com exclusão do custo dos materiais para a produção da concreção, isto é, as chispas de minério de ferro, coque miúdo e pedra calcária, o custo total varia entre 3,5 dólares por tonelada de concrecionamento em um milhão de toneladas por ano de operação e 2,2 dólares em 10 milhões de toneladas por ano em maquinaria empregada. Estes custos se comparam bem com um custo de entre 11 a 12 dólares para os materiais processados, por tonelada de concreção pronta.

* Consultar Apêndice 1.

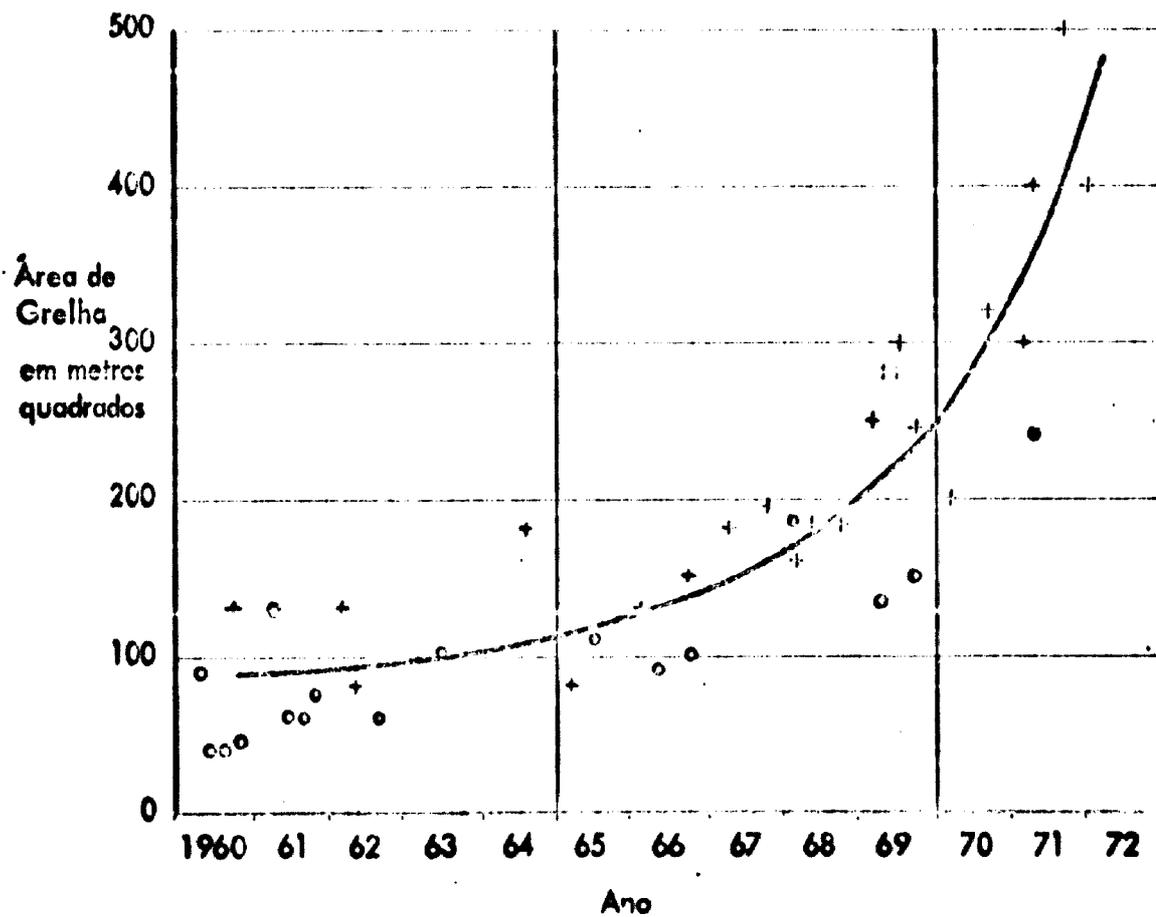
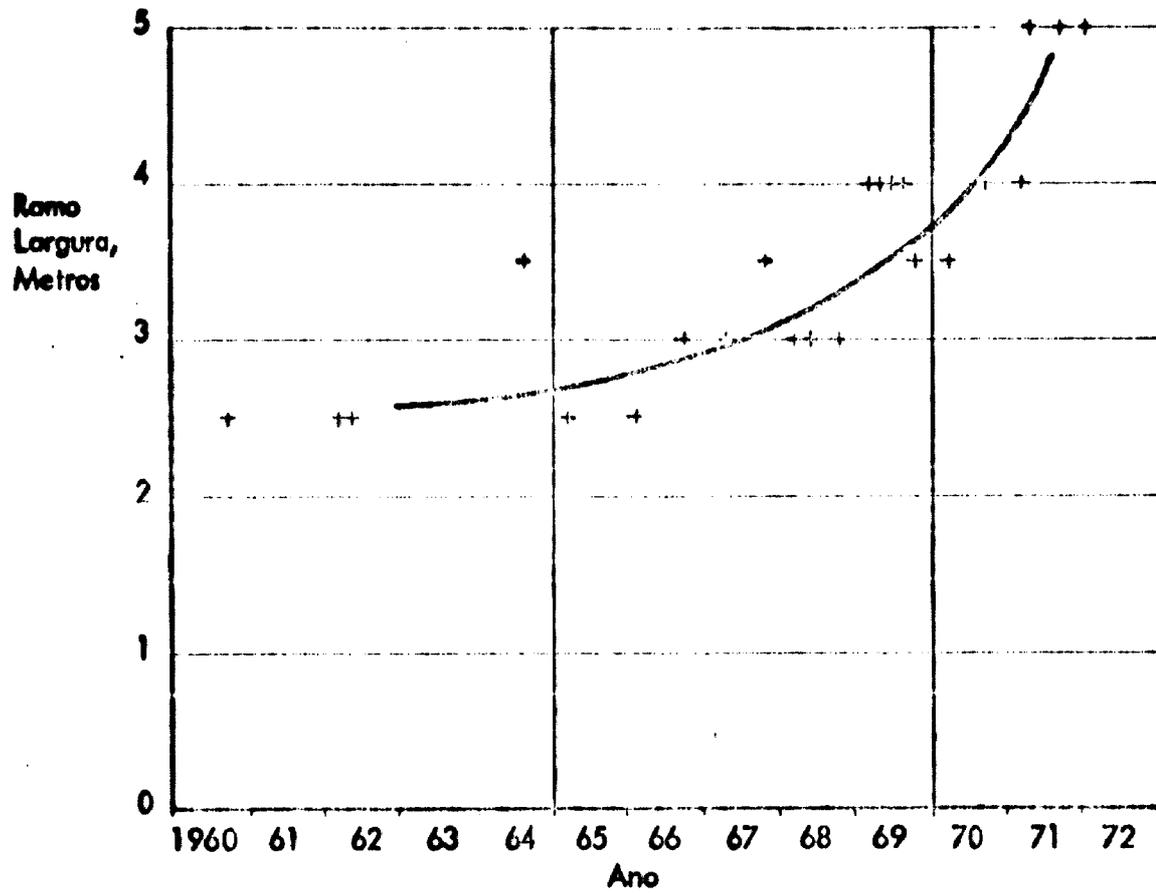


FIGURA 7.5 - CRESCIMENTO NAS DIMENSÕES DAS INSTALAÇÕES DE CONCREÇÃO NO JAPÃO

O material a ser concrecionado tem de ser aquecido a uma temperatura entre 1.400 a 1.600°C. A necessidade total de aquecimento é de entre 1,8 a 2,7 'gigajoules' por tonelada de concrecionamento. O método normal para a sua obtenção é incluindo coque miúdo na mistura dos materiais em partículas alimentados à máquina. Esta adição faz com que a carga contenha entre 4 a 7 por cento de carbono, que é aceso no topo superior da cama de concreção quando a carga passa a zona de ignição da fornalha, normalmente operada a óleo ou a gás.

Coque miúdo tem sido o combustível tradicional para o concrecionamento mas com a melhoria em produções de coque nos processos de fabricação de ferro, as quantidades necessárias do produto miúdo nem sempre se encontram disponíveis para a fabricação de coque. Em tais eventualidades podem ser usados combustíveis suplementares, tanto sólidos como gasosos, para substituição até 40 por cento de coque miúdo. Como substitutos do coque miúdo são também usados muitos e vários combustíveis sólidos. De estes os mais adequados são aqueles com resistência mais baixa, mais pequeno teor de matéria volátil e baixo conteúdo de cinza, geralmente esmagados e penetrados para se obter uma camada superior à volta de 6mm. Regra geral a reatividade do combustível é maior do que aquela do coque miúdo, sendo a mais alta a taxa CO/CO no gás de desperdício de que resulta uma eficiência térmica mais baixa na cama de concrecionamento. Se os combustíveis contiverem mais do que 10 por cento de matéria volátil, esta matéria se destila antes de atingir a zona de combustão propriamente dita, enquanto que o valor calorífico da matéria volátil é parcial ou completamente perdido na cama de concrecionamento. Se deve evitar a existência de alto teor de cinza no combustível adicionado porque isso exigiria fluência adicional e influenciaria também o regime do coque nos altos-fornos.

Combustíveis gasosos, tipicamente gás para altos-fornos, são os usados para o pré-aquecimento do ar. Além de reduzir as quantidades de coque miúdo melhora a resistência do concrecionamento.

7.3 Desenvolvimento de instalações para produção de pelota

Pelotização é o nome dado ao processo em que concentrados de minério de ferro muito finos, geralmente com uma dimensão de 70 por cento ou mais para além de 44 microns, são aglomerados em bolas ou pelotas com dimensões de entre 9 a 16mm de diâmetro. O processo é feito em dois estágios, fabricação das bolas e endurecimento.

No estágio de fabricação das bolas, as partículas finas de minério, geralmente com uma mistura de meio a um por cento de aluminante, como, por exemplo, bentonita, são umedecidas e roladas numa superfície inclinada e rotativa. As bolas resultantes são macias nesta fase e, geralmente, chamadas as bolas verdes. A qualidade das bolas depende da quantidade de água adicionada e dos outros processos variáveis que, por sua vez, necessitam de ser ajustados para tomar em consideração as flutuações na qualidade dos materiais de alimentação. A definição exata de uma bola satisfatória e as inter-relações entre as variantes ainda não foi rigorosamente quantificada. Em consequência, o controle da instalação depende em grande parte da perícia do operador. Ainda se não prevê o uso de automatização num futuro próximo.

Endurecimento, isto é, o cosimento de bolas verdes para formar pelotas duras requer a produção de temperaturas de entre 1.200 a 1.300°C. Existem quatro tipos básicos de instalações para endurecimento: a fornalha de veio, a grelha móvel, o forno de grelha e a estufa circular.

A fornalha do veio é uma câmara vertical com fôrro refratário com as bolas verdes carregadas pela parte superior. Existem câmaras com combustão a óleo ou a gás instalada nas faces laterais da fornalha passando os gases quentes através desta para aquecer as pelotas. Estas últimas são resfriadas e peneiradas antes de serem armazenadas. Fornalhas de veio parecem estar limitadas a uma produção máxima de 0,5 milhões de toneladas por ano e usam entre 0,45 a 0,53 'gigajoules' térmicos por tonelada.

A grelha de marcha horizontal, um dos métodos alternativos para endurecer pelotas verdes, é uma máquina muito semelhante à usada em concretagem. As pelotas são enviadas pela grelha através de estágios sucessivos de secagem, pré-aquecimento, queima, recuperação e resfriamento, com o ar quente, nos estágios finais, reconduzido para os estágios iniciais. A razão térmica requerida é de cerca de 0,6 'gigajoules' por tonelada de pelotas e o, geralmente, obtido por alimentação a óleo ou a gás. As produções das máquinas de grelha móvel horizontal podem exceder 2 milhões de toneladas por ano.

O terceiro tipo de instalação para endurecimento é uma máquina que combina a grelha com o forno e o refrigerador. Nesta máquina a secagem e o endurecimento preliminar das bolas verdes é feito numa grelha móvel horizontal e curta e o endurecimento final é feito num forno rotativo aquecido a óleo. O aquecimento total é à volta 0,7 'gigajoules' por tonelada. As pelotas endurecidas saem do forno para um refrigerador rotativo sendo de 200°C a sua temperatura no momento da descarga. A natureza rotativa do processo de endurecimento faculta uma qualidade mais consistente do produto do que aquela obtida por outros métodos.

O quarto sistema de endurecimento exige o uso de uma grelha circular horizontal que, quando roda, leva as pelotas através de zonas sucessivas de secagem e endurecimento. Este tipo de instalação ainda se encontra na fase de desenvolvimento. Uma versão que foi posta em operação em 1967 foi parada por fim de 1968 mas foi anunciado recentemente que vai ser construída em breve uma outra instalação de desenho diferente e erigida por outro fabricante. Teremos de esperar pelos resultados que se venham a obter.

Uma alternativa aos vários processos para fabricação de pelotas à quente é a produção por aglutinação à frio. No processo Grangeold para produção de pelotas estas são tomadas, pela forma normal, em discos esféricos aos quais se adiciona 10 por cento de cimento Portland como aglutinador-endurecedor. As pelotas verdes são muito macias e de pouca resistência durante os primeiras 30 horas atingindo, todavia, 70 por cento da sua resistência final ao fim de entre três a seis dias. A resistência total só é obtida ao fim de quatro ou cinco semanas. Em este processo as pelotas macias e verdes são misturadas com chispas adicionais de minério que serve de material protetor sendo alimentadas a uma tremonha vertical de grande altura. A taxa de descarga pelo fundo da tremonha é regulada por forma a permitir um período suficiente de intervalo para que as pelotas possam endurecer. As pelotas são separa-

das da mistura de chispas finas por peneiramento, as chispas entrando de novo na recirculação. A maior instalação que se encontra presentemente em serviço pertence à companhia Grängesberg, erigida na mina que a empresa possui no centro da Suécia. Esta instalação tem uma capacidade de 1,5 milhões de toneladas por ano e se destina ao fornecimento da aceraria da empresa em Oxelösund. As pelotas aglutinadas à frio não são tão resistentes a viagens como as concrecionadas à quente e por isso o seu uso tem, naturalmente, de ser limitado a locais onde as distâncias entre a fábrica de pelotas e a aceraria requeira um mínimo de manuseamento sem transbordos em trânsito; onde existam matérias primas de betão sempre perto da aceraria e onde possam existir certas vantagens por economia no consumo de combustível.

Embora as dimensões das fábricas de pelotização não permitam produções em excesso de 2 milhões de toneladas por ano, os complexos maiores são constituídos por um número de unidades e algumas instalações na América do Norte têm capacidades para além dos 10 milhões de toneladas por ano. As tendências em crescimento na capacidade global mundial para produção de pelotas, conforme evoluída nos últimos anos, se mostra na Figura 7.2.

O custo do processo de produção de pelotas, acima descrito, é da ordem de 4 dólares por tonelada numa base anual de produção de um milhão de toneladas até, mais ou menos, 3 dólares por tonelada no caso de produções de 10 milhões de toneladas. Para além desta última quantidade a economia resultante é pequena, porque as instalações maiores são constituídas por múltiplos de unidades mais pequenas e poucas são as economias a serem feitas com equipamentos auxiliares de manuseamento.

CAPÍTULO 8 - FABRICAÇÃO CONVENCIONAL DE COQUE

8.1 Impeto no desenvolvimento

As estufas de coque do tipo fendido convencional são aquelas que se usam em mais de 95 por cento da produção mundial de coque metalúrgico. Embora exista um número de instalações constituídas por fornos do tipo colmeia a sua contribuição para o fornecimento de coque à indústria siderúrgica está a diminuir rapidamente porque todo o coque que é necessário está sendo fornecido por instalações de fornos de tipo fendido. Conseqüentemente as discussões sobre os desenvolvimentos técnicos se centram em torno do processo de fogões de coque do tipo fendido.

Em anos recentes o custo do coque metalúrgico devido à escassez de carvões de coque de primeira qualidade forçou a grandes planos de investigações e desenvolvimento a fim de se obter a composição ótima para lotação de carvão para coque. Os desenvolvimentos feitos neste setor são muito significativos porque o custo de carvão por tonelada de coque produzida representa quase 100 por cento do custo do coque. Tem sido também feito muito trabalho em vários aspectos técnicos de desenho de estufas para coque e seu rendimento sobretudo para melhorar a eficiência das instalações existentes ou para aumentar a sua capacidade. Em muitas instâncias estes desenvolvimentos levaram a economias tanto no capital como nos custos de operação das estufas para coque, em alguns casos se tendo melhorado também a qualidade do produto. Estes melhoramentos estão agora a ser aplicados devido ao custo mais elevado da produção, particularmente, porque os lucros provindos das vendas são mais reduzidos. Se têm feito também elevados esforços para melhorar as instalações de recuperação de sub-produtos, se bem que a competição, neste campo, vinda da indústria petro-química tenha continuado a reduzir os rendimentos à disposição dos operadores de estufas de coque provindos da venda dos seus derivados. As zonas em que têm sido feitos maiores avanços técnicos são em joiramentos, e é de esperar que a tendência se mantenha para o futuro.

8.2 Composição da mistura de carvão para coque

A composição da mistura de carvão para a fabricação de coque é o fator individual mais importante na determinação da qualidade do coque e no seu custo. Enquanto se torna possível usar um único tipo de carvão para fabricação de coque metalúrgico, é geralmente mais fácil obter todas as propriedades desejadas em coque misturando dois ou mais tipos de carvão. Os objetivos principais em lotação são:

- i) para melhorar a qualidade física e a uniformidade do coque resultante;
- ii) para melhorar a produção de produtos de coque;
- iii) para aumentar a gama de carvões que se podem seleccionar para manufatura de coque com o propósito de reduzir o custo da mistura de carvão.

O terceiro propósito é, evidentemente, de grande importância para muitas nações industriais que têm falta de carvões de alta qualidade para manufatura de coque e desejam fazer o máximo uso de carvões indígenas para reduzirem ao mínimo o montante das suas importações.

A prática usual em fábricas de coque é a de misturar pequenas proporções de carvões pouco voláteis com carvão muito volátil. O uso de carvões muito voláteis tende a produzir coques mais fracos e produções mais baixas. Carvões pouco voláteis melhoram a produção de coque e a sua estrutura física, mas a quantidade que se pode usar deste tipo de carvão é limitada devido à sua tendência para expansão sob condições de carbonização, de que podem resultar avarias no fogão. Acresce ainda que este carvão é mais caro do que o muito volátil.

O conteúdo de matéria volátil do carvão na maior parte do mundo é de entre 20 e 30 por cento, como se mostra no Quadro 8.1, se bem que esta percentagem varie de harmonia com os carvões existentes em cada região a um preço de concorrência. A tendência para usar lotações de carvão com cerca de 27 por cento de matéria volátil passará a ser prática corrente porque uma mistura com esta característica é aquela que mais se aproxima de resultados ótimos, tanto tecnológicos como económicos.

QUADRO 8.1 - GAMA DO TEOR DE MATÉRIA VOLÁTIL E PRODUÇÃO DE COQUE EM CERTOS PAÍSES

País	Matéria volátil* percentagem	Produção de coque* por ton. de carvão
Bélgica	24 - 27	0,77
França	22 - 31	0,75
Itália	24 - 25	0,78
Holanda	23 - 30	0,78
Rep. Fed. Alemã	20 - 27	0,75
Japão	25 - 32	0,71
Reino Unido	24 - 32	0,71
EUA	26 - 34	0,74

* Percentagem em seco.

8.3 Preparação de carvão

A preparação de carvões por esmagamento, peneiramento e mistura antes de serem levados para as estufas para carbonização é prática comum nas fábricas de produção de coque. Todavia, em anos recentes o assunto tem recebido grande atenção porque o conhecimento hoje existente da tecnologia requerida indica que uma melhor preparação da carga de carvão ajuda a manufatura de coque de boa qualidade, aumenta a produção do forno e facilita o uso de carvões mais fracos nas lotações do carvão. Quaisquer desenvolvimentos resultantes do uso de carvões mais baratos são muito significativos porque qualquer redução no custo do carvão leva a uma economia aproximadamente semelhante no custo do coque.

Os processos convencionais de esmagamento são aqueles que geralmente se empregam na preparação de carvão para manufatura de coque e se baseiam na redução do carvão até uns 80 por cento com menos de três milímetros numa simples passagem por um moinho de martelete-pilão. De esta operação resulta uma grande variedade de partículas de dimensões inferiores a 3mm com uma vasta proporção de chispas indesejáveis. Os constituintes mais fortes e mais inertes do carvão se acumulam nas frações mais grossas enquanto que os constituintes mais quebradiços e mais facilmente fundentes ficam reduzidos a partículas de dimensões minúsculas. A presença de constituintes inertes mais grossos em carvões para fabricação de coque levam a um coque não homogêneo com fraquezas estruturais e a conseqüente baixa resistência.

Os componentes quebradiços, conhecidos pelos nomes de vidrados e clarificados, são primordialmente responsáveis pela aglutinação do coque numa massa sólida e robusta e subdivisão excessiva de estes componentes poro além da dimensão da partícula do material 'inerte' tem um efeito prejudicial na resistência desta aglutinação. Para eliminar esta dificuldade foi evoluído um método de trituração seletiva do carvão. Com este método o carvão, ao ser recebido, é peneirado para remover todo o material existente que tenha partículas com uma dimensão inferior, digamos, a 3mm. As dimensões maiores são sujeitas a esmagamento e depois adicionadas à entrada do carvão antes do peneiramento. O grau de esmagamento e o grau de recirculação são ajustáveis para um nível ótimo. Assim se obtém uma distribuição de partículas com dimensões mais uniformes e uma pronunciada redução na quantidade de chispas. Se melhora também a distribuição de partículas de material inerte.

O esmagamento seletivo pode ser utilizado por duas formas:-

- (1) A mesma mistura de carvão pode ser mantida com esmagamento seletivo, produzindo portanto um coque mais forte de que resulta uma maior produção de coque para uso em altas-fornos. Se pode esperar um aumento de produção à volta de dois ou três por cento, uma percentagem que se reflete mais ou menos identicamente nos custos totais de produção de coque.
- (2) Se pode manter a resistência do coque ao mesmo nível com uma maior proporção de carvões mais baratos e de carvões não coqueificantes adicionados à mistura. A quantidade exata que se pode adicionar dependerá das características de estes carvões.

O custo adicional da preparação de uma carga de carvão por esmagamento seletivo se calcula ser um dólar por tonelada do coque produzido. É de prever que as economias possíveis pela redução do custo do carvão por tonelada de coque será maior do que o custo de esmagamento seletivo. Devido a esta vantagem econômica este método de preparação de carvão está sendo usado em um número de países, particularmente na França, na Índia e nos EUA, e a sua aplicação deve, sem dúvida, ser considerada para instalações existentes e para aquelas a construir no futuro.

8.4 Secagem e pré-aquecimento da carga de carvão

A técnica de secagem e pré-aquecimento de misturas de carvão antes de serem carregadas nos fornos não é uma técnica nova e já se faziam experiências, em 1926, com carvão pré-aquecido a 150°C com um aumento de 15 por cento na produção. O método oferece a mais importante das possibilidades para aumentar o rendimento global de um forno não só pelo incremento na densidade total mas também pela redução no período de cozedura. Os resultados variam de forno para forno e também consoante as lotações de carvão como se mostra no Quadro 8.2. Ensaio feito na Grã-Bretanha mostraram que quando o teor de humidade numa lotação de carvão é reduzido de, digamos, 10 para 3 por cento, a produção global é aumentada até 20 por cento com as mesmas temperaturas de descarga. Se, além da secagem, a mistura de carvão for aquecida até temperaturas de forno na região de 200°C, a produção global de coque pode ser aumentada ainda mais 25 a 30 por cento. Experiências em pré-aquecimento, realizadas na Austrália e nos EUA, ofereceram produções semelhantes, com temperaturas de pré-aquecimento de 150°C produzindo um melhoramento global no rendimento, em excesso de 25 por cento. Se calculou que esta percentagem é constituída por um melhoramento de 13 por cento na secagem, 7 por cento devido a redução do período de coqueificação e o restante devido a melhoramentos na produção de coque utilizável. Pré-aquecimentos a 300°C produziram ganhos na região de 35 por cento em produção. Estudos feitos nos EUA revelaram que o pré-aquecimento leva a um aumento nas pressões contra as paredes do forno durante a coqueificação. A pré-aquecimentos baixos este fato não é sério, mas a temperaturas mais altas de pré-aquecimento as pressões contra as paredes do forno aumentaram até 27 por cento. Estes aumentos têm de ser considerados durante a construção do forno, principalmente em casos de reconstrução de uma instalação existente que, originalmente, não tinha sido desenhada para suportar semelhante condição.

Aumento em produções globais e possíveis economias no custo de combustível não constituem os únicos pontos em favor de esta técnica. Foi verificado que misturas de carvão com altas proporções de carvões coqueificantes fracos podem ser acomodados em lotações sem que seja necessário existir uma redução na qualidade do coque quando se proceda a pré-aquecimento ou, alternativamente, que coques de melhor qualidade podem ser obtidos quando se faça uso de carvões com boas propriedades coqueificantes. Geralmente se dá um beneficiamento na solidez e na resistência abrasiva, que é particularmente distinguida e se julga provir das maiores densidades totais obtidas. Os substanciais melhoramentos nos índices Micum (ver nota abaixo) são evidentes no Quadro 8.2.

Índice Micum: Resistência a estilhaçamento e abrasão de coque segundo a definição da Norma Britânica 1016; outras normas nacionais expressam índices equivalentes.

QUADRO 8,2 EFEITOS DO PRÉ-AQUECIMENTO DO CARVÃO

Mistura do Carvão	A		B		C		D		E	
Materia volátil (daf) %	27.1		34.9		35.2		37.0		37.6	
Índice de incham	8		8½		8		7		6	
Carbono (dmf) %	85.4		88.1		86.0		88.8		88.7	
Condição da carga	Molhada	Pré-aquec.	Molhada	Pré-aquec.	Molhada	Pré-aquec.	Molhada	Pré-aquec.	Molhada	Pré-aquec.
Temp. de pré-aquec. °C	-	190	-	180	-	180	-	190	-	170
Dens. global da carga db kg/m ³	723	833	725	833	698	833	731	833	693	833
Período de carbonização h	10.3	14.4	15.7	14.8	17.7	14.4	16.0	12.0	18.0	14.7
Produção global forno db kg/m ³ h	44.4	57.9	43.5	56.4	30.4	55.6	45.7	69.4	33.5	55.7
Aumento de produção global %	-	30.7	-	29.9	-	45.3	-	51.9	-	46.5
Índices Micum** do coque										
(a) M10	73.2	73.0	59.6	71.7	63.9	70.8	56.6	68.7	50.6	57.9
Aumento	-	0.4	-	12.1	-	6.9	-	12.1	-	7.3
(b) M10	9.6	7.4	10.0	7.6	8.9	7.5	10.2	8.2	10.8	8.5
Diminuição	-	2.2	-	2.4	-	1.4	-	2.0	-	2.3
Produção líquida de gás	0.116	0.031	0.166	0.045	0.193	0.036	0.134	0.034	0.162	0.041
<p>daf = sem cinza seca</p> <p>dmf = sem matéria mineral seca</p> <p>db = base seca</p> <p>* = Temperatura do carvão logo após carregamento do forno</p> <p>** = Conforme Especificação Norma Britânica 1016</p> <p>Fonte = British Coke Research Association</p>										

Segundo trabalho efetuado na URSS, o pré-aquecimento parece oferecer a vantagem adicional de reduzir o teor de enxofre no coque. Experiências feitas com pré-aquecimento a 350°C levaram à liberação de quase o dobro do enxofre normalmente liberado na fabricação de coque. Todavia, esta característica não tem sido confirmada por trabalhos realizados noutros países.

Os resultados obtidos no Reino Unido com experiências de pré-aquecimento sugerem que se possa obter um pequeno benefício financeiro de entre 1 e 2 dólares por tonelada. Consequentemente se trata de um método atraente para aumentar a capacidade de uma instalação já existente. Todavia, é essencial verificar o rendimento da mistura de carvão a ser usada antes de fazer modificações na instalação. Como se está adquirindo experiência maior de dia para dia é natural que dentro de um futuro próximo seja instalado um certo número de fábricas para pré-aquecimento de cargas de carvão.

Carregamento de carvão pré-aquecido

Onde quer que se faça uso de pré-aquecimento de carvão é necessário decidir o método de efetivação da sua carga. Este método tem de se coadunar com o desenho da instalação além de que influencia o controle da poluição na usina.

Se encontram em operação dois métodos principais para carregamento de carvão pré-aquecido; o primeiro faz uso de uma tubagem e o segundo de um carro de carga sem fumaça. O método de carregamento por tubagem, o usado presentemente nos EUA, tem a importante vantagem de serem renovados completamente o gás e o fumo de descarga. O método requer também um custo capital inferior ao do carro de carga. Todavia, o processo por tubagem é mais moroso do que o de carro de carga e a tendência para fluidez deste método leva a uma densidade global mais baixa da carga, com menor peso e carbonização mais lenta. A redução na densidade global afeta também as propriedades do coque e, conseqüentemente, coque produzido em estufas carregadas por tubagem não é, geralmente, de tão boa qualidade como aquele produzido em estufas carregadas por carro embora fazendo uso da mesma mistura de carvão. Olhando para o problema duma maneira geral esperamos que cargas por tubagem sejam preferidas a carros sem fumaça em localidades onde o controle da poluição constitua um problema de importância capital. Em outras situações, todavia, nos parece existir muito pouco por onde escolher entre os dois métodos.

8.5 Maior capacidade das estufas

Com o propósito de aumentar a capacidade os comprimentos dos fornos têm sido acrescidos continuamente e a maioria dos fornos novos têm hoje aproximadamente 15 metros de comprimento. Não esperamos que os fornos aumentem significativamente a sua dimensão para além dos 16 metros, porque a fricção e a inércia da carga no forno seriam tais que demandariam uma ação impelidora que poderia danificar fisicamente o coque. Além disso, quanto maior for a parede do forno tanto mais difícil se torna garantir um aquecimento uniforme e eficiente.

Aumentos na capacidade do forno podem ser obtidos por aumentos na sua largura, mas isto leva a uma produtividade menor devido à desproporção e efeito adverso

no regime de carbonização. De fato tem havido uma tendência mais particularmente na URSS, para a redução das larguras dos fornos da medida geralmente acordada de 0,45 metros para 0,40 metros o que permite o aumento da produção de coque até 5 por cento mais devido a uma carbonização mais rápida.

A tendência principal é para aumentar a altura do forno. Se bem que a maioria das usinas faça uso de fornos com 4 a 5 metros de altura, alguns países têm estado a utilizar, já há alguns anos, fornos que chegam aos 6 metros de altura. A maior parte dos fornos presentemente em construção possui alturas aproximadas a 6 metros, o que representa um aumento imediato de 50 por cento na capacidade do forno e um aumento semelhante em produção global sobre os fornos de 4 metros, em existência. Tem sido afirmado que se obtém uma economia aproximada a 10 por cento nos custos capitais por unidade em produção resultantes do aumento das alturas dos fornos de 4 para 6 metros com o custo da mão-de-obra reduzidos a dois terços aproximadamente. O Japão está atualmente a usar fornos de 7 metros, considerando seriamente o desenho de fornos de 8 metros. Embora acreditemos que semelhantes fornos sejam praticáveis temos poucas provas sobre o seu efeito na qualidade do coque. Por outro lado existem publicações descrevendo dificuldades sérias que têm sido encontradas e que incluem depósitos de carbono no forno, aquecimento desigual, carência do controle da temperatura e um encolhimento marcado na carga linear. Os problemas de manutenção se aumentam também com estes fornos e se tornou mais difícil a vedação eficiente da porta. Consideramos que estas dificuldades, aliadas a um aumento na gama de densidade global dentro da carga, afetarão adversamente a qualidade do coque. Será necessário muito mais trabalho de engenharia e de desenvolvimento para eliminar estes problemas. Em seu crédito se pode dizer, no entanto, que existem provas sólidas de uma melhor qualidade dos produtos derivados provavelmente devido à passagem de gases por período mais longo através do coque quente. Não obstante as dificuldades de natureza técnica parece estar bem estabelecida a tendência para aumentar a altura dos fornos.

8.6 Maior regime de coqueificação

A atual tendência na indústria é para desenhar com o objetivo de conseguir o maior regime possível com o propósito de economizar tanto nos encargos capitais da unidade como nos custos operacionais. Têm recentemente sido construídas instalações capazes de velocidades de carbonização lateral superiores a 30mm por hora, comparadas com os regimes tradicionais de uns 25mm por hora. Os desenhos mais modernos facultam carbonização que vai até aos 35mm por hora.

São muitos aqueles fatores que contribuem para um aumento no regime de coqueificação de uma determinada mistura de carvão. Os fatores que exercem a maior influência são a temperatura da carbonização, a espessura das paredes da câmara e a condutividade térmica dos refratários na câmara.

Sem serem feitas modificações no desenho do forno é possível aumentar o regime de carbonização em cerca de 10mm hora por meio de um aumento de pouco mais de 200°C na temperatura de descarga mas isto significa operação com as descargas a uns 1500°C. A tal temperatura os refratários na parede do forno se encontram no seu limi-

te de operação segura sob condições de carga quente. Por consequência as temperaturas de descarga têm sido limitadas a cerca de 1400°C, um aumento nos regimes de carbonização de 10mm por hora, fazendo uso de refratários com uma condutividade térmica mais elevada e paredes de forno menos espessas. A condutividade térmica de refratários silícios de alta densidade é cerca de 20 por cento mais elevada do que a dos refratários silícios normais. Tem sido afirmado que o uso de refratários silícios de alta densidade tem aumentado o regime de carbonização em, pelo menos, 20 por cento. Tem também sido obtido um aumento semelhante modificando o desenho da parede do forno para que seja menos espessa.

Sem dúvida o futuro desenho de fornos tomará em consideração todos os três fatores a fim de ser obtido o mais elevado regime possível de coqueificação, tomando vantagem de qualquer melhoramento que tenha sido feito na condutividade térmica ou no rendimento de carga quente dos refratários, equilibrando as demandas em conflito de uma maior altura de forno e da transferência térmica sobre a espessura da parede.

8.7 Usinas para produtos derivados

A escolha dos dois métodos principais para a processagem de derivados fica à descrição dos operadores das usinas. O primeiro método requer processagens por meios muito avançados dos vários sub-produtos exigindo grande investimento de capitais se bem que produza derivados de grande valia. O outro método é o de simplificar a usina do produto derivado tanto quanto seja possível, tendo em mente a necessidade de limpar os gases do forno para padrões adequados, evitando poluição que exceda os limites legais. Embora no passado tenha sido construído um número considerável de usinas nos EUA e na Europa, do primeiro tipo mencionado, para produção em grande escala de amoníaco e outros produtos químicos, temos a impressão de que novas usinas a serem construídas serão da variedade mais simples, isto é, da segunda mencionada.

O recente crescimento da indústria petro-química resultou num decréscimo nas receitas disponíveis entre os industriais com fornos de coque, provindas da venda dos derivados, principalmente no quanto respeito ao sulfato de amônio. De fato, desde o decênio de 1950 as referidas receitas têm descido continuamente em termos econômicos reais a uma média aproximada de 1,3 por cento, por ano. Benzol continua a ser extraído porque este produto ainda comanda uma boa posição no mercado. O alcatrão é normalmente removido, seja qual for a situação e é geralmente vendido. Todavia, não será recolhido o amoníaco que será lavado do gás do forno de coque e queimado. Dentro dos próximos dez anos esta prática vai ficar bem estabelecida. Além disso, a ênfase cada vez maior em controle do gás de combustão significará que o amoníaco continuará a ser extraído dos gases dos fornos de coque.

8.8 O futuro da manufatura convencional de coque e o seu valor econômico unitário

Durante os últimos dez ou quinze anos os avanços técnicos em desenho e operação de fornos de coque têm permitido a instalação de fornos mais altos e, bem assim, em alguns casos, equipamento de pré-aquecimento e aplicação de modificações a um

número vário de processos, tudo redundando em maior produção e em um decréscimo no custo de fabricação de coque. Embora estes desenvolvimentos tenham feito uma contribuição útil para as novas instalações, na maioria dos casos as usinas existentes não têm podido granjear todos os efeitos benéficos.

Modificações nas práticas de utilização de fornos que levam a um aumento da produção global demandam, regra geral, alterações na usina nas áreas mais intrincadas da produção do derivado e na maquinaria para o manuseamento do material. Tal fato, portanto, reduz a amplitude das modificações que podem ser feitas à maquinaria existente e, em termos gerais, grandes partes dos novos métodos descobertos só podem ser incorporados construindo instalações absolutamente novas. No entanto, esperamos que durante a próxima década sejam postos em prática numa escala muito ampla os desenvolvimentos descritos neste capítulo, se bem que não sejam de esperar mudanças fundamentais nos processos convencionais.

Os fornos mais avançados que se encontrem em construção nos fins desta década terão uma câmara com um comprimento aproximado de 16 metros, uma altura de 7,5 metros e uma largura de 425mm o que permite um volume de carga no fogão de 51 metros cúbicos. Uma bateria de uns 80 fornos com estas dimensões pode ser tratada como sendo uma unidade individual. Quando carregada com uma mistura de carvão pré-aquecido a uns 180°C, carbonizando a um regime de 35mm por hora, tal bateria deve ser capaz de produzir à volta de 1,6 milhões de toneladas de coque por ano. Uma instalação constituída por duas baterias deste tipo será capaz de servir uma aceraria produzindo 7 milhões de toneladas de aço líquido por ano.

Muitos dos desenvolvimentos discutidos até ao presente trazem consigo benefícios económicos que são aditivos. Todavia, se não espera que as economias obtidas eliminem o aumento nos custos labo-reiros e o controle da poluição ou as perdas em receita dos derivados.

CAPÍTULO 9 - FABRICAÇÃO DE COQUE "FORMADO"

Durante os últimos dez anos têm sido feitos esforços consideráveis para encontrar uma alternativa economicamente aceitável para o coque metalúrgico como principal redutante em altos-fornos. "Coque formado" parece ser o único material que mostra qualquer promessa de um sucesso comercial imediato. Conseqüentemente as investigações se têm concentrado mais em processos que produzam este material e se mostra no Quadro 9.1 uma classificação simples de processos não convencionais para a fabricação de coque. Os mais eminentes peritos na fabricação de coque concordam que o coque formado não deve ser superior, em uso, ao coque metalúrgico de boa qualidade produzido por métodos convencionais. Portanto, o objetivo tem sido o estudo de processos que utilizem carvões mais baratos, que não são mais dispendiosos do que os usados na produção convencional de coque e que ofereçam um produto adequado, em primeira instância, para lotação com coque metalúrgico semi afetar, adversamente, o rendimento do alto-forno. A tendência para o uso de coque formado será determinada pela sua disponibilidade e pelo custo dos carvões metalúrgicos para coqueificação e não tanto pela tecnologia atingida nos processos de coque formado.

9.1 Processos para fabricação de coque formado

O coque formado é fabricado por carvões carbonizados ou parcialmente carbonizados não-coqueificantes ou de fraca coqueificação, com as necessárias propriedades mecânicas provenientes de briquetagem antes ou depois da carbonização. Em anos recentes têm sido descritos vários processos para a manufatura de coque formado. Até hoje são poucos aqueles usados comercialmente e ainda não apareceu um único processo que se possa chamar o 'indiscutível'.

Os processos existentes para a fabricação de coque formado podem ser enunciados pelo número de estágios de tratamento térmico utilizada, pelo grau de desvolatização ou de carbonização antes da briquetagem e pelo fato da briquetagem ser ou não ser assistida pela adição de um aglutinante. Processos que requeiram aglutinação à frio, por pelletização do carvão cru, seguido por carbonização do material aglutinado, e processos que requeiram uma simples carbonização de briquetes de carvão cru ainda não ofereceram um produto satisfatório. Processos que incluem tratamento térmico do carvão cru seguido por briquetagem e, subseqüentemente, carbonização têm criado um interesse considerável; foram desenvolvidos alguns destes métodos mas os mais importantes podem ser ilustrados examinando os pontos salientes em três de eles, cada um dos quais está

QUADRO 9.1 - CLASSIFICAÇÃO SIMPLES, COM EXEMPLOS, DE PROCESSOS DE FABRICAÇÃO DE 'COQUE' NÃO-CLASSICO

Tipos de processo	Exemplos	Descrição
1. Carbonização direta sem briquetagem) com produtos em torres	Wise-Salen (EUA)	Carbonização contínua em estufa rotativa
	Mizme-Tangil (URSS)	Carbonização contínua em estufa rotativa
2. Briquetes de carvão ou são carbonizados	Bilkentot-Rammier (Rep. Fed. Alemã)	Carvão castanho briquetado, seco e carbonizado em câmaras verticais
	Noruega	Carvão triturado briquetado; pré-aquecido; carbonizado em câmaras verticais contínuas
3. Carbonização inicial a) à baixa temperatura; b) coque conformado	EMC (EUA)	Carvão altamente volátil, não-compactante, convertido em alcatrão por carbonização em cama fluida multi-fásica; carvão vegetal briquetado com aglutinante incorporado alcatrão obtido no estágio anterior; carbonização final em retortas verticais contínuas.
	Sapoznikov (URSS)	Carvão fino amolecido por aquecimento rápido numa câmara de turbilhão; briquetagem praticamente obtida no primeiro estágio; carbonização final em fornos de câmara contínua vertical.
4. Carbonização inicial a) à alta temperatura	Polónia	Carvão vegetal por carbonização Lurgi-Spulgas; briquetagem com aglutinante incorporando breu do alcatrão obtido no primeiro estágio; sujeito a tratamento térmico leve em atmosfera oxidante.
	Briquete (Austrália)	Carbonização a alta temperatura de carvão com má qualidade coqueificantes; carvão vegetal triturado e briquetado com aglutinante de breu; tratamento térmico leve seguido por carbonização dos briquetes.
	BRF (Rep. Fed. Alemã)	Carvão não coqueificante desvolatilizado a 600-700°C com carvão coqueificante e briquetagem a quente. Carbonização final a alta temperatura numa cama de areia.

a receber atenção muito séria e vai ser desenvolvido durante os próximos anos. Estes métodos são os processos Bergbau - Forschung (BBF), o Food Manufacturing Corporation (FMC), e Sapozhnikov. Existem também processos comerciais para manufatura de coque formado para uso em fundições mas nós estamos apenas interessados em coque para uso em altos-fornos. O coque para fundição tende a ser denso e incapaz de produzir uma operação eficiente em altos-fornos.

Processo Bergbau - Forschung

Este processo, desenvolvido na República Federal Alemã, faz uso de carvão não coqueificante, de baixa volatilidade, e de bom carvão coqueificado a uma razão aproximada de 7:3. O carvão não coqueificante é, primeiramente, desvolatilizado a uma temperatura à volta de 600-700°C e o resultante carvão vegetal quente misturado com carvão coqueificado a uma temperatura na região de 400°C. A mistura é briquetada à quente numa prensa laminante para produzir briquetes 'verdes' com 7 a 8 por cento de matéria volátil, o breu do carvão coqueificado servindo de aglutinante. A esta operação segue-se mais a carbonização num carbonizador de areia a uma temperatura entre 900-1000°C. Na Figura 9.1 se mostra uma representação diagramática do processo. O coque formado tem um teor volátil de cerca 1 por cento. Se encontra em operação uma instalação piloto com uma capacidade de 50 toneladas por dia e, segundo consta, está em construção em Essen na República Federal Alemã uma usina com a capacidade de 300 toneladas por dia.

Processo FMC

Este processo, que está sendo operado numa base comercial, é capaz de utilizar qualquer carvão não coqueificante com alto teor de volatilidade e foi evoluído nos EUA. O carvão é primeiramente carbonizado numa secção de cama fluida na usina e o alcatrão produzido é usado como aglutinante para o carvão vegetal. A briquetagem é feita por prensa de rolos; os briquetes verdes são 'curados' na região de 500°C e, finalmente, carbonizados a entre 900-1000°C em uma retorta vertical contínua. O produto formado tem um teor volátil de entre 1 a 2 por cento. Se encontra em operação uma usina com uma capacidade diária de 250 toneladas. Esta usina está instalada em Kemmerer Wyoming, EUA. O processo está exemplificado, em forma de diagrama, no Figura 9.1.

A Consolidation Coal Company desenvolveu um processo correlativo que usa carvão de alta volatilidade em cama fluida e a alimentação subsequente de este carvão vegetal, possivelmente com algum carvão coqueificado esmagado e carvão miúdo, é feita a um torno rotativo, ligeiramente inclinado que trabalha a 450°C. As pelotas (12-50mm) são produzidas no forno por ação rotativa e pelo efeito aderente do carvão coqueificado ou breu. Estas pelotas são carbonizadas em retortas verticais. O teor volátil é inferior a 1 por cento e, segundo se diz, é fisicamente equivalente ao coque de forno, incluindo a sua resistência abrasiva. Está sendo construída uma usina para semi-produção por este processo em Bethlehem Steel, Maryland, EUA.

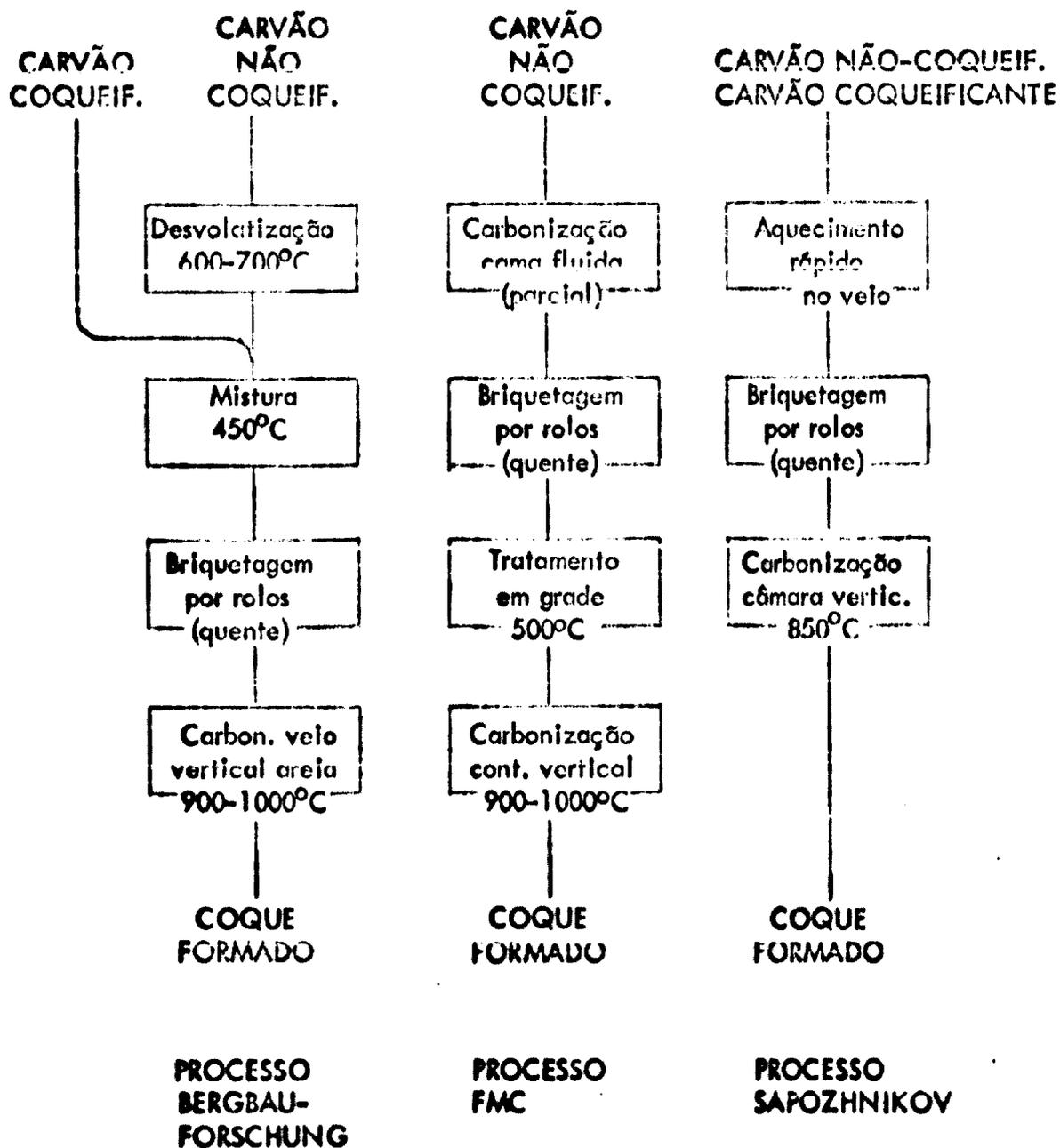


FIGURA 9.1 - PROCESSOS DE COQUE FORMADO

Processo Sapozhnikov

Este processo foi desenvolvido na URSS. Carvão não coqueificante de alta volatilização ou carvão coqueificante de teor fraco é aquecido rapidamente e ligeiramente desvolatilizado seguindo-se-lhe uma operação de briquetagem à quente. Os briquetes são seguidamente carbonizados em câmaras contínuas verticais a 850°C. A carbonização final tem de ser rigorosamente controlada para que os briquetes com alta volatilização não sejam destruídos durante o processo. Segundo se diz esta sequência produz equivalência estrutural mais próxima da do coque para fornos. Na Figura 9.1 se dá um diagrama do caudal deste processo. O processo, em si, tem produzido problemas operacionais na primeira usina piloto. Esta usina tem um regime de trabalho de 3,5 toneladas por hora. Acaba de entrar em operação recentemente uma segunda usina piloto com um regime de 6 toneladas por hora.

Dois dos três processos, o BBF e o Sapozhnikov, usam uma certa quantidade de carvão coqueificante. Isto pode ser considerado como sendo uma desvantagem no sentido de que aumenta, provavelmente, o custo do carvão alimentado mas, em contrapartida, parece simplificar o processo. O método FMC, no qual toda a carga pode ser de carvão não coqueificante parece mais complexo em operação e, provavelmente, de maior custo capital.

Uma consideração das vantagens e desvantagens dos vários processos examinados até ao presente é mais do que suficiente para se concluir que carbonização, tanto com gás quente ou com areia, associada com produção contínua, será a forma adotada para todos os futuros desenvolvimentos em que se faça uso de briquetes.

9.2 Propriedades do coque formado

Consideração das propriedades de coque formado se pode fazer melhor comparando essas propriedades com as do coque convencional para altos fornos. No Quadro 9.2 se apresentam propriedades físicas típicas do carvão formado e do carvão convencional.

A densidade global determina a flutuação do coque no aglutinante. Portanto, importante se torna que esta seja da mesma ordem. As características estruturais conforme representadas pela resistência ao trituramento e pelos índices Micum também se verificam ser satisfatórias. Outras experiências confirmam as propriedades abrasivas e de estilhaçamento. Cifras publicadas relativas aos briquetes BBF e FMC mostram que os índices Micum são superiores a 75 por cento sobre 40mm e não superiores a 8 por cento abaixo de 10mm (bom coque convencional).

Tanto a dimensão média como a gama dimensional do coque para altos fornos foi consideravelmente reduzida em anos recentes e os presentes métodos avançados de operação demandam torrões de coque de entre 20 e 65mm não tendo mais do que 5 por cento de torrões com menos de 10mm. Uma grande vantagem do coque formado é a facilidade com que se podem controlar tanto a dimensão como o feitio dos briquetes para influenciar a característica de enchimento da carga.

Muito tem sido escrito sobre a matéria da reação do coque mas ainda não foi possível compreender totalmente a missão dessa reatividade. O coque tem de produzir

uma reação que seja suficientemente elevada para assegurar um queimamento rápido nas tubagens mas, ao mesmo tempo, baixa bastante para permitir que o coque chegue às tubagens em grande parte não queimado. As condições de reação dentro do forno não são fáceis de simular em um laboratório e, conseqüentemente, o significado de diferenças em rendimentos da reação de coque formado ou coque natural é difícil de ajuizar. Existem provos de que a micro-reação de coque formado é mais elevada do que a do coque convencional devido à sua mais baixa temperatura de carbonização, mas este fato é de certo modo contrabalançado pela taxa mais reduzida da área de superfície do torrão em relação ao volume, e, portanto uma reatividade global mais baixa dos briquetes de configuração regular. Existe experiência insuficiente de trabalho de altos-fornos a operar com coque formado para se determinar se esta diferença é importante.

QUADRO 9.2 - PROPRIEDADES DO COQUE FORMADO COMPARADAS COM AS DO COQUE CONVENCIONAL

Material	Dimensão	Peso	Cinza	Enxofre	Porosidade	Resistência à trituração	M10	M40	Densidade Global
	mm	g	db %	db %	%	kg			kg/m ³
Coque para forno	40-100	100-500	9.4	0.86	48-53	300	7.5	70	450-500
Coque formado BBF	47x60 x35	44	7.0	0.82	59	260	7.1	-	495
Coque formado FMC	39x25 x24	19			50	380	7.7	-	480

Briquetes BBF 'verdes'	60x45 x31	60			35	210	9.3	83	578

db = Base seca M10 e M40 = Índices Micum (Norma Brit. 1016)

Os coques a que o Quadro faz referência possuem características térmicas semelhantes.

A análise química, tanto do coque formado como do coque convencional, é em grande parte determinada pela análise do carvão original. Bom carvão metalúrgico produzirá um coque com um teor de cinza inferior a 8 por cento e de enxofre inferior a 1 por cento. Existem carvões não coqueificantes com uma análise comparável.

Pode ser pelo argumento acima exposto que podem ser produzidos coques formados com propriedades individuais comparáveis às do coque convencional. O operador de altos-fornos, contudo, só está interessado nas propriedades de coque formado no quanto estas afetam, em três áreas, a operação da sua fornalha: (i) produtividade, (ii) razão de coque por tonelada de metal quente, (iii) análise do metal quente. Tais características de operação só podem ser determinadas por ensaios de rendimento em altos-fornos.

9.3 Experiências de produção de ferro em altos-fornos com coque formado

Todos quantos se dedicam, no momento presente, a experiências de produção de ferro em altos-fornos com coque formado têm revelado uma certa reticência sobre os resultados do seu trabalho. Se bem que tenha sido publicada uma certa quantidade de informações, os elementos informativos essenciais à determinação do seu sucesso relativo não foram tornados públicos. Sem dúvida se trata de uma indicação do valor comercial que a indústria siderúrgica dá ao coque formado.

Nos últimos tempos se têm feito várias experiências em manufatura de ferro em alguns países, incluindo a República Federal Alemã, o Reino Unido, a URSS e os EUA. Os resultados destas experiências indicaram que o coque formado pode passar a ser um substituto do coque metalúrgico convencional. Alguns dos aspectos importantes de estas experiências se encontram descritas seguidamente.

As experiências que foram levadas a cabo na República Federal Alemã com coque formado, produzido pelo processo Bergbau-Forschung, foram anunciadas como tendo produzido resultados animadores. O alto-forno em que foram conduzidas as experiências tem um forno de fundição com 6,8 metros de diâmetro e normalmente, com carvão convencional, produz entre 1.250 a 1.350 toneladas de metal quente por dia. Segundo foi afirmado a operação do forno foi satisfatória durante o período experimental, embora o consumo de coque formado fosse 18 por cento mais alta do que a trabalhar com coque convencional. Todavia, uma vez se tome em consideração a matéria altamente volátil e o teor de umidade do coque formado, a necessidade correta de coque foi calculada como sendo à volta de 2 por cento sobre o valor normal. A produtividade do forno com coque formado desceu cerca de 7 por cento mas isto se deveu, provavelmente, às flutuações na humidade do coque. Foram também experimentados briquetes 'verdes' não carbonizados sem qualquer efeito adverso. Foi sugerido que se for possível eliminar o estágio final de carbonização o custo de produto cerca de \$4 por tonelada.

A British Steel Corporation anunciou que as suas experiências recentes no alto-forno com 3.000 toneladas de coque formado Bergbau-Forschung na sua aceraria em East Moors, foram concluídas satisfatoriamente. Está presentemente em progresso

* para definição ver Apêndice 1

um programa de desenvolvimento que levará à instalação de uma fábrica de coque formado, por alturas de 1980, com uma capacidade de 0,25 milhões de toneladas anuais. Está planejada uma experiência com coque formado FMC a realizar em futuro próximo, a fim de comparar as características dos coques BBF e FMC.

As experiências em fabricação de ferro que foram levadas a cabo na URSS fizeram uso de uma mistura de 50 por cento de coque convencional e 50 por cento de coque formado. O alto-forno usado nestas experiências tem um volume operatório de 750 metros cúbicos. Os resultados foram, sem dúvida, encorajantes, no fato de que a produtividade da fornalha aumentou em mais de 4 por cento, com menos de 1 por cento no aumento de consumo de coque por tonelada de metal quente produzido. Estão planejadas mais experiências com 100 por cento de coque formado como carga do alto-forno. Outrossim, os russos anunciaram que por alturas de 1975 terão em laboração uma instalação capaz de fabricar entre 1 e 1,5 milhões de toneladas de coque formado por ano.

As experiências do alto-forno experimental da US Steel Corporation (um forno com 1,2 metros de diâmetro) fazendo uso de 100 por cento de briquetes de coque formado FMC como carga foram anunciadas como tendo produzido variações relativamente pequenas no consumo de coque e produtividade do forno em relação a operações normais feitas com coque convencional. Após estas experiências foram programadas experiências em grande escala na aceraria da Armco Steel Corporation. Durante estas experiências a operação do forno foi grandemente afetada pelo alto teor de chispas na carga de coque formado. Em virtude destes resultados, o processo FMC foi modificado para produzir coque formado com melhores propriedades.

9.4 O futuro do coque formado em altos-fornos

É nossa convicção firme que os altos-fornos continuarão a dominar a produção siderúrgica durante os próximos dois ou três decênios e que as presentes exigências em combustíveis sólidos para altos-fornos variarão muito pouco. As experiências feitas até ao presente em altos-fornos revelaram que se pode fazer uso de coque formado como substituto de coque para fornos, e é de presumir, que produzirá muito pouca diferença nos regimes de coque consumido por altos-fornos.

Dado que o coque formado pode competir, no campo técnico, com o coque convencional, o seu futuro depende do custo relativo do coque natural e do coque formado, tomando em consideração quaisquer pequenas diferenças em consumo do coque e em produtividade do forno.

Ao presente os dados conhecidos e publicados não permitem uma avaliação dos custos da produção comercial de coque formado, embora se afirme que pelos menos dez países têm instalações comerciais ou piloto em operação. Todavia, do ponto de vista das exigências de processamento, parece razoável supor que o custo capital em instalações para manufatura de coque formado é mais elevado do que no caso de instalações de forno ranhurado, sobretudo porque os processos mais prometedores são do tipo estágio múltiplo enquanto que as instalações para produção de coque convencional têm apenas um estágio. Todavia, podem ser operadas continuamente

e isto significa que o seu custo operacional pode bem ser mais baixa do que o das baterias de fornos ranhurados. Conjuntamente, o custo em capital e operação de uma instalação para a manufatura de coque formado pode, portanto, ser comparável com aquele de um forno convencional moderno. A produção muito menor de subprodutos e derivados pelas usinas de fabricação de coque formado poderá reduzir a receita desta fonte, se bem que alguns operadores não considerem isso um problema sério porque o valor dos derivados de coque está a descer, como se faz referência no Artigo 8.7. A distribuição de custos entre coque convencional e coque formado se encontra no Quadro 9.3.

QUADRO 9.3 - DESDOBRAMENTO DOS CUSTOS DA FABRICAÇÃO DE COQUE

Custos centrais	Fornos de coque convencionais	Instalações de coque formado
Mistura de coque coqueificante a 24\$/t	37	-
não-coqueificante a 20\$/t	-	31
Despesas capitais	6	9.5
Custos de operação (inc. serviços nas usinas)	5	4.5
	<hr/>	<hr/>
	48	45
Créditos por produtos derivados	7	4
	<hr/>	<hr/>
TOTAL	41	41

Os custos convencionais das instalações são baseados em 1,5 milhões de toneladas por ano por instalação. Os custos no caso do coque formado são calculados à base de uma instalação de capacidade semelhante. Se torna evidente que o fator de maior significância no custo da manufatura de coque é o custo do carvão. A diferença em preço entre carvão metalúrgico e não coqueificante ou carvão coqueificante fraco é, portanto, decisiva na determinação das vantagens econômicas, se existentes, para uma determinada aplicação de coque formado.

Os custos mostrados no Quadro 9.3 são apropriados para um complexo Europeu onde o carvão tenha de ser importado, seja qual for a sua qualidade. Nestas condições, o preço é muito semelhante para qualquer um dos tipos de carvão. Na presente fase do desenvolvimento é essencial considerar uma certa margem para riscos no processo nôva. É provável que seja necessário um diferencial de entre \$4 a \$6 por tonelada em favor do coque formado, afim de se obter a produção do processo em larga escala. Áreas com fontes locais de carvão não-coqueificante podem bem mostrar diferenciais de \$8 a \$10 por tonelada entre carvões coqueificantes e não-coqueificantes. Nestas circunstâncias deve ser considerada seriamente a produção de coque formado. Os diferenciais não devem ser generalizados e portanto a maioria

das instalações a construir durante a próxima década serão para grandes consumidores de coque para reduzir a sua dependência absoluta em carvão coqueificante.

O crescimento da capacidade para fabricação de coque é, geralmente, baixo e muito inferior à da capacidade de produção siderúrgica. O crescimento anual previsto na indústria siderúrgica, em termos mundiais, é de aproximadamente 5 por cento durante os próximos cinco a dez anos, enquanto que a média de descida na produção de coque, em termos também mundiais, se espera que seja aproximadamente de 2 por cento por ano. Conseqüentemente, as exigências de coque para altos-fornos aumentará apenas em cerca de 3 por cento por ano. Além deste fato as instalações de fornos de coque são de preferência reconstruídas e não substituídas. Por exemplo, durante os anos de 1957/67 quase metade dos fornos completamente reconstruídos nos EUA foram reconstruídos dentro do complexo original ou reconstruídos na base original da instalação. Muitos dos melhoramentos discutidos no Capítulo 8 podem ser incorporados na reconstrução de forma a que se obtenha uma instalação de maior capacidade.

Estes fatores nos levam a concluir que a produção comercial de coque formado crescerá lentamente. É possível prever que ganhe terreno mais rapidamente em países onde existem duas circunstâncias favoráveis ao coque formado. Em primeiro lugar, estes países terão carência de carvão para coque de qualidade adequada mas possuem carvões não-coqueificantes com uma análise aceitável. Em segundo lugar, terão uma intensidade de crescimento da sua indústria siderúrgica acima da média normal, com a conseqüente demanda para novas facilidades para a manufatura de coque. Existirão também ocasiões em que será necessário coque miúdo para concrecionamento. Com regimes muito baixos de coque no alto-forno e com 100 por cento de minério de ferro a ser carregado na forma de concreção, a quantidade total de chispas de coque usada numa instalação de concreção se aproxima de um quarto do coque usado no alto-forno. Chispas de coque formado ou possivelmente carbonizado, mas não em forma de briquetes, deve ser adequado para aplicação em instalações de concreção; esta área é uma daquelas em que a resistência não constitui ponto importante e onde a reatividade é um pouco menos importante do que no alto-forno.

CAPÍTULO 10 - FABRICAÇÃO DE FERRO EM ALTO-FORNO E FUNDIÇÃO ELÉTRICA

10.1 Desenvolvimento do alto-forno

O alto-forno está firmemente estabelecido como sendo o método principal para manufatura do ferro e, hoje em dia, 99 por cento da produção mundial de ferro é obtida por este processo. Os desenvolvimentos que se estão realizando na tecnologia de produção de ferro em altos-fornos são dirigidos no sentido de reduzir ainda mais os custos de produção. Para avaliar a relativa importância dos vários aspectos do processo nestes desenvolvimentos se torna necessário examinar como são constituídos os custos de operação na manufatura de ferro. No Quadro 10.1 mostramos uma itemização típica do custo total do ferro produzido em um alto-forno a uma capacidade de 3 milhões de toneladas de metal quente por ano fazendo uso de minério minado e com um teor de 64% de Fe.

QUADRO 10.1 - DESDOBRAMENTO DOS CUSTOS DE FABRICAÇÃO EM ALTOS FORNOS

Item	\$/t(metal quente)
Minério de ferro - ROM (\$14,5/t)	22
Coque (\$41/t)	20
Outros materiais e todos os custos de conversão	4
Despesas capitais menos créditos (\$0,5/t)	-
	52
Alocação de serviços gerais da usina e fomentação do trabalho	6
TOTAL	58

Desta itemização se verifica que a parte mais volumosa dos custos é dispendida em matérias primas. Como se discute no Capítulo 7, tem existido durante os últimos anos uma tendência para elevar o teor de Fe no minério carregado e, por esse motivo, é comum presentemente que um carga contenha torrões de minério ou aglomerados com teores de Fe superiores a 60 por cento. A menos que se carreguem produtos reduzidos ou sucato, existe muito pouca margem para aumentar o teor de Fe na carga metálica. Conseqüentemente os materiais que possuem ferro deixaram de ser uma matéria importante no estudo de redução de custos. Por outro lado, existem ainda oportunidades para reduzir o montante de coque consumido. Tanto o coque como o seu substituto, o coque formado, são combustíveis relativamente caros além de que ocupam espaço de valia no alto-forno. Muitos dos desenvolvimentos presentemente em estudo se dedicam à redução do teor do coque. Este trabalho vai sem dúvida continuar.

Os outros custos descritos no Quadro 10.1 são muito mais baixos e as economias feitas terão apenas um efeito marginal no custo total do metal quente. Todavia, poderão ser possíveis economias em custo capital que se refletirão nas despesas fundamentais marcâ da aplicação de tecnologia avançada. Melhor rendimento por parte dos materiais, melhor entendimento das complexas reações dentro da fornalha e o uso de automatização são todos fatores contribuintes para redução de custos devido a um aumento na produção. (Para discussão de automatização em altos-fornos consultar o Capítulo 24, Artigo 24.2).

E nestes dois campos da tecnologia, redução em teor de coque e maior produção unitária que se estão dando grandes desenvolvimentos.

10.2 Dimensão e rendimento dos altos-fornos

A tendência de maior nota no desenvolvimento de altos-fornos tem sido o rápido aumento na sua dimensão que, em conjunto com cargas mais ricas, levou a um grande aumento em produção, notavelmente na URSS e no Japão. A figura 10.1 mostra o aumento mundial em produção da melhor qualidade em 1971 onde, foi afirmado que a fornalha Nagoya No.3, do Japão, produziu mais de 8.000 toneladas por dia. No Japão existem atualmente 23 fornaldas com volumes de laboração superiores a 2.000 metros cúbicos, produzindo individualmente mais de 4.000 toneladas de metal quente por dia, existindo além destas, quatro fornaldas com volumes superiores a 4.000 metros cúbicos. O maior alto-forno existente no mundo, em termos de volume, se encontra, segundo se sabe, em Fukuyama, Japão, com um volume de laboração de 4.200 metros cúbicos. Esta fornalha entrou recentemente em laboração e tem uma produção de 11.000 toneladas por dia. O teor de coque utilizado é de 396 kg por tonelada de ferro com injeção de óleo a uma média de 47 kg por tonelada de ferro. A fornalha tem um sistema de carregamento por 4 sinos. A França está construindo uma unidade semelhante que deve entrar em serviço em 1973, enquanto a URSS está planejando uma fornalha de 5000 metros cúbicos. Se espera que dentro de poucos anos sejam realidade fornaldas de 12.000 toneladas por dia porque fornaldas com estas dimensões estão sendo já discutidas seriamente. A descrição que se segue sobre o alto-forno No.1 na aceraria da Oita, no Japão, é típica sobre as possibilidades destas fornaldas de grandes dimensões.

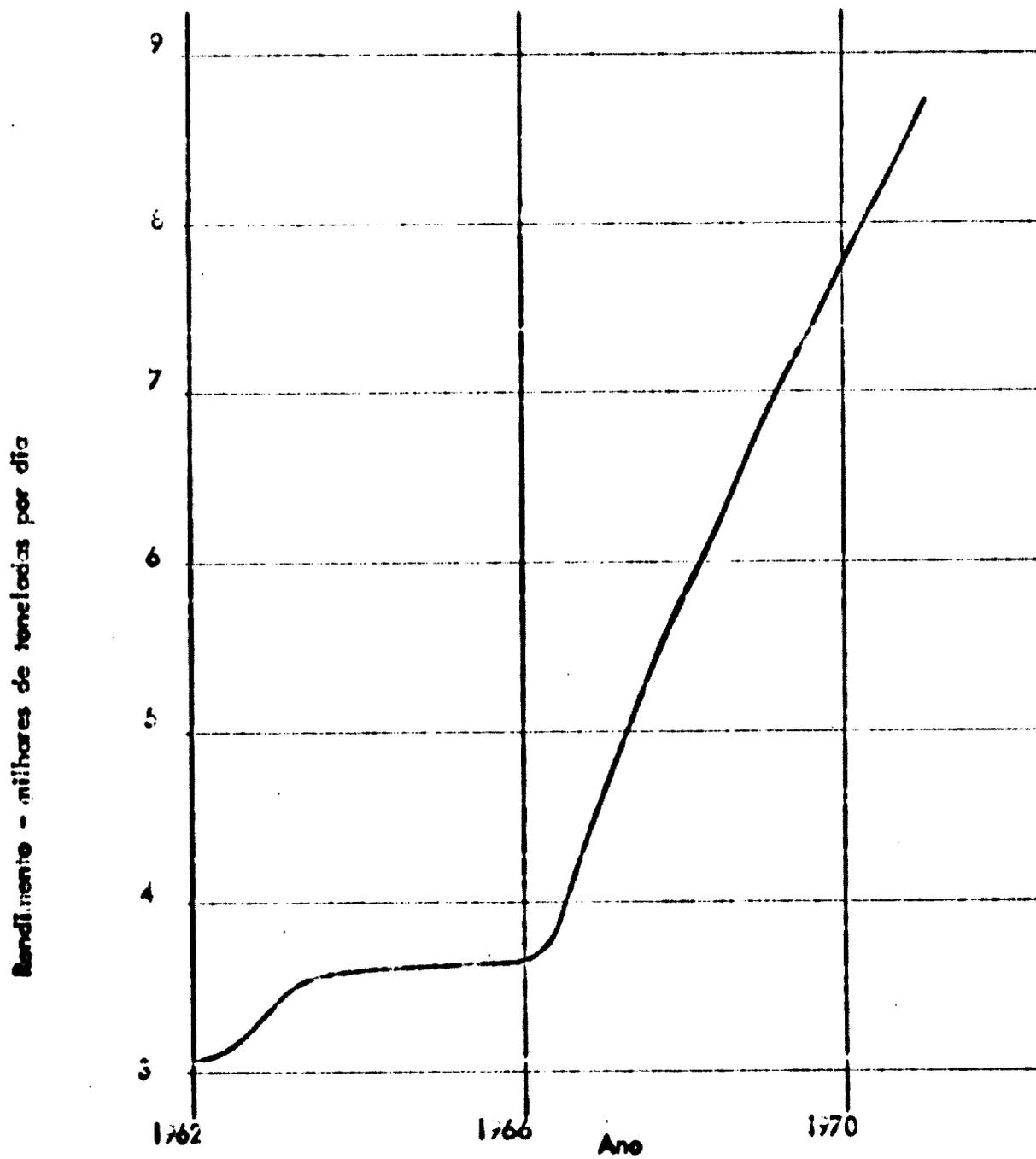


FIGURA 10.1 - OS MELHORES RENDIMENTOS EM ACERARIAS E ALTOS-FORNOS

"Esta fornalha tem uma produção diária de 10.000 toneladas de ferro gusa. O seu volume útil de laboração é de 4.158 metros cúbicos com um diâmetro de forno de fundição de 14 metros. Possui 4 orifícios sangradores, 2 entalhes para escória e 38 alcaravizes com as mais modernas placas de evaporação de arrefecimento por aduelas para alto-forno. Terá uma pressão máxima de 2,4 atmosferas (35,5 lbs.pol.quad.) e uma temperatura de fundição de 1250°C."

O crescimento na dimensão de fornalhas será eventualmente por limitações técnicas ou operacionais mas, presentemente, não existe uma opinião unânime, nos círculos especializados, sobre fatores limitantes. Existem muitos pontos a considerar como, por exemplo, penetração da fundição, operações uniformes, problemas estruturais e manipulação de materiais. Os problemas de operação surgem das dificuldades de assegurar uma distribuição uniforme da carga sobre determinadas áreas do empilhamento da fornalha durante o carregamento e um corrimento uniforme de gases sobre uma encruzilhada com a fundição a entrar apenas junto à periferia, dificuldades que têm fatalmente de aumentar à medida que o diâmetro aumenta. Os problemas estruturais provindos do aumento de peso da fornalha foram resolvidos, até ao momento presente, apoiando a estrutura superior da fornalha em colunas separadas em vez de sobre a carcaça propriamente dita, como era prática comum, até recentemente, em alguns países. A manipulação de materiais se tornará mais difícil porque, para dar vazão ao ferro, ao regime em que é produzido, em fornalhas de grande capacidade é necessário fazer uso de mais do que orifício de sangramento. Dois orifícios de sangramento são agora comuns em fornalhas de grande capacidade, com quatro orifícios de sangramento no caso das fornalhas de dimensões enormes. Orifícios múltiplos de sangramento requerem mais espaço na instalação de fundição, o que levou à remoção de carvoeiras para um local mais distante e a prática, por assim dizer universal, em quase todas as fornalhas modernas, é alimentação por transportador de preferência a uso de um guincho de navio. Mesmo com esta provisão a disposição do ferro e da escória apresenta dificuldades; com uma fornalha com quatro vias de sangramento, este processo é, por assim dizer, praticamente contínuo. É geralmente admitido que as dificuldades em funcionamento e engenharia não pararão o crescimento em volume de fornalhas enquanto o diâmetro do forno de fundição não atingir a roda dos 15 metros. Esta medida deve permitir um aumento considerável em produção tornando possível que se atinjam as 16.000 toneladas por dia, o nível que a British Steel Corporation sugere que deve ser o máximo permissível. A avaliar pelo regime presente de crescimento é possível que este tamanho seja obtido pelo fim desta década.

A produção da fornalha está diretamente relacionada com o diâmetro do forno e o volume da fornalha. Como guia geral se pode afirmar que a produção de uma fornalha é de entre 2,5 a 3 toneladas de metal quente por metro cúbico por dia para instalações modernas e de alto rendimento. Todavia, ao comparar as melhores práticas em diferentes países há também que tomar em consideração o peso da carga por tonelada de metal quente e o teor de coque utilizado. No Japão os volumes de escória de 250 kg por tonelada de metal quente constituem prática normal em fornalhas de alto rendimento. Em muitos outros países os volumes de escória são, com frequência, à volta dos 350 kg por

tonelada. Isto se deve ao uso de minério de graduação ligeiramente mais baixa, e, muitas vezes, à necessidade de manter elevados volumes de escória para acomodar os relativamente elevados teores de enxôfre produzidos pelo coque. No Reino Unido, por exemplo, um teor de enxôfre no coque de 0,9 a 1,2 por cento torna impraticável a operação da fornalha a menos de 350 kg de escória por tonelada.

Um índice útil para a comparação do rendimento de grandes altos-fornos (consultar Apêndice I) é a expressão

$$\frac{P(0,02B + 10)}{72(3,3D - 10)}$$

em que P = Produção de metal quente - tonelada por dia
 B = Peso da carga - kgs por tonelada de metal quente
 (excluindo coque)
 D = Diâmetro do forno da fornalha - metros

A expressão toma em consideração o peso da carga e o diâmetro do forno mas só é válida com fornaldas que tenham diâmetros superiores a 6 metros. (Existe um índice modificado para fornaldas com diâmetros inferiores a 6 metros). O índice é usado no Reino Unido onde o valor médio é de 70. Hoje em dia um índice de 100 é considerado boa prática em termos de padrões mundiais e a indústria siderúrgica do Reino Unido está preparando planos para obter índices de 100 - 120 em altos-fornos de 10 a 12 metros a serem construídos durante os anos mais próximos. Uma ilustração do estado avançado da indústria siderúrgica japonesa se prova pelo fato de que em 1968 a indústria produziu um índice de 130 como sendo o seu melhor e nos dias presentes o índice subiu para cerca de 170.

Se tendo destacado aqui os rendimentos extremamente elevados usados nas melhores práticas mundiais é justificado observar que as médias em produção de fornaldas em todo o mundo continua a ser de umas 1000 toneladas por dia, como se mostra na Figura 10.2. Uma continuação na presente tendência no mundo levará a uma média mundial à volta das 1.600 toneladas por dia em 1980.

Embora, em termos gerais, as economias em relação à escala, favoreçam as unidades maiores, na prática a capacidade total da indústria siderúrgica em processo de expansão também influencia a dimensão das fornaldas instaladas. Conseqüentemente as unidades maiores não são apropriadas para países com baixas capacidades anuais. A dimensão máxima da fornalha não é decidida apenas à base da complexidade dos fatores que determinam a dimensão total da aceraria, mas também pelo fato de que pode ser economicamente aconselhável dividir a produção de ferro entre dois ou mais altos-fornos para que se iguale a expansão da fabricação de ferro com o desenvolvimento em outras áreas da aceraria.

A Figura 10.3 ilustra as economias em escala das instalações com um, dois, três ou quatro altos-fornos. Baseados nos custos de um número de grandes acerarias modernas, parece haver pouca vantagem econômica em produzir insta-

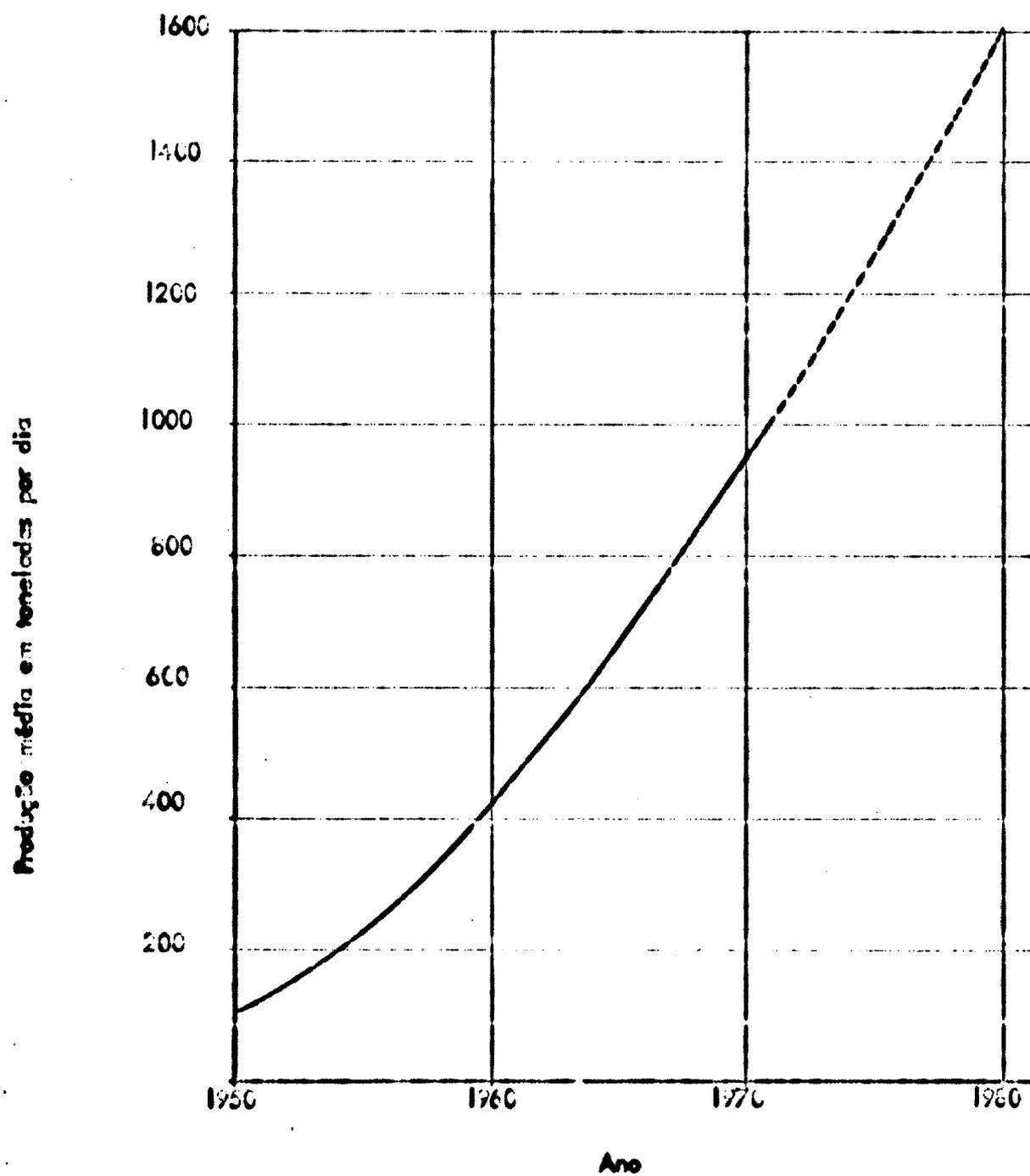


FIGURA 10.2 - MÉDIA MUNDIAL DE PRODUÇÃO DE ALTOS-FORNOS

Custo compreensivo da conversão em \$ por tonelada

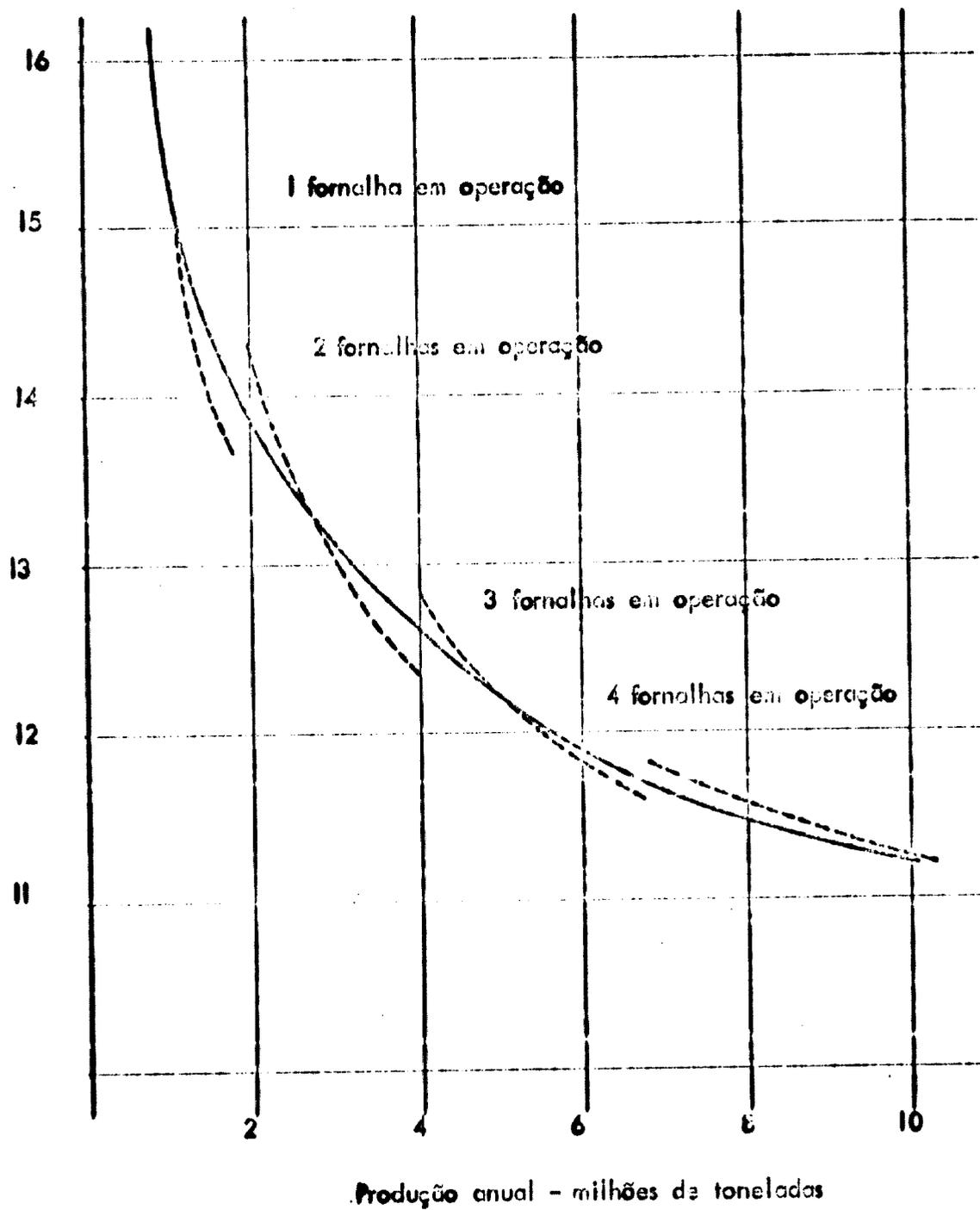


FIGURA 10.5 - CURVA DA ESCALA DE ECONOMIAS TÍPICAS EM ALTOS-FORNOS MODERNOS

lações com rendimentos superiores a 10 milhões de toneladas por ano. A linha cheia na Figura é uma indicação do nível geral dos custos em conversão da unidade para qualquer limite de produção. A introdução de altos-fornos de maior capacidade abaixará esta curva ligeiramente, especialmente na banda de 2 a 8 milhões de toneladas por ano mas não é de esperar que afete o custo acima de 10 milhões de toneladas por ano.

O Quadro 10.2 mostra o desdobramento dos custos compreensivos de conversão para diferentes níveis de produção. Foram excluídos dos cálculos de custo para esta cifra e para esta comparação os custos unitários de minério de ferro, coque, créditos e capital de operação. Para se acharem os custos totais do metal quente há que adicionar \$45 por tonelada aos custos compreensivos de produção para compensar os itens omitidos.

QUADRO 10.2 - CUSTOS COMPREENSIVOS DE CONVERSÃO DE ALTOS-FORNOS PARA FABRICAÇÃO DE FERRO
(\$/tonelada)

Item	Produção anual - milhões d/toneladas		
	1.0	3.0	10.0
Materiais consumíveis e de manutenção	1.6	1.5	1.5
Combustível e energia	1.2	1.2	1.2
Utilidades	0.6	0.6	0.6
Pessoal laboratório	0.7	0.5	0.4
Alocação para serviços na aceraria	4.0	3.3	2.8
Custos capitais	7.2	5.8	4.6
TOTAL	15.3	12.9	11.1

10.3 Regime de Consumo de Coque

Os regimes de consumo de coque por alto-forno, isto é, a quantidade de coque requerida por tonelada produzida de metal quente, têm vindo a descer em todo o mundo desde há alguns anos e serão ainda obtidas maiores economias com o decorrer do tempo. A Figura 10.4 mostra a mudança no consumo médio mundial do coque e a Figura 10.5 mostra a situação obtida em grandes altos-fornos no Japão. É de notar na Figura 10.5 que o regime de consumo de coque desceu acentuadamente durante os anos de 1958 a 1964. Inicialmente este fato se deveu ao uso de concrecionamento e melhor controle da fornaiha. A injeção de óleo principiou em 1961 e, conjuntamente com outros melhoramentos na operação da fornaiha produziu uma mudança brusca no regime de consumo de coque durante 1961/62. Desde então para cá não se tem dado mudança de importância

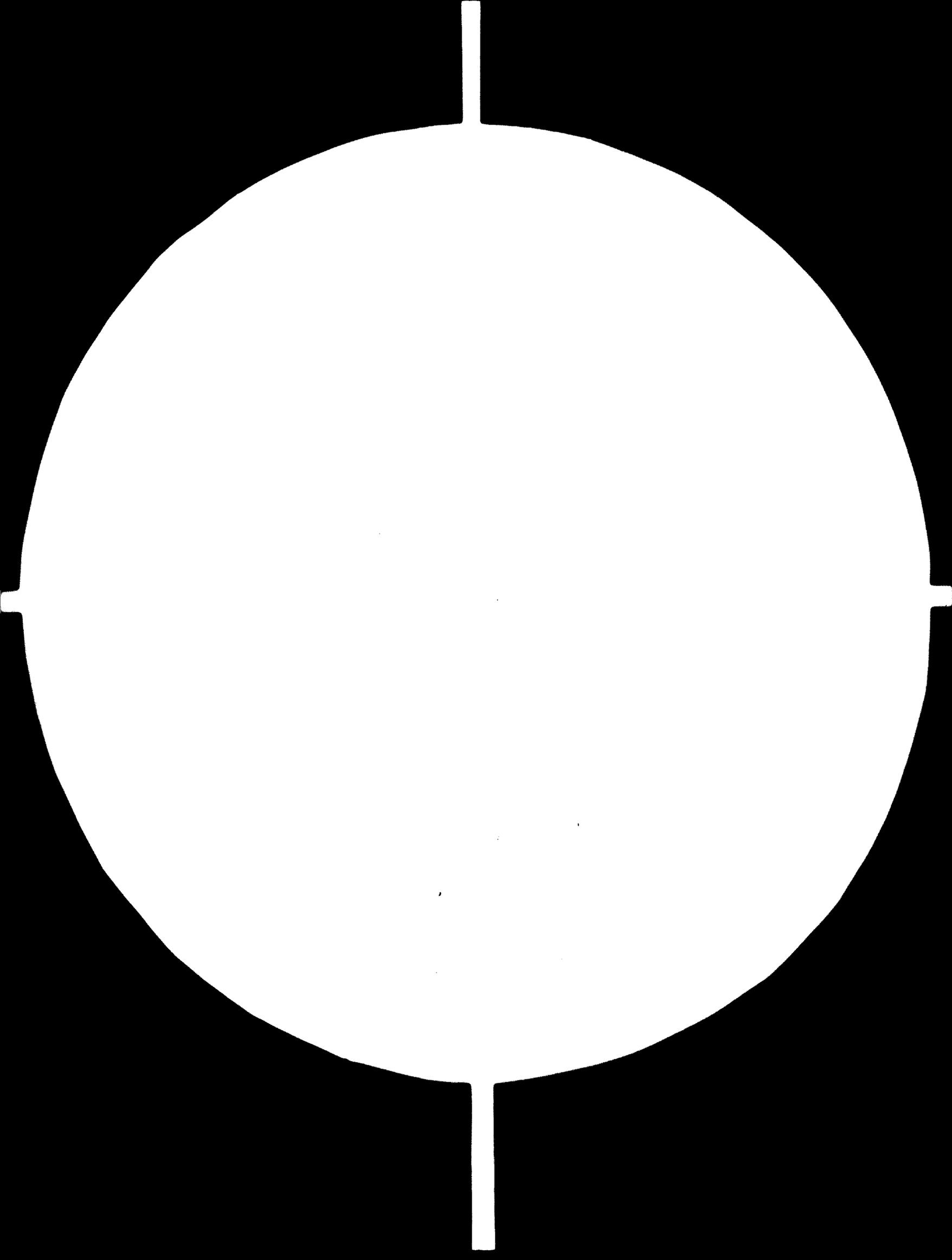
C-583



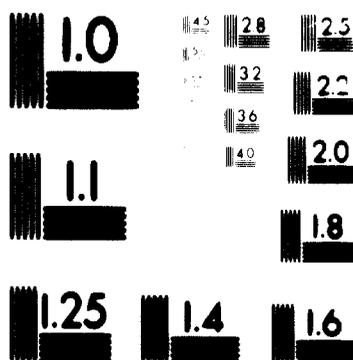
84.12.13

AD.86.07

ILL5.5+10



3 OF 7



MICROCOPY RESOLUTION TEST CHART
NATIONAL BUREAU OF STANDARDS
STANDARD REFERENCE MATERIAL 1010a
(ANSI and ISO TEST CHART No. 2)

24 x
F

Média mundial do teor de coque kg/tonelada (metal quente)

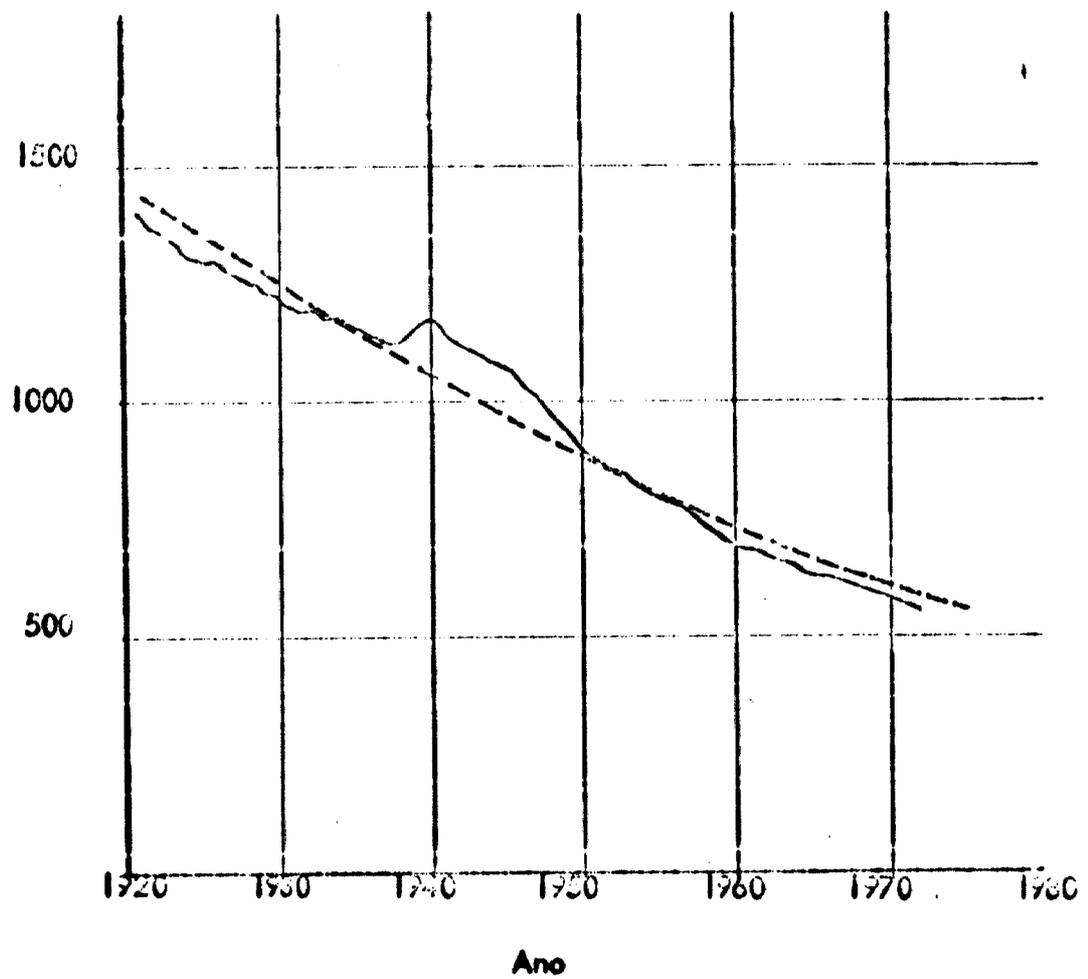
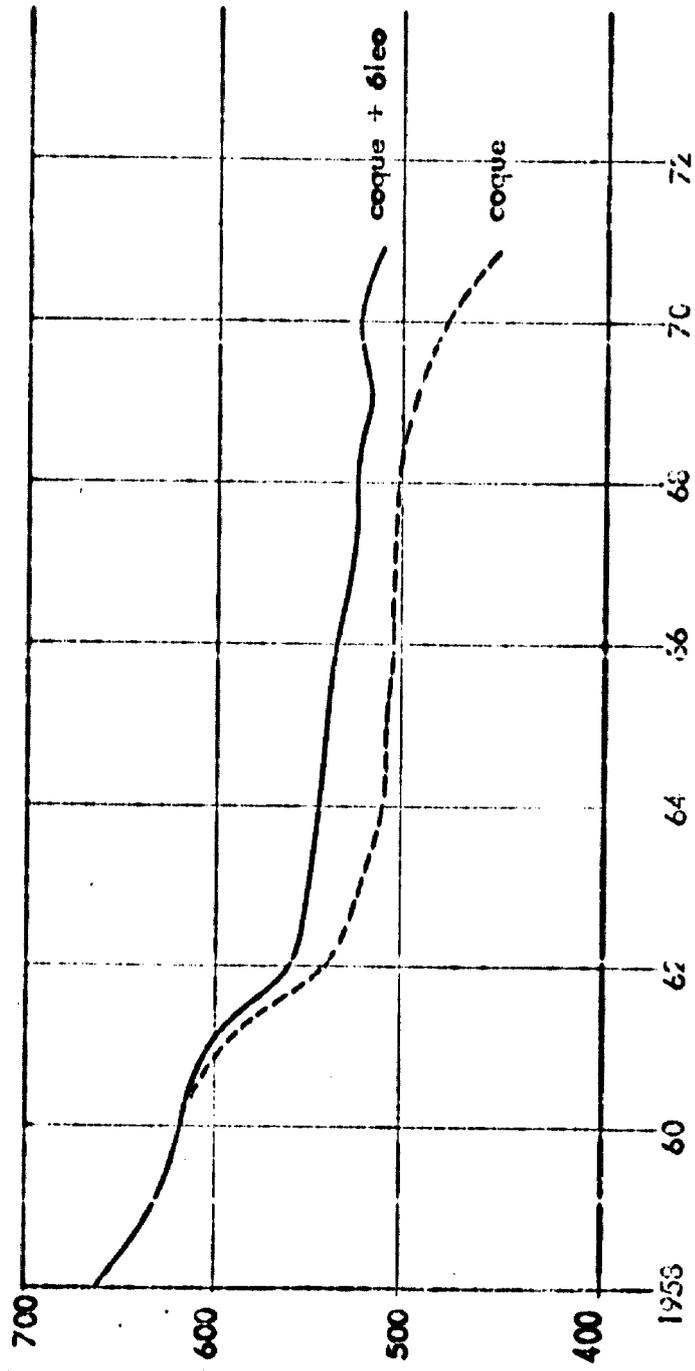


FIGURA 10.4 - MÉDIA MUNDIAL DO TEOR DE COQUE



Teor de combustível kg/tonelada (metal quente)

FIGURA 10.5 - TEORES TÍPICOS DE COMBUSTÍVEL EM GRANDES ALTOS-FORNOS JAPONÊSES

no regime de consumo, cujo total se tem mantido ligeiramente acima de 500 kg por tonelada. Todavia o regime de consumo de coque tem continuado a descer à medida que se tem aumentado o montante de óleo injetado nos altos-fornos e que as práticas de funcionamento de fornalhas têm melhorado. O corrente recorde mundial é à volta de 450 kg de coque e óleo por tonelada de metal quente e pertence ao Japão. O melhor regime de consumo obtido, foi também conseguido no Japão, com 365 kg por tonelada.

O Quadro 10.3 mostra as médias dos regimes de consumo de coque em vários países durante 1967 e dá também a previsão, feita nesse ano, pela Comissão Económica Europeia, sobre regimes de consumo de coque em 1980. Se afigura que as previsões para o Japão revelaram pessimismo porque as práticas japonesas na maioria dos altos-fornos de grande volume já se encontram dentro do regime previsto para 1980. O mesmo se não pode dizer, contudo, da maioria dos outros países que estão melhorando mais vagarosamente nos seus resultados de 1967.

QUADRO 10.3 - TENDÊNCIA NO CONSUMO DE COQUE
EM ALTOS-FORNOS
(kg/tonelada de metal quente)

	1960	1967	1980
CEE	890	620	480 - 520
Reino Unido	825	656	490 - 530
Resto da Europa Ocidental		660	490 - 530
EUA	749	639	460 - 500
Canada		555	440 - 480
América Latina		700	490 - 530
África		773	490 - 530
Oriente Médio			500 - 540
Japão	617	496	435 - 475
Índia		845	500 - 550
Resto da Ásia		790	500 - 550
Austrália		603	440 - 480
URSS	711	600	460 - 500
Outros países Orientais da Europa		710	480 - 520
República Socialista da China		957	500 - 520
Mundo		632	470 - 510

O regime teórico mínimo em consumo de coque necessário para se obter uma redução adequada em cargas ricas em óxido foi dita por Von Bogdandy ser de 390 kg por tonelada. Uma parte substancial desta carga pode ser substituída por óleos e, no Japão, tem sido comprovado que a percentagem de óleo pode

ir até 35 por cento. A experiência foi levada a cabo em 1963 e, portanto, não se pode assegurar que o mesmo regime de consumo mínimo de combustível seja o presentemente aplicável em condições semelhantes. Todavia é razoável esperar que entre 15 a 20 por cento do coque pudesse ser substituído por óleo o que levaria a demanda de coque para uma cifra à volta de 320 kg por tonelada. Têm, de fato, sido feitas sugestões, tanto no Reino Unido como em outros países que, por fim, será possível um regime de consumo de 300 kg de coque e 70 kg de óleo.

É nossa opinião que tomando em consideração os esperados melhoramentos nas práticas de operação de altos-fornos e assumindo que a injeção de óleo seja de uns 80 kg por tonelada, que o regime de consumo nos altos-fornos japoneses se estabilize à volta de 360 kg por tonelada ao se chegar ao ano de 1980. Esta cifra é comparável com a esperada média mundial de 500 kg por ano.

Os altos-fornos mais avançados em operação no Japão estão a atingir o limite máximo da sua eficiência técnica e se não podem esperar grandes melhoramentos na sua eficiência térmica. Se pode esperar que a redução em consumo de coque prossiga, obtida exclusivamente por substituição com fontes combustíveis alternativas, para parte do coque, como se aborda no capítulo seguinte.

10.4 Injeção de combustível

Injeção de óleo

A injeção de óleo combustível através dos costados é de todos os métodos de injeção aquele usado com mais frequência em altos-fornos. Em 1966, pelo menos onze países estavam a usar a injeção de óleo, ao passo que hoje em dia quase todos, senão todos, o usam e a vasta maioria, talvez mesmo todos, os altos-fornos modernos têm facilidades para uso de injeção de óleo. No Japão a prática de injeção de óleo alastrou a aproximadamente 80 por cento dos altos-fornos existentes, e continua a crescer.

A quantidade de óleo a ser injetado depende de um número de fatores sendo os mais importantes os preços relativos do carvão de coqueificação, o regime a que o óleo pode ser substituído por coque e, em alguns casos, o melhoramento em produtividade da fornalha.

O consumo médio de óleo, em fornalhas que usam injeção, varia de uns 25 kg por tonelada de metal quente, na maioria dos países, a 40 kg no Japão. Em experiências reais têm sido injetadas quantidades muito mais vastas; por exemplo, a Nippon Steel Corporation, em 1970, injetou mais de 100 quilogramas por tonelada de metal quente com grande êxito e, somos conhecedores de que fazendo uso de técnicas emulsificantes, a Alemanha tem feito experiências reais a 135 quilogramas por tonelada de metal quente. Têm sido publicados vários relatórios prevenindo níveis muito mais altos em substituição de coque, mas, nos parece raro para rendimento funcional a longo prazo que seja excedido o regime de 1 kg de óleo em substituição de 1,35 kg de coque; de fato, algumas fornalhas estão operando a um regime de substituição muito próximo do unitário. Experiência tem comprovado que previsões do regime de substituição antes de

ser instalada injeção de óleo em uma fornalha não se confirmam e na prática os resultados são, frequentemente, piores do que os previstos. Na Figura 10.6 se mostra um exemplo típico do regime de substituição numa grande fornalha moderna. O nível máximo de substituição e o ponto de partida do decréscimo rápido em regime de substituição depende dos métodos adotados para a fornalha mas seria de mau conselho planificar para obter uma substituição superior a 1,3 sem usar injeção de oxigênio e uma temperatura de fundição mais elevada.

O efeito da injeção de óleo sobre a produtividade de fornalhas se mostra na Figura 10.7. O regime, de fato, do aumento da produtividade depende, dentre outros fatores, da temperatura de fundição. Quanto mais elevada a temperatura de fundição tanto maior é a quantidade de óleo que pode ser injetada se bem que a produtividade seja mais baixa. A figura diz respeito a práticas de injeção em 1965. Com práticas mais modernas em fornalhas e regimes de injeção à volta de 40 kg de óleo por tonelada, com temperaturas de fundição na região dos 1200°C, é justificado esperar um aumento dentre 3 a 4 por cento em produtividade. Experiências especiais usando regimes elevados de injeção - à volta de 100 kg por tonelada - sugere como sendo possíveis melhoramentos de 6 a 9 por cento. Com enriquecimento a oxigênio a produtividade aumenta ainda mais.

O custo do equipamento de injeção de óleo é pequeno em comparação com os benefícios que se podem obter com o uso de um combustível substituto mais barato.

A tendência para uso cada vez mais pronunciado da injeção de óleo e de aumento nos regimes de injeção está bem estabelecida. Injeção de óleo pode ser justificada em todos os altos-fornos em que o custo do coque seja mais elevado do que o custo do óleo. O crescimento da injeção de óleo, com os seus efeitos e vantagens econômicas, parece que se consolidará em uma média mundial de consumo de 50 a 75 kg por tonelada de metal quente. Em casos onde as vantagens econômicas de injeção de óleo são muito pronunciadas passarão a ser comuns regimes de injeção superiores a 100 kg por tonelada, assistidos, principalmente, por investigações recentes em melhoramentos em injeção de óleo por injeção de um caudal de partículas muito finas de óleo.

Injeção de gás

Injeção de gás não é tão comum como a injeção de óleo mas é vastamente praticada na URSS. Em 1965 a cifra de 60 por cento de ferro gusa produzido na URSS foi feito em fornalhas com injeção de gás, principalmente gás natural. Os efeitos da injeção de gás natural são semelhantes aos dos obtidos com injeção de óleo e 1 metro cúbico de gás natural substituirá cerca de 1 kg de coque. No caso de fornalhas de coque o volume de substituição é mais baixo e o benefício em produtividade é também menor.

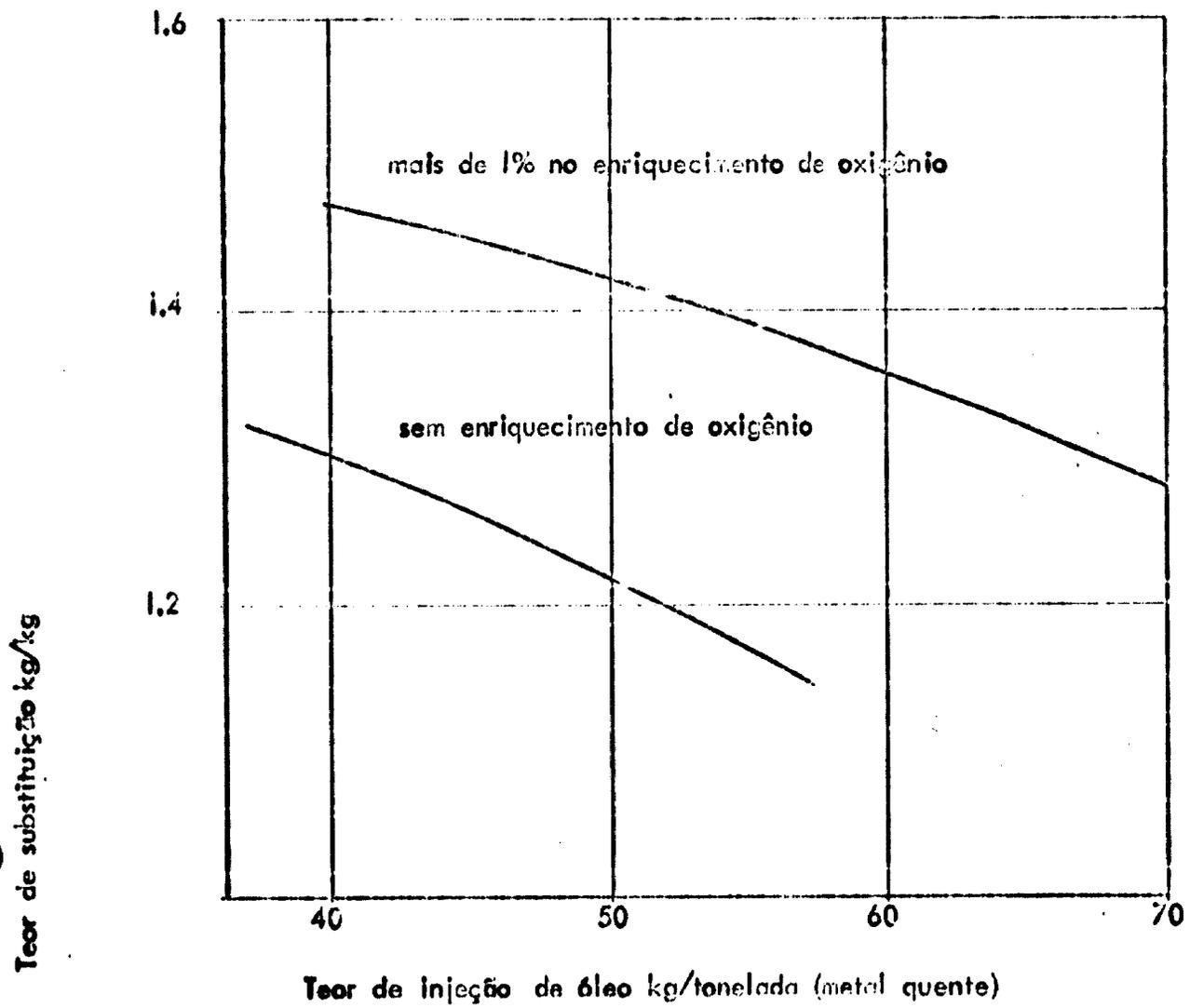


FIGURA 10.6 - EFEITO DA INJEÇÃO DE ÓLEO EM SUBSTITUÇÃO DE COQUE

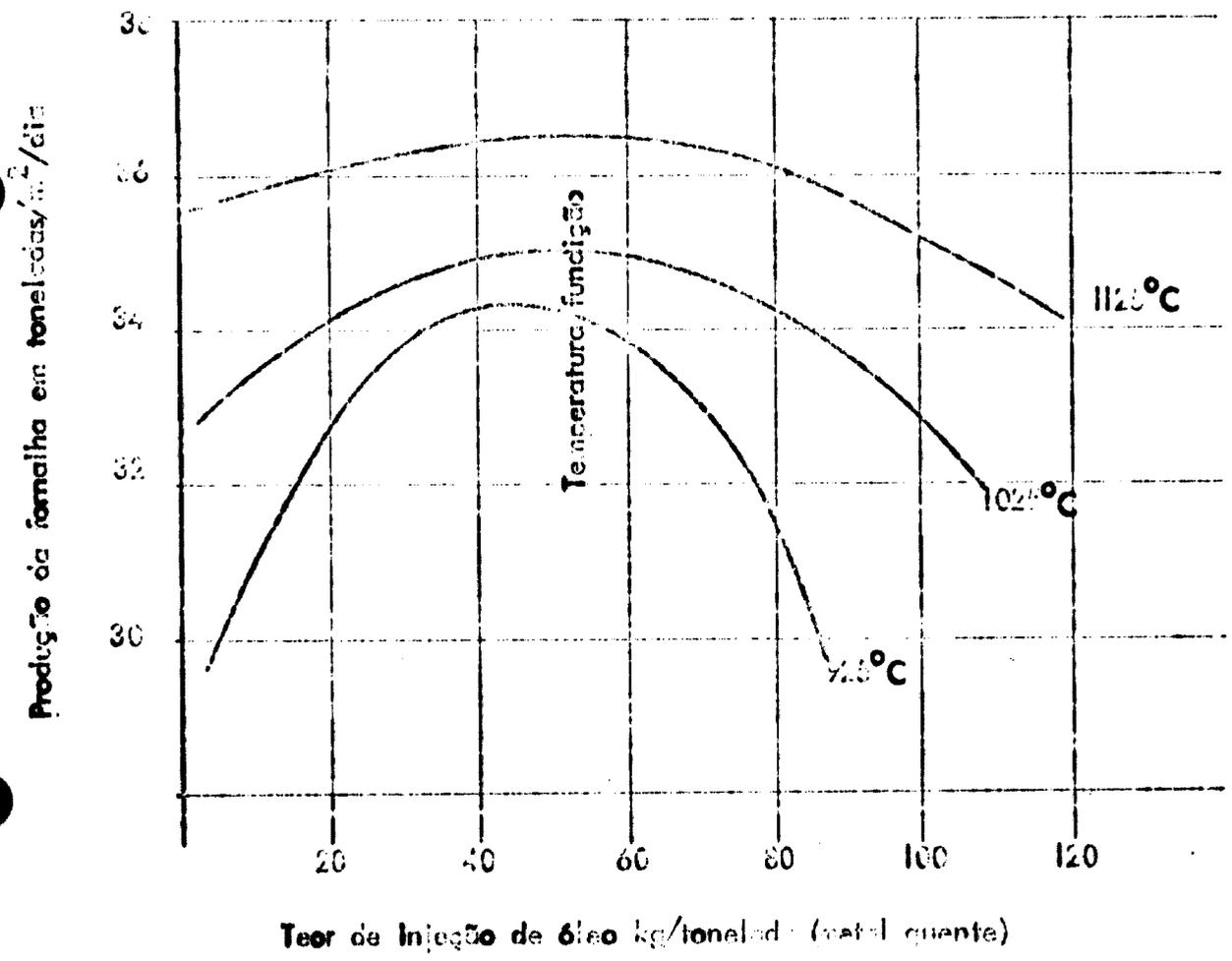


FIGURA 107 EFEITO DO TEOR DE INJEÇÃO DE ÓLEO NA PRODUTIVIDADE DE ALTOS-FORNOS

QUADRO 10.4 - ALGUMAS PROPRIEDADES DOS PRODUTOS INJETADOS EM ALTOS FORNOS

	Taxa Carbono Hidrogênio (peso)	m ³ /kg combustível		Libertação do calor no costado KJ/kg	
		CO	H ₂	para CO+H ₂	Líquido *
Gás forno de coque	2,2	0,9	2,4	5900	- 6800
Gás natural	3,2	1,6	3,0	13600	- 8400
Óleo combustível	7,4	1,7	1,4	6700	- 1200
Carvão com baixa volatilização	19,1	1,7	,5	8000	- 2200
Alcatrão de carvão	16,5	1,8	,6	9000	- 2700
Coque	225	1,8	-	10800	- 5800

* Liberação térmica líquida nos costados dos altos-fornos que representa o calor sensível acrescido do calor de combustão, menos o calor produzido para elevar a temperatura dos produtos para 1670°C.

O Quadro 10.4 mostra as propriedades dos combustíveis injetados. O quadro mostra que o calor usado por gás de forno de coque e gás natural é mais elevado do que para outros produtos injetados e é necessário um aumento correspondentemente maior na temperatura de fundição, ainda mais para gás natural do que para gás de forno de coque.

O uso de gás natural depende essencialmente da sua disponibilidade e dos custos relativos do óleo combustível e do gás quando posto na aceraria. Na maioria dos locais é imensamente dispendioso. O uso de gás de forno de coque em altos-fornos depende das demandas feitas sobre o gás de fornos de coque providas de outras fontes e não é natural que justifique consideração a menos que exista um excedente.

Um método promissor para reduzir o regime de coque, evoluído inicialmente na CRM (Centre de Recherche Metallurgique, da Bélgica) depende da combinação de uma medida de redução direta de gases com a operação do alto-forno. Para produzir pelotas metalizadas de ferro ou de minério em uma fornalha de veio para uso em forma sólida como, por exemplo, para derretimento de carga na fornalha elétrica é desejável que a temperatura seja a mais baixa possível. Desta forma se evita a formação de escórias além de que simplifica o resfriamento sem subseqüentes reoxidações. O gás reduzido deve ser injetado a temperaturas à volta de 1.000 a 1.100°C.

O propósito da injeção em altos-fornos é economizar o mais possível o consumo de coque, aliado à maior produção possível por quilograma de coque queimado ao nível de sangramento. Para se obter esta economia o gás redutor produzido fora da fornalha, por re formação de hidro-carbonos auxiliares, deve ser introduzido no filão plástico à temperatura dos gases que se formam nesse ponto (cerca de 1550°C). Além de fazer toda a redução necessária, o gás produz um aquecimento adicional que será usado para aquecer todos os materiais existentes na carga - coque, minério, fluxo, minério metalizado e pelotas - desta maneira poupando coque. De contrário, seria necessário carregar, pela cabeça, secar, preaquecer no veio e queimar ao nível de sangramento. Este processo torna possível carregar mais minério por quilo de coque aumentando, consequentemente, a produção e reduzindo o consumo do coque.

Para produzir o aquecimento adicional requerido para derreter o minério metalizado adicional (ou pelotas) e o material do filão puxado para a zona de fundição pelas injeções, é necessário usar tanto calor de fundição quanto existe e, mais ainda, empregar tanto oxigênio quanto necessário através dos sangradouros para manter a fornalha a operar adequadamente, produzindo ferro com a análise desejada. Este método é conhecido pelo nome de Processo Raick de Injeção Dupla.

O gás redutor introduzido acima do nível da costura plástica ainda deixa a necessidade de aquecimento dos materiais na coluna de carregamento que descem deste nível para o fundo devido ao coque queimado ao nível do sangradouro. Este coque deve ser carregado no topo e que limita a economia em coque e diminui a produção.

Os hidro-carbonos, sejam estes reformados exteriormente ou não, introduzidos abaixo da costura plástica, mesmo nos sangradouros, terão uma temperatura inferior à dos gases a serem formados e limitarão a economia em coque diminuindo também a produção porque o coque tem de ser queimado nos sangradouros para elevar a temperatura do gás. Se a introdução de hidro-carbonos auxiliares for feita adequadamente, poder-se-á dar economia em coque e obter um certo aumento em produção. Quando os hidro-carbonos auxiliares são introduzidos corretamente na costura plástica se produz a possibilidade de uma maior economia de coque por tonelada e uma maior produção do que quando a introdução é feita em qualquer outra localização.

O uso de energia nuclear para produzir gás redutor para injeção em manufatura de ferro é outro desenvolvimento que está sendo estudado muito de perto. Segundo se diz, Shunzo Fujiki, vice-presidente executivo da Nippon Steel Corporation afirmou que "energia nuclear será, dentro dum futuro não muito distante, uma das fontes mais importantes entre todas aquelas que possam produzir energia".**

Os gases redutores podem ser produzidos com combustíveis fósseis como, por exemplo, óleo pesado utilizando aquecimento nuclear. O gás hélio, usado como refrigerador para o reator atômico, sai do reator a cerca de 1.000°C e pode ser empregado em cambiadores térmicos para craquear óleo em gás redutor (H_2 ou

$H_2 + CO$). Este gás redutor é usado para produzir pelotas por processos de redução direta (fornalha de véio ou métodos de cama fluidizada, consultar Capítulo 11) ou injetado no alto-forno para reduzir o regime de coque. O gás hélio se encontra então a uma temperatura mais baixa e pode ser utilizado para gerar vapor para energia elétrica que, por sua vez, pode ser utilizada para fundir e refinar as pelotas reduzidas na fornalha elétrica.

* K.G. McGutcheon, "Journal of Metals", setembro 1971, pág. 15.

** "Metal Progress", pag. 60, novembro de 1971.

Na Figura 10.8², se mostra um possível arranjo para a injeção de gás redutível, formado por energia nuclear, a um alto-forno. Em adição ao alto-forno a usina é constituída por um reator nuclear arrefecido a gás, por gerador de gás redutível e um cambiador térmico para a recuperação de energia térmica abaixo de $800^\circ C$. A energia nuclear pode ser usada para reformação endotérmica de combustíveis para CO e H_2 , e também para elevar a temperatura do gás redutível até $1.000^\circ C$.

Outro exemplo, que se mostra na Figura 10.9, ilustra a possibilidade de regenerar o gás de topo do alto-forno e voltando a injetar. A medida que se proceda a reação de recirculação, o teor de nitrogênio no desperdício de gás aumenta e assim o regime de injeção é limitado pela diminuição da permeabilidade de gás no alto-forno.

O montante teórico de aquecimento requerido para compensar as perdas térmicas na fornalha, o calor sensível do ferro e da escória e a redução direta do aquecimento de SiO_2 , MnO e P_2O_5 no ferro requer um consumo típico de coque de 220 a 260 kg/tonelada de ferro gusa. Entretanto se gás de nitrogênio entre $1500^\circ C$ a $1600^\circ C$ puder ser fornecido e injetado como uma fonte térmica (sobre o princípio de que não existam impedimentos de impermeabilidade de gás de alto-forno), o regime de coque poderia ser diminuído ainda para 130 a 190 kg/toneladas de ferro gusa. Esta variação, todavia, poderia ser como um outro processo da redução direta (ver Capítulo 11) mais do que um verdadeiro processo para altos-fornos. Todavia é o efeito da redução direta da injeção de gases redutíveis e que leva a grande diminuição dramática no consumo de coque de altos-fornos dado que sob essas condições, não há necessidade de coque para reduzir o ferro.

Embora ainda existam muitas dificuldades térmicas no caso da energia nuclear pode dizer-se que já se faz uso na manufatura de ferro em grande escala e tudo parece indicar que dentro desta década vai existir em operação uma instalação de grandes dimensões.

Injeção de carvão

O interesse em injeção de carvão em altos-fornos data de alguns 150 anos. Interesse sério foi manifestado durante a década entre 1950 e 1960, mas com o aumento do uso de injeção de óleo combustível durante este período se perdeu de vista a injeção de carvão como um meio de conservar o carvão coqueificante metalúrgico. Se pode injetar várias qualidades de carvões fracos coqueificantes ou não coqueificantes, cujas propriedades e análises não são de grande importância com exceção no quanto se respeita a enxofre e teor de cinza. As tendências nos EUA e no Reino Unido durante a década de 1960 revelaram que em condições adequadas 1kg de carvão pode substituir 1,2kg de coque. Muitas

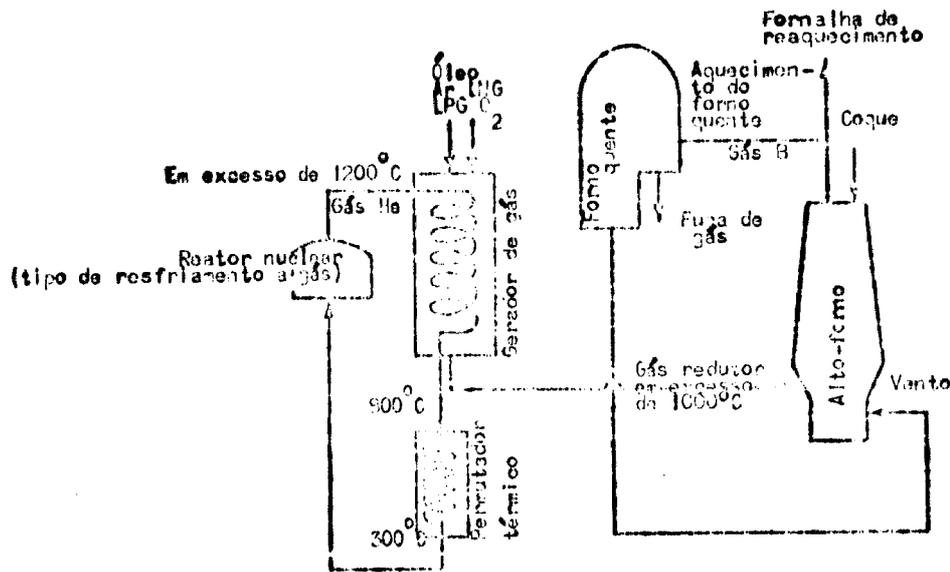


FIGURA 10,8 - UM EXEMPLO DA APLICAÇÃO DE REATOR NUCLEAR A ALTOS-FORNOS (1).
PRODUÇÃO E INJEÇÃO DE GÁS REDUTOR NO ALTO-FORNO.

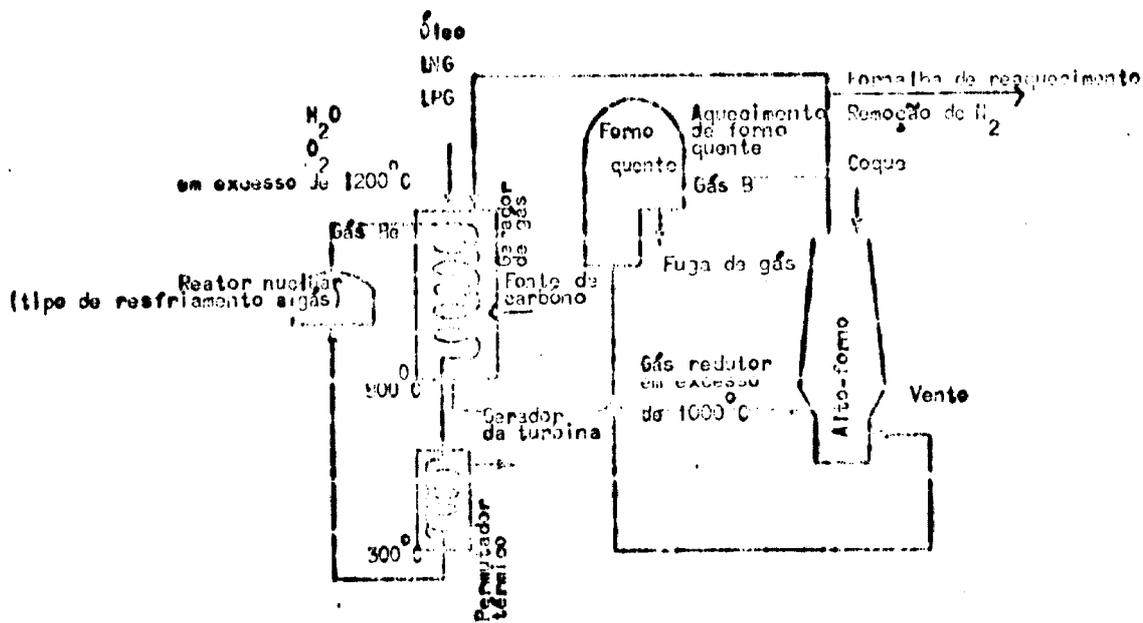


FIGURA 10,9 - UM EXEMPLO DA APLICAÇÃO DE REATOR NUCLEAR A ALTOS-FORNOS (2).
REGENERAÇÃO DE GÁS E RE-INJEÇÃO DO ALTO-FORNO.

experiências feitas anteriormente não conseguiram que se obtivesse um regime de substituição melhor do que o unitário. Enquanto a injeção de óleo manter a sua presente superioridade econômica, não existem verdadeiras perspectivas para injeção de carvão. Todavia não esperamos que nos próximos dez anos os preços relativos de carvão e de óleo alterem suficientemente para justificar um interesse geral na injeção de carvão. Todavia, se chegar tal momento não é de esperar que o carvão seja usado de per si mas sim numa pasta feita de óleo/carvão. Como o uso de empastamento de óleo/carvão contendo até 40% de carvão já foram experimentados com muito êxito no passado mas eventualmente foram substituídos por injeção de óleo. Presentemente todavia, existem uns quantos locais onde se poderia fazer a mineração de carvão coqueificante transportando-o a um preço que poderia justificar injeção de carvão de preferência a injeção de óleo.

10.5 Melhoramentos na prática de altos-fornos

Enriquecimento de oxigênio

O enriquecimento de oxigênio está se tornando cada vez mais popular e a maioria dos altos-fornos modernos estão desenhados para a sua incorporação. O enriquecimento de 21 a 24% de oxigênio é hoje a prática comum e avançada e no Japão existem um número de acerarias que estão funcionando à volta de 26% de oxigênio. O enriquecimento de oxigênio passou a ser prática geral pela primeira vez na URSS onde cerca de 1/3 de ferro é agora feito em fornalhas enriquecidas à oxigênio.

* Transactions of the Iron & Steel Institute of Japan, Vol.II, No. 6, 1971, p.422 & 423

Tentativas para aumentar a produtividade do alto-forno por aumento do regime de aculetagem e conseqüentemente queimando coque mais rapidamente, revelam que se pode atingir um ponto, mesmo com elevada pressão a topo, quando a descida suave é desorganizada pelo efeito flutuante dum volume de gás excessivamente alto. Em tal caso a produtividade da fornalha começa a descer novamente e o regime de consumo de coque a aumentar rapidamente. O volume de vento pode ser reduzido com enriquecimento de oxigênio o que também produz um aumento na temperatura da chama a menos que esta seja compensada. Quando não sejam feitas quaisquer outras alterações na prática de funcionamento da fornalha, em tal caso, com um aumento no teor de oxigênio de, digamos 2%, elevando-o de 21 a 23 por cento, se produzirá um aumento de cerca de 10 por cento na produtividade global. Todavia, a injeção de combustível para reduzir o regime de consumo de coque pode necessitar enriquecimento de oxigênio para manter uma operação apropriada do forno como no processo de injeção dupla Raick mencionado no Artigo 10.4 acima.

Hoje em dia parece existir maior interesse em temperaturas elevadas de alto forno de preferência a enriquecimento de oxigênio como um meio de compensar a injeção do combustível e, também, para controlar a fornalha. Estamos convencidos de que a tendência para o aumento do enriquecimento de oxigênio das

fornalhas continuará mas os regimes desse enriquecimento não devem crescer para além ou pelo menos muito para além dos níveis atuais.

Se conhece um exemplo especial* dum sistema de enriquecimento muito elevado a oxigênio (cêrca de 55 por cento de oxigênio) permitindo que o gás de tópo da fornalha fosse usado diretamente para a síntese de amoníaco. Esta prática deixou agora de ser usada devido a um alteração nas necessidades de amoníaco.

Alta temperatura de fundição

Aumento na temperatura de fundição tem sido sempre um método importante da redução do regime de coque, o seu efeito se mostra na Figura 10.10. O regime de coque corrigido** desse para cerca de 10 kg. por tonelada para cada aumento de 100°C na temperatura de fundição. Além dos seus usos directos como economizador de coque, a temperatura alta de fundição pode ser usada também para compensar as perdas térmicas na zona dos sangradoures resultantes da injeção do combustível.

As temperaturas médias de fundição têm aumentado continuamente nos últimos anos e as práticas mais modernas usadas pelas acerarias elevam essa temperatura à volta de 1150°C, com algumas fornaldas a trabalharem a 1300°C. A mais alta temperatura usada em operação prolongada é de 1350°C. As tendências em injeção de combustível, enriquecimento de oxigênio e outras práticas de altos-fornos indicam que poucas são as tentativas feitas para usar temperaturas em excesso de 1350°C, e que regra geral nas acerarias modernas a operação é feita à volta de 1200 - 1250°C uma temperatura que se deverá manter durante os próximos cinco a dez anos.

Temperatura superior elevada

O efeito de uma alta temperatura de topo é que permite um grande aumento no regime de vento sem perturbar a descida suave da carga e sem aumentar a perda de pó. E hoje aceita geralmente que todos os altos-fornos podem justificar economicamente algum aumento na pressão de tópo acima do atmosférico e muitas autoridades estão convencidas de que as fornaldas deveriam trabalhar pelo menos a uma atmosfera de pressão superior. Pressões de entre 0,5 e 1,0 atmosferas podem geralmente ser obtidas por modificações das fornaldas existentes, mas muitas para mais altas temperaturas só podem ser obtidas na sala de desenho da fornalha. A tendência mostrada pelo Japão para alta pressão a topo se mostra na Figura 10.11. Desde a sua introdução, há uns dez anos atrás, esta tendência tem sido grandemente adotada. Mais de dois-terços de todas as altas-fornos no Japão estão agora usando pressão a topo. A tendência é tal que tudo leva a prever que antes do fim desta década quase todos os altos-fornos estarão fazendo uso desta técnica. A pressão máxima em uso hoje em dia é de cerca de 2,5 atmosferas embora a maioria das fornaldas com pressão superior estejam trabalhando entre 0,6 e 1 atmosferas. Na Europa Ocidental as vantagens de pressões elevadas no tópo não foram geralmente reconhecidas até muitos anos mais tarde que no Japão mas estão sendo hoje

* J. Iron & Steel Ins. of Japan 58, No.5, 637 (Abril 1972)

** o termo "regime de coque corrigido" é explicado no Apêndice 1

Teor corrigido de coque kg/tonelada (metal quente)

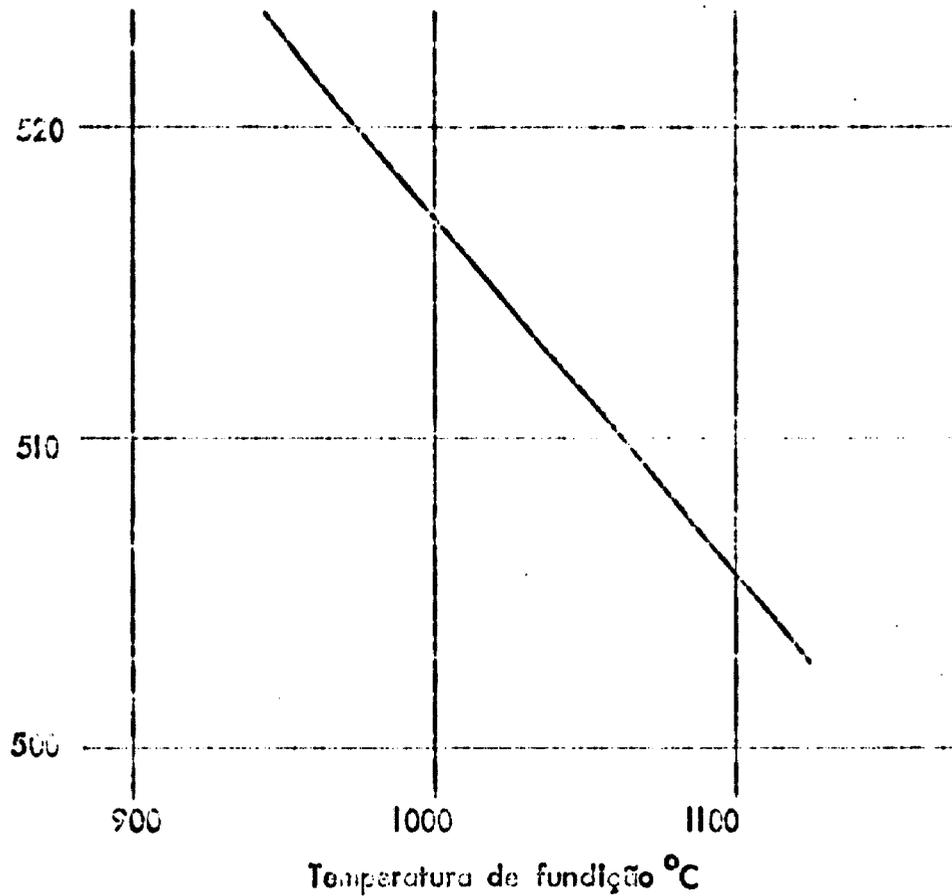


FIGURA 10.10 - EFEITO DA TEMPERATURA DE FUNDIÇÃO NO TEOR DE COQUE

Número de altos-fornos

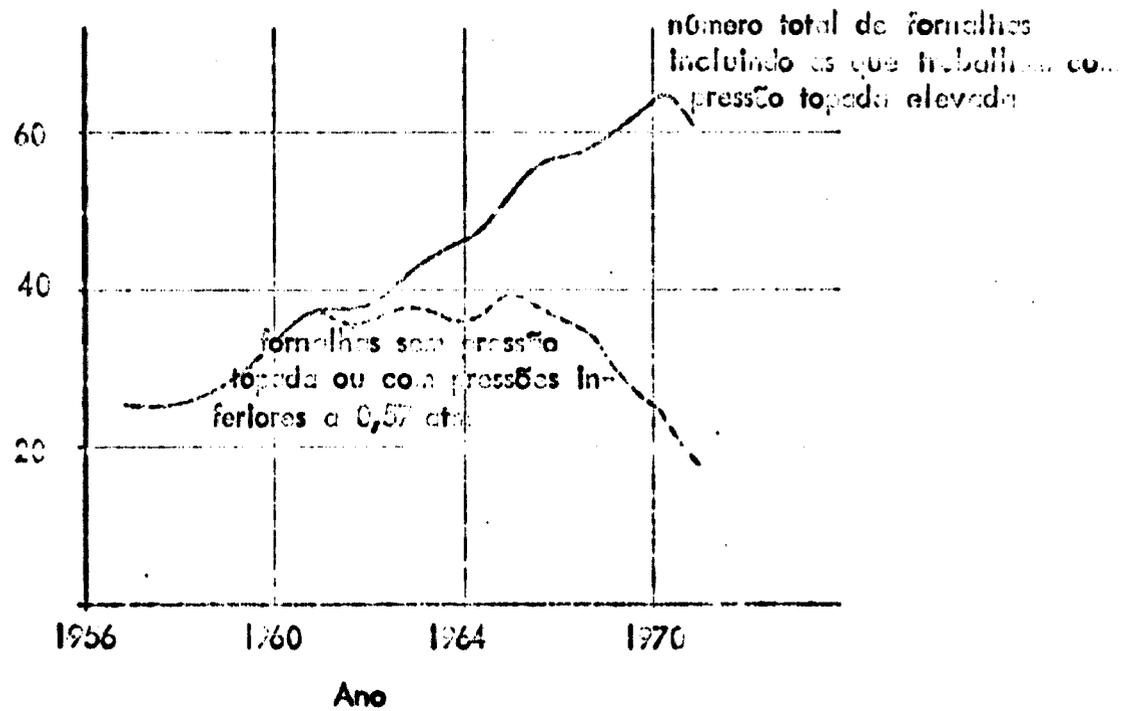


FIGURA 10.11 - USO DE PRESSÃO TOPADA ELEVADA NO JAPÃO

adotadas cada vez mais pelas acerarias. A pressão superior não se espera que em média mundial exceda uma atmosfera durante os anos mais próximos.

A pressão a topo só tem um efeito benéfico no regime de consumo de coque mas produz um aumento significativo em produtividade à roda de 1 por cento por cada 0,1 atmosferas.

10.6 Efeitos da preparação da carga

O melhoramento gradual no coque e nas práticas de dimensionamento das cargas levaram a grandes aumentos em produtividades e grandes reduções no regime de consumo do coque. A importância do dimensionamento já foi completamente aceita e já a ela fizemos referência no Capítulo 7. A tendência tem sido para o uso de tonéis de minério menores e de dimensões mais uniformes e de partículas de concreção na forma de pellets. As práticas modernas favorecem o uso de tonéis entre 25 e 10 milímetros mas ainda se espera que no futuro estes limites sejam bastante reduzidos. Os efeitos das práticas de dimensionamento se mostram nas ilustrações seguintes. A Figura 10.12 mostra a importância de dimensionar todos os constituintes de uma carga por maneira semelhante. Uma prática desta natureza produz um maior aumento em produtividade. Todavia o processo tem certas desvantagens porque com a tendência para a diminuição da dimensão da partícula do tonel de minério, da concreção e dos pellets, a manutenção de coque com a mesma dimensão do minério produz um aumento no regime de consumo de coque devido a um aumento da área de superfície do coque e conseqüente aumento no queimamento acima dos sangradores.

O uso de pellets na carga ou o uso de concreção de dimensões cuidadosamente estudadas produz um aumento na produtividade em parte devido a um melhor caudal de gás em parte devido ao aumento da área de superfície para redução. A Figura 10.13 mostra o melhoramento em produtividade obtido numa variedade de altos-fornos na Alemanha e nos EUA por substituição de tonéis de minério com pellets na carga desta forma mantendo o maior volume possível de fundição. A Figura 10.14 mostra o efeito no regime de consumo de coque da substituição de pellets por tonéis de minério na carga. Experiências têm demonstrado que o efeito no regime de consumo de coque em pellets de dimensão semelhante e bem assim de concreção não é significativamente diferente; embora as pellets ofereçam um melhoramento maior na permeabilidade da carga, os poderes de redução em bruto nas duas formas de carga são mais ou menos comparáveis.

É aconselhável fazer o reponimento da carga imediatamente antes de proceder ao carregamento a fim de eliminar as chispas produzidas durante o manuseamento.

Esperamos que a variedade na dimensão de partículas de carga que são hoje bastante aceitáveis no caso dos modernos altos-fornos ainda sejam reduzidas mais, isto é, de 25 a 10 milímetros para entre 20 e 10 milímetros. Especificações mais reduzidas serão também aplicáveis a partículas de coque. O resultado destas demandas será uma redução no rendimento da concreção individual e em usinas de coque devido ao aumento da recirculação.

10.7 Uso de minério de ferro parcialmente reduzido para a alimentação de altos-fornos

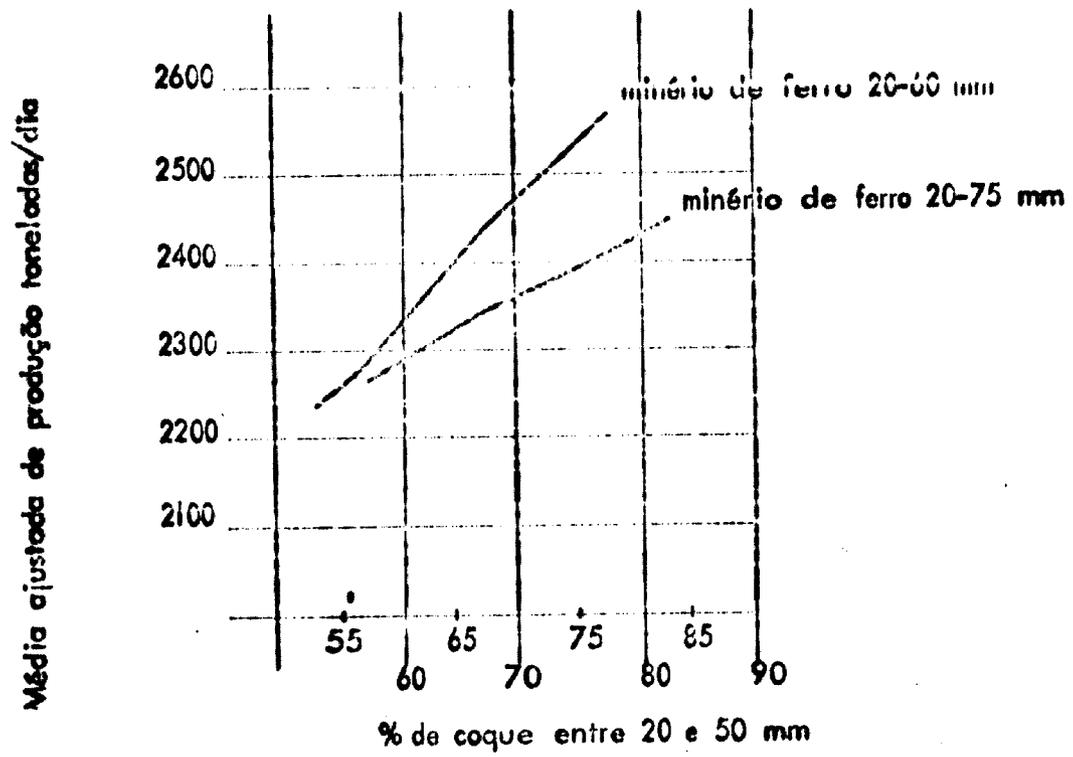


FIGURA 10-12 - EFEITO DA DIMENSÃO DO COQUE NA PRODUÇÃO DE ALTOS-FORNOS

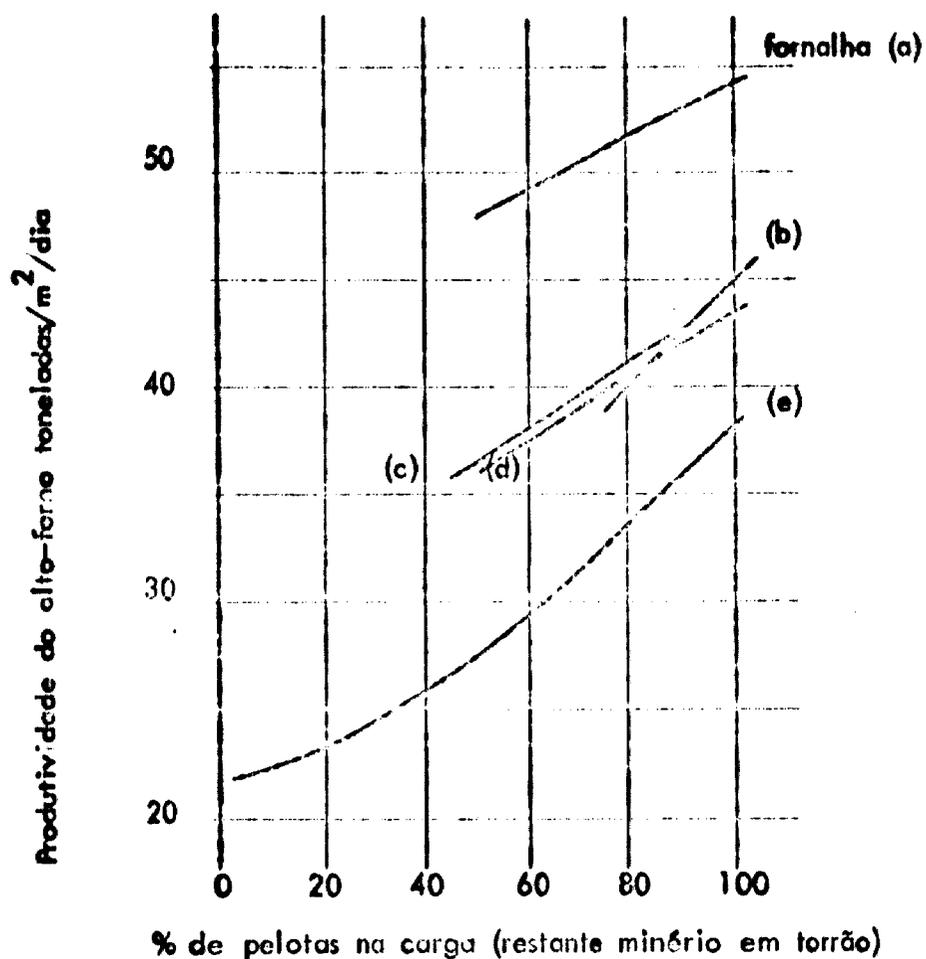


FIGURA 10.13 - EFEITO DE PELOTAS NA PRODUTIVIDADE DE ALTOS-FORNOS EM UMA VARIEDADE DE ALTOS-FORNOS

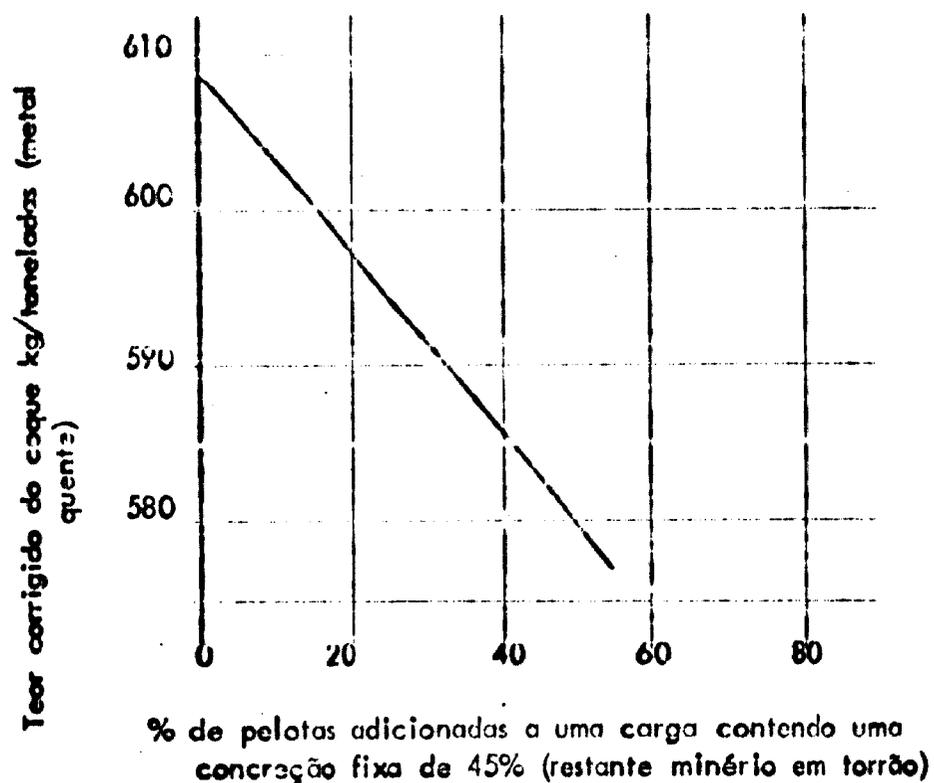


FIGURA 10.14 - EFEITO DE PELOTAS NO TEOR DE COQUE

Relatórios de experiências levadas a cabo em altos-fornos tanto experimentais como em regime comercial confirmam que uma operação normal e suave de uma fornalha não é interrompida pela adição de produtos pré-reduzidos e que a análise do metal quente era pelo menos tão controlável como no caso da prática normal de carregamento. Foi todavia posto em destaque pelo Centro Sperimentale Metallurgico, da Itália, que a resistência compressiva fria, das pelotas de minério de alta categoria da América do Norte depois do início da redução descem acentuadamente e depois sobem apenas ligeiramente a medida que se dá uma nova redução. Essas afirmações são confirmadas por experiências em pelotas produzidas na Nova Zelândia. Em virtude parece-nos surpreender que as experiências de rendimento com grandes quantidades de pelotas reduzidas não tivessem revelado perda de rendimento devido ao desmonte da carga e a produção de um elevado teor de pó.

A Orinoco Mining Co., uma subsidiária da US Steel Corporation*, acaba de por em funcionamento uma nova usina que faz uso do método (HIB) para a produção de briquetes. Esta usina está instalada em Puerto Ordaz, na Venezuela e está desenhada para produzir até um milhão de toneladas por ano de HIB de reduzido de 75 por cento com um teor de ferro à volta de 86 por cento para uso em altos-fornos, ou um regime mais baixo de produção com briquetes de 92 por cento de teor de ferro para uso em fornos para a manufatura de aço.

Na Usina HIB, o minério Venezuelano seco é esmagado e peneirado (rêde de -10) e depois pré-aquecido numa câmara fluidizada de dois estágios, a cerca de 870°C. O minério pré-aquecido é reduzido numa câmara de redução fluidizada de dois estágios que opera mais ou menos à mesma temperatura. No primeiro estágio o minério é reduzido de óxido de ferro (cerca de 30 por cento de redução) por meio do gás descarregado pelo segundo estágio do redutor. A redução final para 75 por cento é obtida no segundo estágio como gás reduzido que foi gerado pela reformação de vapor do gás natural. O pó de minério reduzido à quente é então alimentado diretamente nas máquinas de briquetagem. Os briquetes são arrefecidos até à volta de 65°C antes de serem descarregados para o banco de reserva.

A prensa de briquetagem, por rolos, fabrica briquetes de 3,8 cm x 3,8 cm x 1,3 cm. O processo HIB tem pequena degradação durante o manuseamento e a re-oxidação não tem qualquer importância.

Se espera que a aceraria de Puerto Ordaz comece a funcionar comercialmente nos fins deste ano.

As características dos briquetes incluem, entre outras vantagens, a facilidade de armazenamento e de embarque de um produto estável com dimensões unificadas e, portanto, com baixo custo de manipulação. O processo tem também a vantagem de produzir um material de qualidade uniforme, sempre 86,5 por cento de ferro com 75 por cento de oxigênio removido.

Os efeitos principais de cargas de produtos reduzidos nos altos-fornos são uma maior produtividade e um regime de consumo mais reduzido de coque. Resultados

* Jornal de Metais, Julho de 1972, p.3; ver também Capítulo 11, Artigo 11.2

de experiências individuais, têm revelado que por cada 10 por cento de metalização de ferro na carga resulta uma diminuição no regime de consumo de coque de mais ou menos 6 por cento o que é um aumento de produção também de mais ou menos 6 por cento. Este efeito é aproximadamente o linear dos valores da metalização à volta de 80 por cento mas, provavelmente, começa a descer a maiores graus de redução.

Têm sido feitas várias tentativas para determinar as economias de carregamento a altos-fornos de pellets reduzidos. Estas tentativas revelaram que tais práticas podem parecer económicas mas há um elevado prêmio a pagar para a metalização das pellets. Os problemas económicos estão ligados de perto com o preço do coque porque o efeito maior nos custos do metal quente de uma carga parcialmente pré-reduzida é a economia em coque. Quando os custos do coque são baixos nesse caso a economia é menor do que quando o coque é dispendioso. Se a carga de um alto-forno é pré-reduzida para uma metalização à volta de 35 - 70 por cento nesse caso, desde que a pré-redução possa ser obtida a um custo de conversão global que não exceda mais de \$10 - \$12 por tonelada de ferro na pelota ou cerca de \$7 a \$9 por tonelada de pelota pré-reduzida, o processo pode ser económico. Outros cálculos de fontes autorizadas (comunicações particulares) sugerem que a economia em custos de produção é cerca de 2 1/2 por cento de metalização de carga. Assumindo uma conversão compreensiva de metal quente que custe \$36 por tonelada (ver Quadro 10.1) e uma metalização de carga de 30 por cento, nesse caso a economia será precisamente de um pouco menos de \$3 por tonelada. Se a metalização da carga de 30 por cento for conseguida com metade da carga metalizada a 60 por cento, nesse caso, o custo da pré-redução dessa porção da carga não deve exceder \$6 por tonelada de ferro, ou cerca de \$5 por tonelada de pelota pré-reduzida.

Dados de custo da operação Hls em Puerto Ordaz ainda não se encontram publicados para fazer uma comparação, mas tomando ambos os exemplos acima em consideração a fim de assegurar uma vantagem económica é necessário para pré-reduzir as pellets a cerca de \$6 a \$12 por tonelada de ferro nas pellets. O custo presente conhecido de pré-redução é consideravelmente em excesso desta cifra e não se vê possibilidade de que desça para um nível que justifique consideração séria da pré-redução de pellets para altos-fornos numa base permanente dentro dum futuro próximo. E devido que a Orinoco Mining Co., recomendasse uma carga de alto-forno feita apenas com briquetes*.

A única ocasião em que se podem seriamente considerar cargas pré-reduzidas é quando se aumenta a capacidade em produção de aço e seja necessário um rendimento levemente maior no alto-forno para se obter o metal quente adicional tornado necessário. O uso do minério pré-reduzido ou de pellets pode ser justificado, do ponto de vista económico, porque atrasa o dia em que se torne necessário construir outro alto-forno.

10.8 Efeitos de cargas de calcáreo em altos-fornos

A penalidade de por cargas de calcáreo cru em altos-fornos, em oposição a calcáreo calcinado em conjunção com concreção, é considerável. Em primeiro

* Journal of Metals, julho 1972.

lugar, um calor necessário para calcinar 150 kg de calcáreo é equivalente ao produzido por 10 kg de coque. Conseqüentemente a um regime de calcáreo de 150 kg por tonelada de metal quente seriam necessários uns 10 kg de chispas de coque por tonelada de metal quente para calcinar o calcáreo numa usina de concreção. Numa usina de concreção, todo o carbono é queimado a CO_2 , mas num alto-forno nem todo o carbono é convertido para CO_2 , e, portanto, se a calcinação for feita no alto-forno há necessidade de usar uma maior quantidade de coque. Além disto as económicas do alto-forno são afetadas por mais três maneiras diferentes. Em primeiro lugar o coque usado tem de ser de qualidade metalúrgica de preferência a chispas de coque; em segundo lugar, a presença de coque extra reduz o volume existente na fornalha para o minério de ferro; em terceiro lugar, o CO_2 gerado pelo calcáreo faz a diluição do gás redutor na fornalha e reduz o valor calorífico do gás do topo. Não é possível fazer uma generalização em matéria de economias devidas à concreção do calcáreo mas se torna evidente pelo o que acima se afirma que se dá um incentivo económico muito poderoso no sentido de evitar que se façam cargas de calcáreo cru em altos-fornos.

10.9 Uso de carvão vegetal na fabricação de ferro

Devido a sua aplicação limitada, carvão vegetal como um redutor tem recebido pouca atenção numa escala mundial se bem que existam em vários países altos-fornos que trabalham com carvão vegetal. Onde sejam instalados altos-fornos pequenos junto a locais onde existem reservas de minérios e onde os áreas sejam florestais e distanciamos dos fontes de fornecimento de carvão adequado para transformar em coque para altos-fornos, nesse caso, cargas de carvão vegetal devem ser consideradas muito seriamente. Como exemplo, informamos aqui, que se espera que vá ser construída e concluída em 1973 uma instalação dum alto-forno a carvão vegetal na Tailândia que terá um regime de trabalho de 325 toneladas por dia. A fornalha será operada com carvão vegetal e se espera que o regime de uso deste carvão seja de 665 kg por tonelada de metal quente com 12,5 por cento desta carga injetada através dos sanguietes na forma duma pasta de óleo/carvão vegetal. A fornalha se calcula que tenha uma capacidade de produção de 1,6 toneladas métricas cúbicas por dia o que se compara muito bem com o melhor rendimento obtido das atuais fornalhas operadas a carvão vegetal.

Como redutor e como combustível o carvão vegetal tem provado ser um dos satisfatórios em pequenas fornalhas mas possui muitas desvantagens importantes quando comparado com o rendimento do coque em altos-fornos que se encontram instalados nos aços modernos. A sua baixa resistência inerente combinada com a sua elevada reatividade causam a tendência para o esmagamento e para ser queimado antes de chegar à zona de fundição da fornalha. Estas características causam a desorganização da operação do alto-forno e resultam numa redução da produtividade e de um maior consumo de carvão vegetal. Além destas desvantagens, a baixa densidade do carvão vegetal resulta numa diminuição em volume de fornalha disponível para minério de ferro. Contra estas desvantagens físicas se pode colocar a importante vantagem da sua elevada pureza e do baixo volume de escória resultante.

O aproveitamento de carvão vegetal de madeira se encontra na gama de 30 - 40 por cento. Conseqüentemente é de importância reduzir a distância que a madeira tenha de ser transportada. Existem vantagens económicas na carboni-

zação da madeira perto do local em que é cortada, mas esta operação produz uma variante no teor de umidade no carvão vegetal que, por sua vez, causa flutuações nas características de operação do alto-forno. A tendência é, portanto, com o fim de vencer a dificuldade atrás referida a carbonização perto da aceraria armazenando depois o carvão sob proteção contra as intempéries.

Planos de replantação de eucaliptos que podem ser usados depois de oito anos, tornou possível fazer maior uso de terrenos que se encontram na vizinhança das acerarias. O uso de florestas virgens tornou-se impraticável na maioria dos casos, porque estas áreas são normalmente muito pouco populadas e o custo de transporte para as indústrias de aço torna-se excessivamente elevado.

Se nos parece que as características físicas e químicas do carvão vegetal militam contra o seu uso em altos-fornos de grande capacidade e, isto apenas, é mais do que bastante para levar a um declínio em favor reduzido do carvão vegetal como uma proporção da produção total em áreas como, por exemplo, a América Latina. Acerarias de dimensões pequenas ou médias afastadas de áreas de transporte fluvial e afastadas de depósitos de carvão de coqueificação, mas perto de extensas áreas de florestas com um grande potencial de carvão vegetal, deveriam ser estudadas com mais cuidado, especialmente se existir uma história de operações bem sucedidas com o uso de carvão vegetal na área em que estão. Nos casos em que se propunha construir novas acerarias junto a vias fluviais de águas profundas é pouco de esperar que estas instalações possam ser operadas economicamente com carvão vegetal. A promessa que predomina de futuras reduções substanciais no regime de consumo de coque em grandes fornaldas também se prevê que seja contra-producente quando se olha para futuras operações usando carvão vegetal.

Outra possibilidade para uso de carvão vegetal pode ser a mistura de carvão de má qualidade com carvão vegetal na preparação de um 'bolo formado' em que a elevada pureza do carvão vegetal possa compensar a elevada impureza e o nível de cinzas do carvão propriamente dito. Desta forma se poderá possivelmente produzir um "coque" de qualidade satisfatória em combinação com carvão local; quando se olham estes fatos de forma concisa é possível que ofereçam vantagens econômicas quando comparados com importação de carvão coqueificante.

Não obstante a qualidade de ferro produzido com carvão vegetal é tal que continuará a ser muito procurado em quantidades volumosas. O aço da Suécia deve muito da sua grande reputação ao uso do ferro feito com carvão vegetal de alta pureza como parte inicial da sua fabricação.

As fornaldas a carvão vegetal a funcionar em Windowie, na Austrália Ocidental, têm uma capacidade combinada de 70,000 toneladas de ferro gusa e mais de 80 por cento da sua produção é exportada através do porto de Fremantle.

O ferro a carvão vegetal de Windowie é particularmente adequado para a fabricação de ferro fundido a grafite esferoidal ou ferro ductil. O ferro a carvão vegetal é especialmente procurado pelas indústrias de aço e de rolos para usinas de papel, para moldes de lingotes e para panelas de escória, para forjagem maleáveis, para anéis de pistão e para a manufatura de forjaduras de aço.

Se bem que o ferro produzido no alto-forno de Windowie tenha um teor de

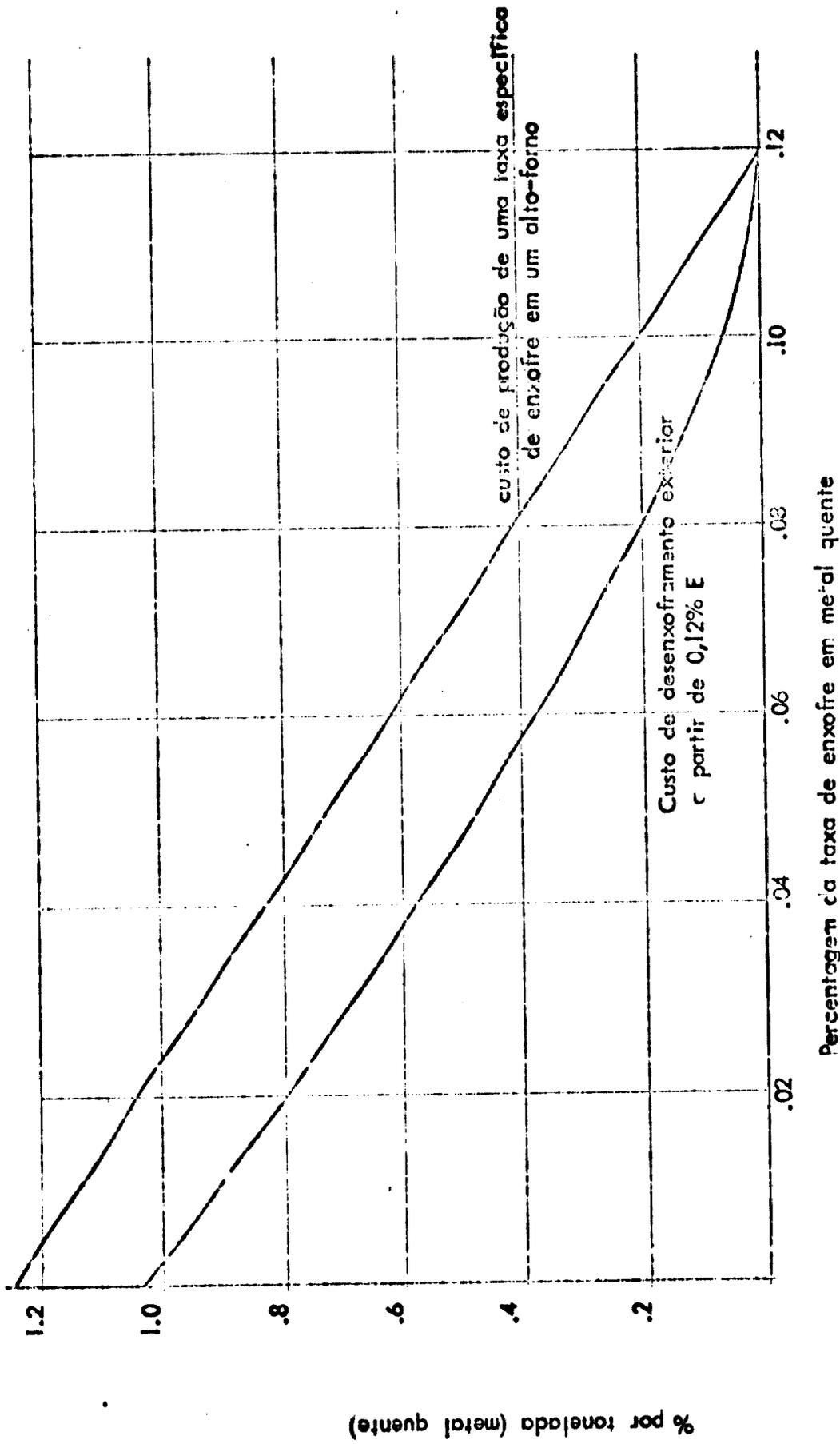


FIGURA 10.15 - CUSTOS DE DESENOXIFRAMENTO EM ALTOS-FORNOS E EXTERIORMENTE (Condições Reino Unido)

fósforo e enxofre e outros elementos muito baixo, a sua procura com uma vasta gama de especificações levou a instalação de um "colheirão de mistura" de 10 toneladas para se fazer uma purificação mais perfeita, e, se necessário, adições de outros metais.

No colheirão, a composição do metal é controlada por injeção de oxigênio e outros aditivos variados. Deste fato resulta que ferro-gusa pode ser virtualmente produzido com qualquer especificação requerida dentro das menores tolerâncias.

10.10 Qualidade de metal quente em ferro produzido por altos-fornos

As exigências de metal quente de altos-fornos são ditadas pelas necessidades de aceraria com oxigênio básico que necessita de um metal com uma análise consistente e com uma temperatura que permita trabalho eficiente a alto rendimento. O constituinte individual mais crítico do metal quente do alto-forno é o seu teor de enxofre porque o processo BOF é um des enxofrador pouco eficiente que só pode remover cerca de metade do enxofre no metal quente. É importante, todavia, assegurar que o enxofre no metal quente seja a um nível aceitável. Quase todas as acerarias pelo processo BOF exigem presentemente um teor de enxofre abaixo de 0,05 por cento para todo o metal quente. Muitas acerarias demandam que todo o metal quente tenha um teor de enxofre inferior a 0,04 por cento, com uma proporção, de mais ou menos 25 por cento do total, que contenha um teor de enxofre inferior a 0,025 por cento. O alto-forno pode fazer des enxoframento eficiente mas apenas a custo de um aumento no volume de escória, uma temperatura de trabalho mais elevada, maior regime de consumo de coque e uma temperatura mais alta do metal. Estes fatos aumentam os custos e diminuem o rendimento além do que maior temperaturas produzem um teor silício mais elevado que não é desejável quando se proceda à fabricação de aço. Uma outra desvantagem é que é difícil fazer com que o alto-forno reaja rapidamente a uma mudança indesejável no teor de enxofre existente no metal quente.

A solução mais simples de todas para o problema é fazer funcionar o forno de maneira uniforme fornecendo uma temperatura de metal quente consistente e ao mesmo tempo aceitando o nível de enxofre resultante fazendo depois o des enxoframento do metal entre o alto-forno e o processo BOF. Em muitos casos existem grandes vantagens econômicas no des enxoframento externo, como se mostra na Figura 10.15 segundo informações publicadas recentemente por uma das maiores acerarias do Reino Unido.

Em des enxoframento externo têm sido adotados vários métodos diferentes: estes métodos são, por assim dizer, divididos em duas categorias principais: (a) processos de lotes; (b) processos contínuos. A maioria dos métodos a serem desenvolvidos no presente são do tipo lote e o des enxoframento é feito num colheirão que se encontra separado da linha do processo convencional. O processo de lote mais simples requer a imersão de um reagente de des enxoframento no fundo do colheirão usando, para esse efeito, uma campânula refratária. O custo da redução de enxofre de 0,025 por cento para menos de 0,01 por cento por este método é cerca de \$1 por tonelada. Todos os processos por lotes têm a vantagem de que podem ser facilmente controlados e levados até ao ponto que se deseja.

Os processos contínuos podem ser instalados nos sistemas existentes nos altos-fornos. O processo que é oferecido pela Rheinstahl é constituído por um vaso cilíndrico no qual o metal corre tangencialmente e se mistura com o carbono de cálcio alimentado continuamente dentro do vaso; a escória é raspada periodicamente. O processo é muito eficiente e o des enxoframento de enxofre dum regime de 0,12 por cento para um nível aceitável pode ser obtido por um preço à volta de \$1,25 por tonelada. Neste caso se pode economizar até \$2,5 por tonelada neste estágio da manufatura do aço.

As vantagens oferecidas pelo des enxoframento externo e a necessidade cada vez maior de operar altos-fornos modernos dum maneira uniforme sem tomar em consideração pequenas variações no teor de enxofre resultará num crescimento de des enxoframento externo.

Em situações em que o metal quente tem fatalmente elevados teores de silício, como na Índia, a remoção do silício pode ser muitas vezes bem justificada. Não parece que existam quaisquer perspectivas de um melhoramento marcado nos métodos correntes existentes para remoção de silício do colheirão fazendo uso de injeção de oxigénio.

10.11 Processos de fundição elétrica para manufatura de ferro

Existem dois processos de fundição elétrica bem estabelecidos e que estão agora em funcionamento em muitas partes do mundo. Estes processos são o Tysland-Hole e o Elektrokemisk.

O processo Tysland-Hole

Este processo foi desenvolvido na Noruega. Este processo se serve de um forno de arco elétrico de veio baixo no qual se lançam materiais com teor de ferro como, por exemplo, minério em torrão e com crescimento e o coque é carregado continuamente. A redução do minério e a fundição do produto resultante tomam lugar no forno Siemens-Martin de onde o ferro-gusa líquido é sagrado intermitentemente. Como redutíveis se pode fazer uso de coque metalúrgico, uma mistura de coque e de clispos de coque ou carvão vegetal. O processo requer cerca de 2200 kWh de electricidade e 350 kgs de coque por tonelada de metal quente quando fundindo uma carga que tenha um teor de ferro à volta dos 60 por cento. Isto é equivalente a um total de necessidade de energia de 16 giga-joules por tonelada.

A maior fornalha em funcionamento na Noruega tem um regime de capacidade superior a 160,000 toneladas de metal quente por ano. A maior usina de produção de ferro da Tysland-Hole, também em funcionamento na Noruega, pode produzir aproximadamente 700,000 toneladas de metal quente por ano.

O processo Tysland-Hole desde o seu início que tem sido considerado como de grande sucesso. Se trata de um processo flexível que pode ser operado a uma percentagem do regime de capacidade tão baixa como 50 por cento sem afetar a qualidade do metal ou aumentar grandemente as demandas em energia. O processo pode ser adaptado também para uma vasta gama de produtos, desde o ferro-gusa ordinário até vários tipos de ligas ferruginosas.

Uma das maiores vantagens dos processos de fundição elétrica é que podem fornecer um produto líquido que pode ser convertido em aço pelos processos BOF

de fabricação de aço. Todavia, estes processos só podem ser de concorrência com um alto-forno situado em locais onde exista energia elétrica a baixo preço de consumo. Os custos da operação da fornalha Tysland-Hole anuais situadas numa localização como acima se expressa para uma base de 0,5 milhões de toneladas por ano se mostram no Quadro 10.5.

QUADRO 10.5 - CUSTO DE PRODUÇÃO DE FERRO PELO PROCESSO TYSLAND-HOLE

	Custo unitário \$/tonelada
Minério de ferro (toneladas) (\$14,5/t)	22
Coque (\$41/t)	14
Eletricidade (a 0,25\$/kWh)	6
Outros custos de conversão	4
Encargos capitais	8
	<hr/> 54
Créditos	-2
	<hr/> 52
Alocação para serviços gerais e capital de funcionamento	7
	<hr/> 59
TOTAL	<hr/> 59

O custo capital de 0,5 milhões de toneladas por ano é à volta de \$42 por tonelada anual de capacidade. O custo de uma instalação menor com uma capacidade anual de 100,000 toneladas é de cerca de \$50 por tonelada anual, enquanto que o custo seria à volta de \$40 por tonelada anual para uma usina mais ampla com uma capacidade de 1 milhão de toneladas. Conseqüentemente as economias, em escala, obtidas por uma usina Tysland-Hole para além duma capacidade de 0,5 milhões de toneladas são pequenas.

Olhando para o desdobramento do custo no quadro se torna evidente que o custo total de coque e de eletricidade chama a si cerca de 50 por cento do total. O processo é claramente sensível ao custo da energia elétrica e isto tem levado ao desenvolvimento do processo Elektrokemisk.

O processo Elektrokemisk (Ver também Capítulo 11, Artigo 11.4)

Este processo foi também desenvolvido na Noruega. Requer fundição elétrica com pré-redução e produz ferro líquido. A carga de minério de ferro, conjuntamente com um carvão não-coqueificante ou carvão vegetal e uma certa

quantidade de calcáreo, é alimentado com um forno rotativo reator térmico na extremidade de descarga por um queimador de óleo combustível. O produto parcialmente reduzido, bem como o carvão vegetal, caem para uma fundição elétrica. A redução completa e a fundição completa têm lugar numa fornalha de que é sangrada intermitentemente o ferro líquido. As quantidades de eletricidade e de carvão necessários dependerão do grau de redução conseguido no forno de pré-redução. Geralmente o processo requererá cerca de 1400 kWh de eletricidade e 400 kg de carvão por tonelada de metal quente produzido por uma carga de minério de ferro que contenha 60 por cento de ferro, equivalente a uma necessidade total de energia de 14,5 giga-jeules por tonelada.

Este processo se tem encontrado em uso comercial para a produção de ferro líquido na Iugoslávia e na República Sul Africana. A maior fornalha de forno elétrico tem uma capacidade média de cerca de 70.000 toneladas de metal quente por ano, embora nos tenha sido dado a entender que esta capacidade foi aumentada para 100.000 toneladas por ano. A capacidade das usinas da Iugoslávia e da República Sul Africana são da ordem de 1 milhão de toneladas de metal quente por ano, se bem que os fornos da Iugoslávia já tenham deixado de funcionar.

Os custos de fabricação de ferro pelo processo Elektrokemisk (Elkem) se mostram no Quadro 10.6 para uma instalação com uma capacidade de 0,5 milhões de toneladas por ano. A eletricidade é considerada à razão de 0,25 cêntimos por kWh.

O custo capital de uma instalação Elkem é maior do que o de uma instalação Tysland-Hole de capacidade equivalente porque a primeira é uma instalação com processo em dois estágios. Todavia, as economias em escala de custo-capital são semelhantes às do processo Tysland-Hole.

O custo total de combustível e de energia é significativamente mais baixo do que aquele pelo processo Tysland-Hole funcionando em condições idênticas. Isto se deve principalmente ao fato de que o processo Elkem faz uso de carvão mais barato e também ao fato de que a eficiência térmica do processo é superior.

A vantagem econômica do processo Elkem sobre o processo Tysland-Hole aumenta a medida que os regimes de consumo de eletricidade aumentam o que torna o primeiro desses processos mencionados a escolha natural para a maioria de aplicações em fundição elétrica. Fornalhas Tysland-Hole só devem ser construídas, no futuro, como extensões das instalações ao presente existentes.

QUADRO 10.6 - CUSTO DE FABRICAÇÃO DE FERRO PELO PROCESSO
ELEKTROKEMISK

	Custo Unitário \$/tonelada
Minério de ferro (torrões) (\$14.5/t)	22
Carvão (\$41/t)	11
Eletricidade (0,25c/kVh)	3
Outros custos de conversão	5
Encargos capitais a 20%	9
	<hr/>
	50
Créditos	-1
	<hr/>
	49
Alocação para serviços gerais e capital de funcionamento	7
	<hr/>
TOTAL	56

CAPÍTULO 11 - FABRICAÇÃO DE FERRO POROSO POR REDUÇÃO DIRETA

11.1 Processos de fabricação de ferro por redução direta

'Redução direta' é o termo genérico que é geralmente aceito nos dias presentes como incluindo todos os processos que produzem ferro em forma reduzida, geralmente referido como ferro poroso, na forma de torrões e regulares, pelotas esféricas ou pó fino de ferro.

Em anos recentes se têm descrito muitos processos de redução direta. Estes processos têm abraçado uma gama muito grande de acerarias e praticamente todos os processos conhecidos em agentes redutíveis. Têm sido muitas as razões e condições que têm sido encontradas, diferentes de país para país, que justificam o desenvolvimento destes processos em escala tão avultada. Por exemplo, a maioria dos processos foi desenvolvida para produções muito menores do que aquelas normalmente associadas com os problemas econômicos de acerarias para a fabricação de ferro em altos-fornos, permitindo oportunidade para estabelecer acerarias independentes em países como, por exemplo, a Coréia do Sul, que não pode utilizar a produção de um grande alto-forno. Porque o processo usa geralmente combustíveis que não são o coque metalúrgico para alto-forno, certos países verificaram que o processo de redução direta é o mais econômico porque permite a utilização de uma energia alternativa que existe no local. Exemplos deste fato são o uso de gás natural no México e o uso de energia elétrica na Escandinávia. Se podem usar também minérios de baixa graduação ou minérios contaminados como por exemplo a titânia (que existe nas areias ferruginosas da Nova Zelândia) que não podem ser usadas na carga de um alto-forno mas podem ser exploradas pelo seu uso em certos processos de redução direta.

Redução direta é uma tecnologia em desenvolvimento e se estão propondo continuamente novos processos ou se estão construindo cada vez mais novas instalações. Aqueles processos que estão presentemente em operação e aqueles que parecem mostrar promessa de um desenvolvimento frutuoso se encontram descritos no Quadro 11.1. Entretanto, concordamos com o comentário aqui seguido e que foi feito pelo Battelle Memorial Institute:*

"A literatura publicada sobre redução direta é tendenciosa. A maioria das publicações abordam apenas uma gama limitada de produtos. Estas descrições incluem narrativas de processos, resultados de trabalhos experimental químico e metalúrgico (incluindo instalações piloto), previsões econômicas

para novas instalações e previsões sobre aquilo que o futuro poderá oferecer. A literatura não contém relatórios da forma e da razão porque certas instalações falharam ou que os custos de fato que têm sido suportados em instalações em operação. Enquanto não obtivermos uma situação em que ambas as faces da história sejam igualmente bem conhecidas e as deficiências da redução direta mostradas contra as suas vantagens, há que exercer a maior cautela para evitar grandes entusiasmos otimísticos e vocais.

Pode bem ser significativo o fato de que algumas das organizações e muitos dos indivíduos que tenham tido experiência com instalações de redução direta (algumas delas agora encerradas) evitam propositadamente apresentações claras como por exemplo no presente Simpósio.

Um dos problemas principais é que em alguns casos de estimativas do custo de produção estas são suficientemente elevadas para desanimar quantos se propõem fazer uma adoção rápida do processo numa escala ampla. O número de incertezas é muito elevado.

A conclusão é que ao chegar o momento em que os processos de redução direta atingem a sua maturidade como um método de comercialização de toneladas elevadas, a forma dos processos e o método pelos quais selecionarmos entre os processos e selecionamos as matérias primas serão muito diferentes daqueles métodos que conhecemos hoje em dia. Os processos de redução direta presentemente visualizados de forma alguma representam o potencial mais elevado aplicável à sua utilização."

O vasto interesse internacional no potencial dos processos de redução direta se mostram no Quadro 11.2, pelo qual se verificará que nas instalações presentemente em operação a maioria se baseia em reductivos gasosos.

QUADRO 11.1 - PROCESSOS IMPORTANTES DE REDUÇÃO DIRETA

Processos de redução gasosa	Processos de redução sólida	Pré-redução elétrica
Hyl Midrex Orinoco (HIB) Armco Purefer	SL/RN Krupp	Elkem

11.2 Processos de redução gasosa

Os processos de redução gasosa utilizam gás natural como fonte principal de reductível e de combustível. Alternativamente, podem usar como fonte primária de energia frações liquidificadas de petróleo ou nafta pura; estes produtos

* Estudo apresentado ao E.C.E no Seminário sobre Redução Direta do minério de ferro que se realizou em Bucarest, em setembro de 1972.

QUADRO 11.2 - SITUAÇÃO RELATIVA DOS PROJETOS DE
REDUÇÃO DIRETA (Meio ano de 1972)

Processo e Local	No. de instalações e capacidade anual (toneladas 10 ³)			
	Em operação	A arrancar	Em construção	Planeadas
<u>Redutível gasoso</u>				
HyL - México: Monterrey	2-250		1-400	
- " : Vera Cruz	1-200			
- " : Puebla	1-250			
- Brasil : Bahia			1-250	
Midrex - EUA: Portland, Oregon	1-400			
- " : Georgetown, S.C.	1-400			1-800
- " : Louisiana			1-400	
- Canadá: Centracoeur				
- Alemanha: Hamburgo	1-400			
Orinoco - Venezuela: Puerto Ordaz		1-1000		
Armco EUA: Houston, Texas			1-400	
Purofer - Alemanha: Oberhausen			1-150	
<u>Redutível de carbono sólido</u>				
SL e SL/RN:				
- Grécia: Lyra	1-100*			
- Rep. Sul Africana: Witbank	1-800*		1-200	
- Nova Zelândia: Glenbrook		1-150		
- Coreia: Incheon		1-150**++		
- Canadá: Sudbury, Ontario		1-200		
- Brasil: Piratini			1-60	
- Austrália Ocidental: Hamersley				1-1400
- Índia: Goa				1-150
Krupp - Rep. Sul Africana: Dunsfontein			1-100	
Outros - Jugoslávia: Skopje		1-250+		
- Itália: Monfalcone				1-40
- Índia: Madras				1-1000
- Japão: Kobe Kakogawa				1-2000
- " : Chiba			1-250*	

- Notas: + Operações paradas em maio de 1971
 * Redução parcial para uso em manufatura de ferro
 ** Para ferro de fundição
 ++ Operação parada em novembro de 1970
 +++ Redutível gasoso alternativo (HyL) a ser considerado

Fonte: Convenção AISE, Pittsburg, setembro de 1972 ("The Inevitable Magnitudes of Metallized Iron Ore" por Jack Robert Miller)

necessitariam de reformação antes de serem alimentados ao processo e, presentemente, não existem instalações comerciais baseadas em frações reformadas de petróleo.

A natureza fluída do redutível tem encorajado engenheiros que se dedicam a desenvolvimento a tentarem aperfeiçoar um processo básico fluidizado com o minério de ferro na forma de chispas. Com a existência cada vez maior de minério de ferro nesta condição este processo parece oferecer vantagens consideráveis. Todavia, a principal desvantagem de usar chispas de minério num reator base fluidizado é que as partículas do minério tendem a se colarem umas às outras devido a dificuldade de controle do perfil da temperatura dentro do reator, e isto resultando fluidização e redução inefficientes. Uma medida das dificuldades encontradas se pode bem avaliar do fato de que o ato dos cinco processos aqui descritos são alimentados por torrões ou por pelotas. Estes processos são o Hyl, o Midrex, o Purifer e o Arco. Existe apenas um processo de base fluidizada que parece estar suficientemente desenvolvido para ser considerado como proposição comercial. Este processo de redução direta é o Q.inceo HIB.

O processo Hyl

O processo Hyl desenvolvido pela Hojalata y Lamina S.A. (HYLSA) está agora a ser utilizado com grande sucesso numa escala comercial nas acerarias da empresa em Monterrey e Puebla, no México. Se trata de um processo por lotes e faz uso de quatro reatores que são operados em sequência para reduzir o minério em torrões ou pelotas óxidas. O gás redutível é produzido com gás natural desoxigenado numa instalação de reformação de gás. O processo é capaz de produzir produtos reduzidos até 87 por cento de metalização. Para produção de uma tonelada de produtos desta natureza provenientes de minério de ferro que contenha 60 por cento de teor de ferro, requer aproximadamente 700 metros cúbicos de gás natural o que é equivalente a uma alimentação térmica de cerca de 20 gigajoules.

A primeira destas instalações (200 toneladas por dia) foi instalada em Monterrey, e começou a funcionar em 1957. Por virtude do grande lucro obtido e em virtude também do alto êxito técnico desta primeira unidade, foi construída uma segunda instalação de vulto, também em Monterrey, com um regime de 500 toneladas de ferro por dia, que começou a trabalhar comercialmente em 1960. O desenho mecânico e de processo da nova unidade foram consideravelmente modificados, envolvendo um novo ciclo de arrefecimento, a duplicação da área do reator, e o carregamento de 120 toneladas de minério em torrão comparado com as 15 toneladas anteriores. Por virtude destas modificações, se deram consideráveis dificuldades ao ser iniciado o trabalho, dificuldades que levaram à vastas modificações. Só em dezembro de 1962 é que foi conseguida obter um rendimento estabelecido e de confiança, rendimento e estabilização que têm sido mantidos até o presente dia.

Depois de cinco anos de trabalho excelente em Monterrey com a segunda instalação, a Tubos de Acero de Mexico, S.A. (TAMSA), em Vera Cruz, México, construiu uma instalação Hyl para produzir 500 toneladas por dia de ferro. Esta aceraria começou a trabalhar em meados de 1967 e foi aceita pela TAMSA em dezembro de 1967. A aceraria foi desenhada originalmente para operar com minério em torrão vindo de El Encino, mas em 1962 começaram a escacear minérios em torrão em El Encino; a percentagem de chispas e de magnetita atingiram ní-

veis inaceitáveis e a TAMSA começou a importar minério em torrão Itabira do Brasil. O teor de redução deste minério se verificou ser substancialmente mais baixo do que o teor do minério de El Encino e para se poder obter o rendimento exigido pelo desenho tem sido necessário aumentar substancialmente o gás reformador e a capacidade compressora para que a instalação não tenha sido desenhada. A TAMSA tem desde então para cá estudado e analisado outros minérios em torrão, como por exemplo o mexicano de El Conejo, as pelotas óxidas Marcona, vindas do Perú, as pelotas Itabira do Brasil entre outros minérios. Se bem que os teores de redução dos minérios e das pelotas fossem diferentes, a operação foi muito bem sucedida e presentemente a TAMSA carrega uma mistura de torrões de minérios e pelotas para obter uma produção ótima baseada nas existências no mercado e nas econômicas do processo.

Em 1969 a HYLSA do México construiu uma nova aceraria integrada em Puebla, México, que instalou uma instalação HYL com regime de 500 toneladas por dia de ferro total, para servir a indústria em ferro vindo de El Encino. Em maio de 1970 as instalações HYL em Puebla e Monterrey deixaram de fazer uso de minério em torrão e converteram a instalação para uma operação integral de pelotas com resultados excelentes. A produção aumentou em 32 por cento, o consumo de gás diminuiu em 13 por cento, e a metalização melhorou em 10,3 por cento.*

Para a instalação em Puebla se fizeram consideráveis alterações no desenho adotado em Monterrey. A instalação de Monterrey tinha 5 reformadoras individuais catalíticas de vapor-metano. Uma das modificações básicas feitas no período entre 1960-62 foram alterações na sequência de pré-aquecimento resfriamento por inersão para melhorar o rendimento da instalação, mas a disposição física era tal que os dois novos pré-aquecedores de gás que tiveram de ser adicionados foram colocados mais afastados dos reatores do que aquilo que seria de desejar. Em contraste, a instalação em Puebla fez uso apenas de um reformador de gás, que é tecnicamente mais eficiente do que os cinco reformadores existentes em Monterrey, e os pré-aquecedores individuais se encontram bem conectados aos reatores. O diâmetro interno dos vasos dos reatores em Puebla é de 3,76 m, comparados com 3,35 m, em Monterrey - um aumento em área de 25 por cento.

As instalações HYL nas acerarias de Monterrey têm trabalhado consistentemente durante muitos anos em regime contínuo com uma eficiência de 95 por cento. As acerarias de Puebla têm obtido também este rendimento desde 1970. O uso de quatro reatores como conceito básico do processo HYL contribui imensamente para o trabalho de confiança deste processo porque em qualquer momento que se deseje um ou mais dos reatores pode ser removido de serviço para operações de conservação enquanto os outros se mantêm em funcionamento constante. Se se dá uma emergência de operação, como por exemplo uma falha na alimentação de gás ou um terremoto, como sucedeu em Vera Cruz, que exige o encerramento completo da instalação, esta pode voltar a trabalhar à sua capacidade total num período de 12 horas.

A Usina Siderúrgica da Bahia, S.A. (USIBA) está construindo uma instalação de processo HYL com uma capacidade de 600 toneladas por dia na Bahia, Brasil. Se prevê que esta instalação comence a trabalhar em março de 1973 e processará pelotas de óxido de ferro do Vale do Rio Doce. O processo HYL é, em quase todos os seus aspectos, idêntico ao existente na instalação de Puebla. Experiências muito completas sobre as qualidades redutíveis das pelotas do Vale do Rio

Dêce demonstraram que estas pelotas são de qualidade idêntica às da Alzada. Portanto, se anticipa que a operação da instalação HYL na aceraria da USIBA seja igual ou melhor do que a operação e os resultados obtidos em Puebla.

Os estudos para a construção de uma nova e terceira instalação HYL para a HYLSA em Monterrey, México, começaram em outubro de 1971. Esta instalação está prevista para 1130 toneladas de produção por dia de pelotas reduzidas e o seu funcionamento comercial está previsto para setembro de 1973. Esta aceraria vai incorporar muitos melhoramentos técnicos de importância, entre os quais reatores de maior diâmetro, temperaturas de saída de gás mais elevadas dos pré-aquecedores, consumo mais reduzido de gás e um melhor controle do teor de carbono. A produção pode ser aumentada em 25% com a instalação, subsequente, de um quinto reator.

Em 1971 se completou um programa experimental compreensivo, para verificação de que o rendimento do processo e a capacidade prevista da instalação poderiam ser garantidos com reatores individuais de maiores dimensões. Para evitar erros em excessos de produção foi necessário instituir uma forma de medição e de estabelecimento do perfil da temperatura através das câmaras do reator durante a operação comercial a vários níveis. Os problemas mecânicos foram difíceis mas se resolveram por meio de medições comparativas. Os reatores nas primeiras unidades HYL têm um diâmetro interno de 2,6m, na segunda unidade 3,35m e na terceira unidade 3,76m. As experiências realizadas provaram conclusivamente que o perfil da temperatura se estende uniformemente através da cama a um ponto aproximadamente de 15 a 20cm do revestimento do reator seja qual for o seu diâmetro. Tendo sido verificado em condições de trabalho integral que a distribuição de gás e da temperatura através da cama eram uniformes, o diâmetro interior dos reatores para a nova instalação foi aumentado para 4,27m, para se conseguir um regime de trabalho diário de 1130 toneladas. Se afirma agora serem viáveis maiores reatores individuais.

Além daquelas instalações que já foram aqui descritas, processos HYL estão, segundo se diz, a serem considerados na Argélia, na Austrália, no Canadá, na Argentina, na Bolívia, na Venezuela, na Colômbia, na França, na Grécia, no Irão, no Kuwait, no Marroco, no Iraque, na Holanda, em Porto Rico, nas Filipinas, em Singapura, na Coreia do Sul, na Tailândia, em Trinidad, na URSS e na África do Sul, com uma produção total anual prevista de 10,4 milhões de toneladas de pelotas reduzidas. Deste número, sete vão fazer uso de nafta como fonte de redutível e de combustível. A instalação menor está prevista para 200.000 toneladas anuais e a maior para 1,65 milhões de toneladas anuais.

Os custos de produção de ferro porosa pelo processo HYL se mostra no Quadro 11.3. Estes custos se aplicam a uma instalação desenhada para um rendimento de 0,5 milhões de toneladas por ano e construída num local onde tenha grande disponibilidade de gás natural.

*"Processo de Redução Direta HYL - Passado, presente e futuro", estudos submetidos pelos EUA (preparado por R. Lawrence Jr.) ao Seminário sobre Redução Direta de minério de ferro, ECE, Bucarest, setembro de 1972.

**QUADRO 11.3 - CUSTOS DE FABRICAÇÃO DE FERRO PELO
PROCESSO HYL**

	Custo Unitário \$/t
Pelotas de óxido de ferro (\$20/t)	27
Gás natural (14 ¢ por CJ)	3
Outros custos de conversão	5
Encargos capitais	8
	<hr/> 43
Alocação para trabalhos gerais e capital de movimento	7
	<hr/> 50
TOTAL	50

Os custos capitais deste processo como verificam são muito semelhantes aos do processo Elkem (Capítulo 10, Quadro 10.6), mas enquanto que o ferro vindo da fundição Elkem pode ser refinado numa fornalha básica de oxigênio, o ferro poroso Hyl tem que ser fundido e refinado numa fornalha de arco elétrico.

O custo de gás natural neste processo é de grande importância e a média cotada que seja acima de 14 ¢ por giga-joule (1,5 cents por termo) é muito favorável. Médias de 50 centímos giga-joule são os mais comuns o que eleva o custo total de ferro poroso para cerca de \$60 por tonelada. Parte do gás pode ser substituído por óleo porque a redução só usa cerca de 60 por cento das necessidades de gás de toda a instalação; as necessidades térmicas fazem uso do restante. O gás natural pode ser também substituído por nafta se esta existir em termos econômicos mais favoráveis mas é importante notar que reformação por nafta requer uma instalação mais complexa do que aquela para gás natural. O desenvolvimento recente anunciado pela Koppers Co., permite que o carvão seja convertido em monóxido de carbono e hidrogênio e a companhia afirma que estes produtos são adequados para processos de redução direta.

O uso de níquel em torção aumenta o tempo do ciclo e reduz a produção além de que tem também a tendência para 'arquear' nos reatores durante a descarga. O uso de pelotas óxidas elimina esta tendência mas resulta numa alimentação mais dispendiosa; se deve notar que é necessário fazer uso de pelotas endurecidas devido ao método de carregamento dos reatores.

O processo Midrex

Este processo foi evoluído pela Midland Ross Corporation, dos EUA. É um processo de operação contínua reduzindo pelotas óxidas a mais de 92 por cento de metalização à medida que passam numa fornalha de veio, num contra-fluxo de gás redutor aquecido. Este gás é produzido de gás natural numa instalação refor-

madora de gás.

Presentemente existe uma instalação a trabalhar em Hamburgo, na República Federal Alemã, e existem duas outras instalações nos EUA em Portland, Oregon, e em Georgetown, Carolina. Cada uma destas instalações tem uma capacidade anual de 400.000 toneladas de produto reduzido. Uma outra instalação de capacidade semelhante está presentemente sendo edificada no Canadá. Duas outras instalações, uma nos EUA e outra no Japão, estão sendo planejadas e cada uma delas terá uma capacidade anual de 800.000 toneladas de produto reduzido.

Foi afirmado recentemente que a instalação em Hamburgo está convertendo 67 por cento de minério de ferro em ferro poroso com 95 por cento de teor de ferro sem ter tido de necessitar mudar a sua configuração externa.* A instalação faz uso de gás natural vindo de Groningen na Holanda que é alimentada do reformador à família de veio à 800°C. Se afirma que o consumo deve ser de 425 metros cúbicos por tonelada de ferro poroso (cerca de 13 gigas-joules por tonelada).

Ainda não foram publicados quaisquer pareceres dos custos do processo Midrex. Existem, entretanto, sugestões de que tanto o capital como os custos de operação são inferiores aos do processo HyL, mas a ausência de dados de confiança sobre os custos se deve assumir que não existe ainda experiência suficiente com o processo para se poder estabelecer o seu êxito técnico econômico, ou os seus lucros comerciais. De forma idêntica àquela que tem comprovado o processo HyL durante uma década de operação comercial.

O processo HIB Orinoco (consultar Capítulo 10, Artigo 10.7)

O processo HIB (briquete com alto-teor de ferro) se baseia num processo de redução direta Nu-Ferro, originalmente desenvolvido pela United States Steel Corporation. É o único processo de cama fluidizada que tem sido desenvolvido para operação comercial em grande escala.

O processo é de tipo contínuo e faz uso de reator de cama fluidizada para reduzir chips de minério de ferro de partículas inferiores a 0,6 mm. O gás redutível é pré-aquecido e sujeito à pressão, antes de ser levado para estes reatores. Os produtos reduzidos e chips são briquetados enquanto quentes e depois arrefecidos numa atmosfera inerte. O processo é capaz de produzir briquetes que contem um teor de ferro até 92 por cento. Segundo se afirma as exigências em gás natural são na ordem de 600 metros cúbicos por tonelada de produto, equivalente a 16 giga-joules).

Uma instalação para fazer uso deste processo está sendo construída na Venezuela nos últimos quatro anos. Foi informado recentemente que a instalação se meçou a trabalhar em 1971 mas que se não espera que entre em produção total antes dos fins de 1972. A instalação que tem uma capacidade anual de um milhão de toneladas de produto briquetado reduzindo 75 por cento, se encontra descrita no Capítulo 10, Artigo 10.7.

* Boletim Mensal de Metais, junho de 1972.

Têm sido propostos vários outros processos que fazem uso da técnica da cama fluidizada mas nenhum deles parece ter sido desenvolvido para além do processo piloto ou operações em pequena escala. Por exemplo, o processo Fior foi desenvolvido numa escala piloto pela Esso Company em 1962. Desde então para cá têm sido anunciados várias vezes planos para a construção de uma instalação comercial Fior para produzir briquetes reduzidos para a venda geral mas não existem quaisquer notícias de que o projeto já tenha sido principiado. Um processo francês, o processo Novalfa - Onia, se destinou especificamente para redução de minério de ferro algeriano; o gás redutível era uma mistura de monóxido de carbono e de hidrogênio com uma temperatura de entre 600°C e 800°C. Não existe qualquer instalação em operação comercial, e segundo se diz está sendo agora considerada uma instalação do processo HYL na Argélia.

O Processo Anixco

Este processo foi avaliado pela Anisco Steel Corporation dos EUA. Embora se trate de um processo de lotação, em muitos aspetos a operação metalúrgica deste processo é semelhante à descrita para o processo Midrex. O minério em torrões ou as peletas de óxido são carregadas numa formilha de veio vertical onde reagem com a contra-corrente de gás natural reformado e aquecido entre 900°C e 1000°C. O gás de topo é resfriado, a água é removida e seguidamente é misturado com mais gás natural e volta a fazer-se o recirculamento.

Segundo se afirma o processo é capaz de produzir até 95 por cento de produto metalizado. Para produzir uma tonelada deste produto, de um minério de ferro que contenha 60 por cento de teor de ferro, diz-se que o processo necessita de um fornecimento de cerca de 550 metros cúbicos de gás natural, o que é equivalente a 17 gigajoules.

Segundo informações recentes se está construindo uma instalação nos EUA com uma capacidade de 1000 toneladas por dia. Esta instalação está prevista para começar a sua produção em meados de 1972.

Não existem elementos suficientes publicados que permitam passar uma opinião sobre o valor deste processo. Entretanto, é possível observar que, porqui se trata de um processo de lotação de desenvolvimento recente, não possui nem o potencial se bem que ainda não esteja comprovado, as vantagens económicas do processo Midrex, e como um processo contínuo, nem as vantagens de ter sido bem comprovado e bem experimentado como é o caso com o processo HYL.

O Processo Purofer

Neste processo também o minério em torrões ou as peletas são reduzidas a ferro poroso numa formilha de veio fazendo uso de gás natural reformado. A reformação e o pré-aquecimento são feitos em duas operações alternadas que operam os reatores catalíticos, com o aquecimento do catalis seguido pela reformação natural do gás com ar, oxigênio e/o vapor para produzir uma mistura de hidrogênio e monóxido de carbono a uma temperatura de cerca de 1000°C.

Uma instalação com uma produção de 500 toneladas por dia está agora a ser construída em Oberhausen na República Federal Alemã.

11.3 Processos de redução de combustível sólido

O processo mais importante nesta categoria é o Stelco-Lurgi/RN, ou o processo SL/RN. Um processo que compete com o SL/RN é o processo Krupp de redução direta que, para além do pormenor de desenho da instalação e para além de ser manufacturado por uma companhia diferente, não parece diferenciar em muitos aspectos importantes do processo SL/RN. Se soube recentemente que vai ser construída na República Sul-Africana uma instalação para a redução direta pelo método Krupp. Esta instalação terá uma capacidade anual de 100.000 toneladas de produtos reduzidos.

O Processo Stelco-Lurgi/RN

O processo de redução SL/RN foi evoluído pela Steel Company of Canada em colaboração com a Lurgi-Gesellschaft für Chemie e Hüttenwesen da República Federal da Alemanha, a partir dos fins de 1964, em associação com a RL Corporation dos EUA. O processo faz uso de um forno rotativo no qual os minérios em torrão ou as pelotas óxidas são reduzidos. A instalação, usualmente, incorpora também uma grade de pré-aquecimento, um forno rotativo, um resfriador, e uma instalação para a separação de carvão vegetal.

Uma das características deste processo é que faz uso de carvão não coqueificante em substituição do coque. Uma parte do aquecimento provém do óleo ou do gás natural a menos que seja usado o carvão cp, a-tp teor de volatilização. Quando se tenha de reduzir um minério que contenha cerca de 60 por cento de teor de ferro, necessita à volta de 800 lbs de carvão altamente volátil, equivalente a 18,5 giga-joules, por tonelada de produto reduzido. Com o fim de impedir a transferência de enxofre ou combustível sólido para os produtos reduzidos se junta na carga uma pequena quantidade de calcário ou de dolomita. Os constituintes de aglutinação como sílica, alumina e o fósforo são retidos nos produtos. O processo é capaz de afetar até 97 por cento da metalização em minérios de alta qualidade.

Já existem instalações SL/RN na Nova Zelândia, no Canadá e no Coréa e estão sendo construídas outras na República Sul-Africana e no Brasil. A instalação da Nova Zelândia foi desenhada para reduzir áreas ferruginosas titaníferas, ao passo que a instalação da República Sul Africana se destina à recuperação de vanádio.

As três instalações já construídas constituem um foco de considerável interesse porque nenhuma delas ainda conseguiu trabalhar com grande êxito ou atingir a capacidade para que foi desenhada.

Como resultado das dificuldades com a sua instalação SL/RN, usina de pelotas e serviços auxiliares, a New Zealand Steel Ltd., segundo se informa * teve uma perda comercial que quase atingiu \$NZ 6 milhões no ano financeiro de 1970-71. A falta destas instalações em obter a sua capacidade de produção e o consumo de matérias primas que tinha sido garantido tornou necessário que a companhia fizesse importação de pelotas óxidas da Austrália e de sucata de aço.

A natureza das dificuldades, segundo anunciado pela New Zealand Steel Ltd., foi a seguinte*:

"O problema mais severo de operação foi a formação de acreções que resultaram do controle imperfeito dos perfis da temperatura dentro do forno. Isto, por sua vez, levou a uma série de entupimentos no forno entre o chute de transferência do resfriador. As acreções foram descobertas quando se fez o encerramento do forno rotativo. Conseqüentemente, foi decidido levar a cabo investigações intensas ou os fatores que afetam a resistência das pelotas, isto é, a sua dilatação dentro de um forno rotativo."

Um relatório das operações siderúrgicas da Nova Zelândia durante setembro de 1971 mostram os seguintes desapontamentos sérios:

- i) O maior problema no forno SL/RN é a acumulação de agregações no forno; devido a este fato a operação contínua do forno está limitada de 8 a 12 semanas de trabalho contínuo. Cada vez que o forno é fechado, é necessário um período à volta de 2 semanas para remover as agregações e para por o forno de novo em condições de funcionamento.
- ii) Com o uso de pelotas verdes, alimentadas diretamente ao forno, a perda de concentrado no pó é excessivamente elevada e por isto a limpeza do gás desperdiçada e os sistemas para a remoção de poeira psem uma limitação na operação da instalação.
- iii) Mesmo quando se fez uso de pelotas endurecidas tecnicamente vindas da Whyalla para a produção de ferro poroso no forno, embora as perdas de pó fossem menores, a formação de agregações foi mais ou menos da mesma ordem das produzidas quando se fez uso de pelotas verdes.
- iv) A linita usada é muito reagente e disto resulta um aumento no consumo de carbono.
- v) Com o emprego de um único tipo de carvão se torna difícil equilibrar a demanda de carvão e a demanda térmica.
- vi) Os termo-elementos instalados no forno indicam a temperatura correta durante o período de arranque e durante algum tempo deste período de arranque. Subseqüentemente, devido a uma camada de matérias primas poeirentas nas pontas dos termo-elementos, as indicações de temperatura deixam de ser de confiança com as resultantes dificuldades em controlar as operações do forno.
- vii) Devido à metalização inferior e ao alto teor aglutinante do poroso, o consumo de energia na fornalha de siderúrgica elétrica é de 835 kWh por tonelada quando se faça uso de 75 por cento de poroso na carga. O período de sangramento térmico, varia, regra geral, entre 10 a 210 minutos.
- viii) Se existe uma descida de 10 por cento na metalização do produto, isto é de 90 por cento para 80 por cento a demanda de energia em 100 kWh por tonelada na fornalha de aço elétrico.

* Boletim dos Metais, 8 de abril de 1971, página 31.

** "Vias Alternativas para o Aço" Código No. P.137. The Iron and Steel Institute, 39, Victoria Street, Londres, S.W.1. (maio de 1971).

Se está fazendo uma tentativa para controlar os perfis da temperatura por redução da entrada de carbono na descarga do poroso e adicionando lenita de carvão vegetal na carga do redutível. Se colocaram também queimadores adicionais distribuídos ao longo do comprimento do forno com tubos resistentes ao aquecimento que se projetam para o centro do forno a fim de espalhar a zona da temperatura até cerca de 25 m.

Devido às desvantagens acima referidas, a produção de esponjoso é inferior a um-terço da capacidade prevista para a instalação. No período de dois anos apenas foram produzidas 50.000 toneladas de esponjoso aceitável à usina de fundição e cerca de 20.000 toneladas de esponjoso parcialmente reduzido que foi armazenado para reprocessagem.

Segundo se sabe a International Nickel Co. também tem tido problemas semelhantes com a sua instalação Falconbridge em Sudbury, Ontario, e têm uma opinião idêntica a da New Zealand Steel Ltd. de que o processo SL/RN necessita de mais desenvolvimento antes que possa ser comercialmente aceitável.

A instalação SL/RN em Incheon, na Coreia do Sul, tem estado fechada desde novembro de 1970 devido a uma explosão que teve lugar no mês anterior na fornalha elétrica de fundição que era alimentada com poroso SL/RN.*

Segundo parece a idéia original de instalar uma grande usina SL/RN em Hamersley, na Austrália Ocidental, para a produção de briquetes HIMET foi abandonada e que se está dando agora consideração à possibilidade de instalar para este efeito uma usina pelo processo HYL que fará uso do gás natural recentemente descoberto no solo continental.

Os custos nacionais para a produção de 0.5 milhões de toneladas anuais numa instalação SL/RN se mostram no quadro 11.4. Neste exemplo, se assume que a instalação se encontra localizada perto de uma fonte onde não existe carvão coqueificante e que está funcionando à capacidade prevista.

QUADRO 11.4 - CUSTOS DE FABRICAÇÃO DE FERRO PELO PROCESSO SL/RN

	Custo Unitário \$/t
Pelotas de óxido de ferro (\$20/t)	27
Carvão (\$10/t)	7
Outros custos de conversão	5
Energias capitais	6
	<u>45</u>
Alocação para trabalhos gerais e capital de movimento	<u>6</u>
TOTAL	51

* Boletim de Metais, 5 de outubro de 1971, p.29.

O maior forno instalado até a data tem uma capacidade prevista de 150.000 toneladas por ano. Tem sido sugerido ser viável desenvolver este desenho de forma a duplicar esta capacidade, embora enquanto as instalações existentes não atingirem a sua produção prevista, isto parece ser um pouco duvidoso. Com fornos de 300.000 toneladas por ano, economias em escala podem ser realizadas e obtidas no caso de instalações que excedam um milhão de toneladas por ano. Se calcula que os custos totais sejam de \$55 por tonelada no caso de 250.000 toneladas por ano, \$49 por tonelada no caso de 1 milhão de toneladas por ano e \$47 por tonelada no caso de 2 milhões de toneladas. A partir deste ponto o regime de declive em custos é muito pequeno. O custo capital é mais baixo do que para a maioria dos outros processos de redução direta mas não é tão baixo quanto fora previsto pelas descrições há uns anos atrás. Baseado nos níveis presentes de rendimento o custo capital da instalação que se mostra no Quadro 11.4 é demonstradamente baixo. Se antecipa que o custo será eventualmente menor e mais de acordo com o nível mostrado no quadro quando tenham sido vencidas as dificuldades em matéria de operação.

11.4 Pre-redução elétrica

O Processo Elkem

O Processo Elkem, que foi descrito no Capítulo 10, Artigo 10.11, é um processo de fundição elétrica, de fato um processo em dois estágios, do que o primeiro é uma pré-redução por um processo de redução direta num forno rotativo.

Em Skopje, na Jugoslavia, onde foram instalados cinco fornos rotativos Elkem, todos eles deixaram de funcionar e a fundição elétrica é agora feita sem pré-redução.

Foram feitas recentemente experiências na Noruega, pela Elkem, em minérios de ferro de alta qualidade vindos do Estado de Orissa (na Índia) por a o redução direta em fornos rotativos que fazem uso de combustível sólido. As experiências não foram satisfatórias e comprovaram que o processo não é aplicável no caso destes minérios devido às suas características físicas adversas.

O Processo D-LM

Um processo de redução direta (cujo nome provém de Dwight-Lloyd McWone) que usa um ramo convencional e fornalha de fundição elétrica tem sido sujeito a vasto desenvolvimento. Pelotas verdes de chips de minério e chips de carvão são espalhadas num ramo de congestionamento vertical e encadeadas. Uma vez obtida uma redução de 60 por cento no ramo, a parte restante é completada numa fornalha elétrica.

O interesse principal por este processo se deve ao fato de que não requer carvão metalúrgico.

11.5 Fabricação de ferro por redução direta fazendo uso de energia nuclear

Já anteriormente neste relatório (Capítulo 10, Artigo 10.4) se fez referência ao uso de aquecimento nuclear para a produção de gases redutíveis para a injeção em altos-fornos. Existe também considerável interesse no possível uso de energia nuclear para produzir gases que possam servir para processos de redução

direta.*

O desenvolvimento de reatores nucleares de alta temperatura refrigeradas a gás tem fornecido um potencial para uma vitória tecnológica e econômica neste campo dado que é agora possível prover reatores de 2 a 3 GW (termais) produzindo gás de hélio a pressões até 100 kg/cm^2 e temperaturas até 1200°C .

Usado num gerador de gás adequado, este hélio de alta temperatura pode converter combustíveis fósseis, como por exemplo, linita, em hidrogênio e monóxido de carbono para uso em processos de redução direta. Muito provavelmente a geração de gás redutível tem lugar na fonte do combustível sólido e o gás levado aos centros de manufatura de ferro até 100 km de distância. Desta maneira se pode fazer uso de todas as vantagens econômicas da escala pelo uso do reator nuclear. Se obtivermos mais vantagens econômicas com o uso do hélio parcialmente arrefecido deixando o gás gerador para produzir vapor para a geração da energia elétrica.

Num futuro mais distante, à medida que as instalações de redução direta aumentam de dimensão, será necessário incorporar vários reatores, geradores de gás e instalações de redução direta dentro dum sistema unico ligado através de linhas distribuidoras de gás; desta forma será possível manter tabeas flexíveis de produção capaz de poderem enfrentar não só reparações como encerramentos parciais.

Se o movimento relativo dos preços de combustíveis fósseis e de eletricidade gerada por energia nuclear continuarem a favorecer a energia nuclear é bem possível que se chegue a um ponto em que se torne uma realidade econômica a eletrólise da água para produzir hidrogênio para fins redutíveis, bem como para subproduto de oxigênio. Isto fato requererá o desenvolvimento de uma célula eletrolítica adequada porque parece mais do que natural que nas primeiras aplicações de energia nuclear a manufatura de ferro por redução direta sejam baseadas no carvão ou na linita.

11.6 O futuro da redução direta

Os processos de redução direta continuarão a atrair a atenção e interesse. O processo HYL já se encontra bem estabelecido como um processo comercialmente aceitável em áreas onde os redutíveis gasosos são existentes a um preço muito atrativo. Claramente, o êxito dos desenvolvimentos descritos no Artigo anterior encorajará ainda mais o uso do HYL e outros processos redutíveis gasosos como, por exemplo o Midrex.

Em termos comerciais, nenhum dos outros processos presentemente utilizados está comprovado como constituindo competidor do HYL. O nível de investimento em instalações Midrex e em instalações SL/RN, é, todavia, de tal magnitude que nos parece que uma solução eventual dos problemas econômicos e técnicos será um fato num futuro não muito remoto.

*Seminário ECE sobre Redução Direta de Minérios de Ferro, Bucarest, setembro de 1972

Todos os processos existentes requerem maior desenvolvimento e maior melhoramento, e não temos dúvida de que futuros processos irão aparecer - de fato, já se está planejando um número de instalações que vão fazer usos de processos ainda não comprovados. Se trata de um campo de tecnologia siderúrgica que sem dúvida vai atrair uma proporção de grande importância dentro das investigações de desenvolvimentos totais a levar a cabo pela indústria mundial durante os dez anos mais próximos.

A extensão, entretanto, em que a aplicação de redução direta irá substituir outras formas de manufatura de ferro dependerá parcialmente das econômicas totais em manufatura de aço e do lugar que a redução direta irá ocupar como um estágio na estrada que leva à manufatura do aço.

As vias alternativas para a manufatura de aço, se considerem no Capítulo 14, mas um fator adicional que deve levar a assegurar um lugar para a redução direta da indústria siderúrgica de futuro é a demanda progressivamente maior para unidades de ferro. Miller* sugeriu que a tendência no sentido da manufatura de aço por separamento de oxigênio e por fornos de fundição elétrica levará a falta de sucata que terão que ser compensadas por minério de ferro metalizado num futuro não muito distante; sugeriu também que regimes mais baixos de coque serão procurados por adição de minério pré-reduzido das cargas dos altos-fornos. O desenvolvimento do conceito das mini-acerarias baseadas em sucata e em minério de ferro metalizado, que é discutido no Capítulo 22 influenciará também o crescimento da redução direta como uma técnica. Esses fatores, tomados em conjunto, levam à conclusão de que os desenvolvimentos futuros da tecnologia da pré-redução são inevitáveis.

* Jack Robert Miller - "As Magnitudes inevitáveis do minério de ferro metalizado", Convenção AISE, Pittsburgh, setembro de 1972.

CAPÍTULO 12 - MANUFATURA DE AÇO E METAL QUENTE

12.1 Desenvolvimentos recentes do processo

A produção de oxigênio em toneladas de grande quantidade a um custo econômico para a produção de aço bruto se tornou uma realidade depois da Segunda Guerra Mundial em seguimento aos desenvolvimentos atingidos em projetos para aviões e projéteis de propulsão direta. Nesse caso foi verificável tomar vantagens dos processos existentes destes novos desenvolvimentos dado que os processos eram o de Siemens-Martin e o de Bessemer. O novo processo que foi evoluído é semelhante em conceito ao processo Bessemer mas usa uma lança a topo para impulsionar o oxigênio dentro de uma carga líquida. Este processo, denominado primeiramente LD (Linz-Donawitz) o nome das instalações onde foi originalmente concebido é, hoje em dia, denominado geralmente como o processo básico de fornalha de oxigênio (BOF).

As vantagens econômicas do processo BOF sobre os outros processos existentes para a maioria dos processos à metal quente levou a um declínio rápido na proporção de aço produzido em fornos Siemens-Martin e pelo processo Bessemer. Presentemente cerca de 30 por cento do aço mundial é manufaturado em fornos Siemens-Martin e cerca de 5 por cento faz uso do processo Bessemer. Muito desse processo Bessemer de fabricação de aço usa os processos básicos Bessemer ou Thomas, e está concentrado num número relativamente pequeno de países que possuem uma elevada proporção de metal quente com um teor muito alto de fósforo para a fabricação de aço.

O declínio continua e se prevê que quando chegar o ano de 1980 o aço produzido pelo método Siemens-Martin contará menos de 10 por cento da produção mundial de aço, e que os processos Bessemer deixarão de todo de existir.

Desenvolvimentos recentes no desenho de sangradores tornam hoje possível e prático o sopramento à parte inferior dum conversor tipo Bessemer com oxigênio não diluído. Estes desenvolvimentos têm tido lugar em vários centros produtores de aço e, por isso, é conhecido por vários nomes diferentes como, por exemplo, OBM (Maximilianshütte), Q-BOF (o processo da US Steel), e LWS (processo da Société Creusot-Loire, Société Wendel-Sidekor e Etablissements Sprunck). Esta descoberta tecnológica permitiu que alguns conversores Thomas fosse adaptados para o novo processo em vez de terem de ser encerrados. O desenvolvimento se considera também como um meio de prolongar a vida econômica de certas fornalhas Siemens-Martin. Os processos de sopramento à parte inferior se encontram

discutidos no Artigo 12.3 que se segue neste capítulo.

12.2 Processos de conversor com sopramento a topo

A sombra deste título discutimos os processos principais LD ou BOF. Têm sido desenvolvidos muitos outros processos à base do processo BOF para espalhar as vantagens da injeção de oxigénio sobre uma banda mais vasta nos processos de metal à quente. Entretanto, com o desenvolvimento do processo BOF propriamente dito, e agora com o ressurgimento dos processos de conversão e alimentação inferior, o futuro dessas variações do processo BOF parece estar de certo modo restringido. Consequentemente, este Artigo trata principalmente dos desenvolvimentos tecnológicos do BOF; os outros processos são passados em revista em poucas palavras no fim deste Artigo.

Crescimento na dimensão da fornalha

A dimensão das fornaldas BOF tem crescido progressivamente à medida que as instalações das acerarias têm também aumentado de capacidade. Apenas agora as dimensões das fornaldas estão se aproximando das dimensões que têm as maiores fornaldas Siemens-Martin existentes. As vantagens económicas de fornaldas de dupla capacidade se tornam evidentes ao considerar a Figura 12.1 que mostra uma conversão compreensiva dos custos da manufatura de aço comparada com a dimensão da fornalha.

O Quadro 12.1 mostra a distribuição da capacidade da fornalha em termos mundiais do ano de 1971. Fornaldas com capacidades entre 100 a 200 toneladas constituem um grupo mais volumoso, e mais de dois terços daqueles presentemente a serem construídas têm capacidades superiores a 150 toneladas. Isto contrasta enormemente com a gama de dimensões dos anteriores conversores Bessemer que tinham todas capacidades inferiores a 100 toneladas.

QUADRO 12.1 - DISTRIBUIÇÃO DA CAPACIDADE DA FORNALHA BÁSICA DE OXIGÊNIO EM 1971
(número de fornaldas)

País	Dimensão da Fornalha (toneladas)				
	até 100	101-150	151-200	201-300	Acima de 300
Japão	40	8	21	17(+2)*	
EUA	8	17	22	33(+1)*	
Todos os outros países	121(+6)*	86(+9)*	20(+7)*	38(+2)*	10(+1)*
Total	175	120	70	93	17

* Fornaldas em construção em 1971.

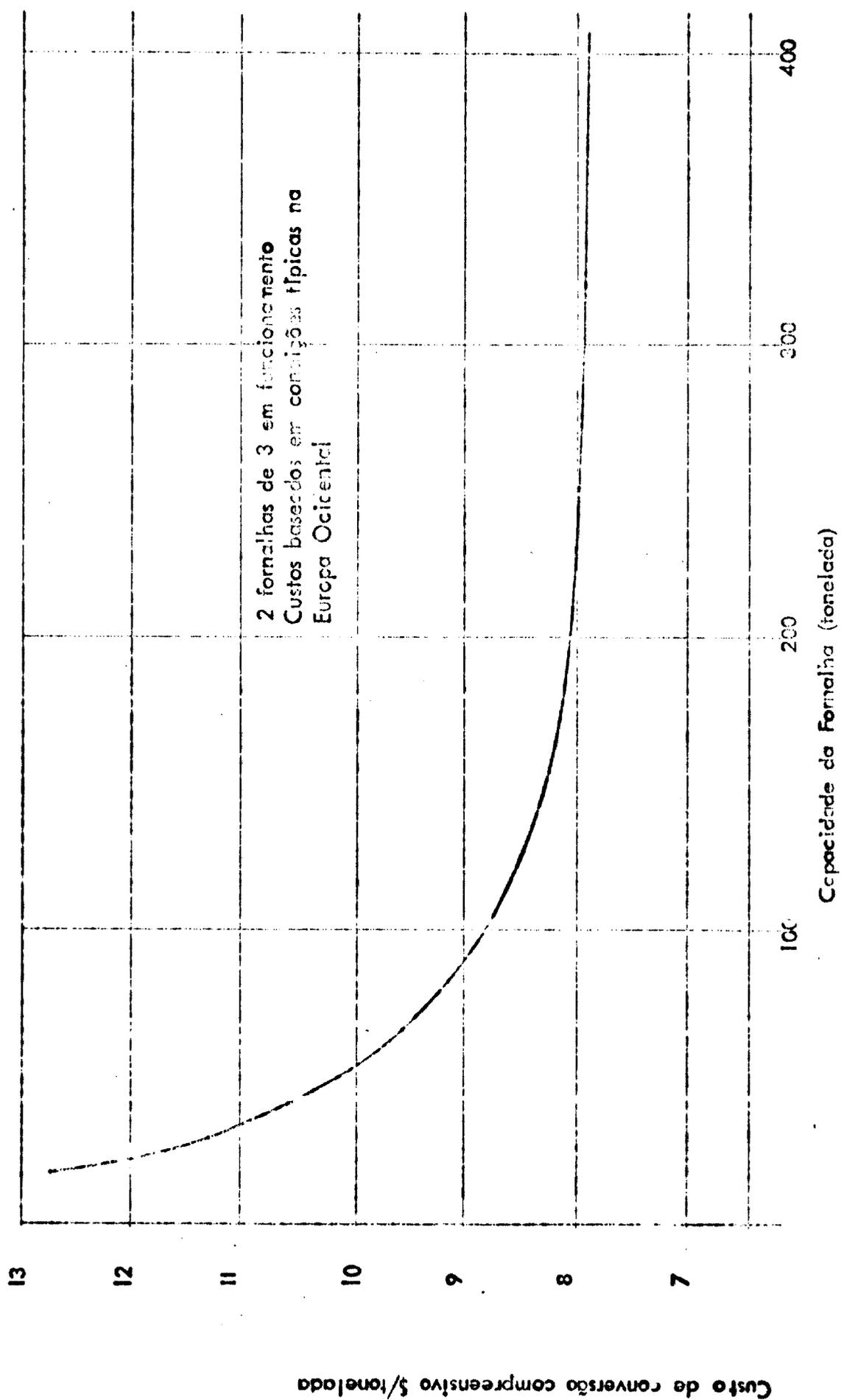


FIGURA 12.1 - ECONOMIAS NA ESCALA DE MANUFATURA DE AÇO PELO PROCESSO BOF

A maior fornalha presentemente em operação tem uma capacidade de 350 toneladas, mas se está planejando uma aceraria com uma fornalha de 400 toneladas que deve entrar em serviço na República Federal Alemã nas instalações da August-Thyssen Hütte. Não é de esperar que exista uma tendência para construir fornaldas de dimensões ainda maiores, pelo menos durante os anos mais próximos, por três motivos. Primeiramente a tendência para reduzir constantemente os períodos de ciclo torna desnecessária a construção de vasos muito maiores; por exemplo, duas fornaldas de 200 a 300 toneladas de capacidade podem satisfazer todas as necessidades de uma aceraria que tenha uma capacidade dentro si de 5 a 8 milhões de toneladas por ano. O segundo ponto é o restringimento possível no que respeita a manipulação de materiais; este ponto já foi levantado no Capítulo 10 que se refere à problemas de manipulação em torno da base de altos-fornos de grande capacidade. Problemas semelhantes de congestionamento necessitam de cálculos muito meticulosos e de rotulagens muito bem justificadas se os benefícios obtidos pela aumento na dimensão da fornalha não vão ser anuladas por um aumento nos períodos dos ciclos. Em terceiro lugar as logisticas necessárias para equiparar a dimensão da fornalha com as facilidades de fundição; principalmente se esta é constituída por uma máquina de fundição contínua o que põe ainda outro esboço no crescimento da dimensão da fornalha.

Configuração da usina

O curto ciclo de tempo do processo BOF torna desejável que exista sempre em operação um número constante de fornaldas a fim de que seja assegurada uma alimentação constante de metal quente e um fornecimento sem dificuldades de aço líquido. Consequentemente, tem sido prática comum construir uma fornalha a mais do que o número requerido para o funcionamento a fim de que uma fornalha esteja sempre a ser restaurada enquanto as outras se encontram produzindo aço. Inicialmente, a longividade dos revestimentos internos e os períodos necessários para fazer o revestimento novo eram tais que uma usina de duas fornaldas com uma em operação e a outra em restauração constituía a única forma de trabalho prática. Com o aumento em longividade e com as reduções obtidas no período de restauração são hoje praticáveis usinas com três fornaldas e em alguns casos mesmo usinas com quatro fornaldas. O Quadro 12.2 mostra a distribuição corrente destes arranjos e distribuições de fornaldas em todas as partes do mundo.

QUADRO 12.2 - CONFIGURAÇÃO DE INSTALAÇÕES BOF EM 1971

Configuração Operacional	Número de unidades no mundo
1 Fornalha em 2	48
2 Fornaldas em 3	116
3 Fornaldas em 4	59
4 Fornaldas em operação	2

A maioria dos casos de uma fornalha em operação com duas fornaldas em existência se encontra nas acerarias que têm uma segunda usina do tipo BOF sendo

a primeira usada nas instalações de pequenas fornalhas; quando foi chegado o momento de ampliar se verificou ser necessário construir uma segunda usina com fornalha maior e não adicionar uma terceira fornalha à usina já existente.

O uso de três fornalhas quando existem quatro necessita, de um lado, longas campanhas de trabalho das fornalhas, ou período muito curto de restauração de uma fornalha que seja retirada de serviço. Longas campanhas de trabalho se podem obter por 'aceleração' do revestimento depois de cada aquecimento, mas este fato aumenta o período do ciclo. Isto, aliado à sequência complexa dos movimentos de manuseamento de materiais que surgem quando se encontram em funcionamento três ou mais fornalhas reduz a utilização destas e o aumento em capacidade da usina é inferior ao aumento no número de fornalhas.

A melhor figuração mais natural é a de duas fornalhas em funcionamento numa complexa de três. Este método é aquele que oferece um meio mais efetivo de resolver os problemas de custo e eficiência e de reduzir os custos de capital e custos de operação. Quando se foge a planificação de uma usina inicialmente nova, o método de 'duas fornalhas em três', pode ser considerado em dois estágios desde que o segundo estágio de desenvolvimento elevando o sistema da usina de duas para três fornalhas seja programada para se realizar dentro de um número de anos relativamente curto depois da conclusão do primeiro estágio.

Ciclo do tempo no processo BOF

O desenvolvimento mais significativo no processo BOF tem sido a redução no período de fundida a feruida. Durante os últimos dez anos o desenho do período de ciclo para uma fornalha BOF de dimensão média, digamos, de 120 toneladas, tornou possível a redução anterior de uma hora para cerca de 40 minutos. Este melhoramento foi alcançado por melhoramentos no desenho que permitiram uma aceleração no sopramento do oxigênio e uma entrada e saída mais rápida devido a um manuseamento mais acelerado.

O período do sopramento é, nas suas melhores condições, de cerca de 20 minutos, mas não existe qualquer razão técnica que justifique este período não ser grandemente reduzido, possivelmente cortado pela metade. Existe pouca margem para reduções substanciais para além das já existentes em matéria de carregamento, recolha de análise e períodos de desprajamento; portanto reduções que tenham de ser feitas no ciclo do tempo têm que ser obtidas por redução do período de sopramento. Redução no período de sopramento por este método implica limitações muito restritivas no controle do processo. Para resolver o problema se introduziu um sistema de controle direto por computador. (Consultar Capítulo 24 Artigo 24.2) mas este controle, por sua vez, tornou necessária a estandarização, tanto quanto possível, de todo o processo. Conseqüentemente uma fornalha para produção de aço em bruto tem que ser programada para produzir continuamente um aço básico com uma única especificação. A especificação tem que ser depois ajustada para satisfazer os forjamentos individuais que sejam necessários por meio de outros tratamentos que têm lugar no colheirão. A chave do sucesso no período de sopramento de redução se encontra no controle da formação e das reações da emulsão do metal de escória. Um problema que se dá com períodos de sopramento curtos é a formação de uma escória espumante. Se estão presentemente desenvolvendo processos para uma controloação efetiva por dispositivos que ligam o sistema de controle direto a um sensor que registra quando se dá este acontecimento.

Os períodos de ciclo variam de uma aceraria para outra, principalmente devido à dimensão das fornalhas, à quantidade de escória carregada e à análise de ferro, se bem que as características de certas usinas bem como a dimensão da usina de oxigênio também produzem efeitos sobre o processo. As boas práticas BOF do Japão têm um período médio de ciclo de cerca de 35 minutos para fornalhas com capacidades superiores a 100 toneladas e algumas fornalhas estão funcionando já com um ciclo de 30 minutos. Se prevê que os períodos de ciclo para fornalhas com esta capacidade desçam para cerca de 25 minutos com o desenvolvimento completo dos controles diretos por computador e por melhoramento no manuseamento dos materiais. E de se esperar que em termos mundiais, por volta de 1980* as cifras de boas práticas se fixem à volta de 30 minutos.

Uso de sucata no sistema BOF

A quantidade de sucata derretida nas práticas gerais do processo BOF variam numa gama muito ampla como se torna evidente no Quadro 12.3.

QUADRO 12.3 - PERCENTAGEM DE SUCATA EM CARGAS PARA PRODUÇÃO DE AÇO PELO PROCESSO BOF EM VÁRIOS PAÍSES (1979)

País	Porcentagem média de sucata na carga (restante em metal quente)
EUA	29.3
Japão	19.7
República Federal Alemã	17.1
Reino Unido	25.6
Franga	27.0
Itália	21.7
Holanda	22.9

Até certo ponto estas cifras refletem as existências de sucata nos respectivos países, isto é, as razões são mais económicas do que técnicas.

Entre os objetivos das tendências tecnológicas em fundição e laminação, e das indústrias de manufatura, a mais importante é o melhoramento em produção com uma consequente redução na recirculação da sucata. A mudança de processos de lingotes para ferjamento contínuo é possivelmente o fator mais importante no quanto diz respeito à produção. Se prevê que por alturas de 1980 as produções das acerarias dos principais países produtores de aço tenha melhorado em 8 a 10 por cento, comparado com as produções do dia de hoje. Ao mesmo tempo, as tendências para fornalhas BOF de maiores dimensões e a redução em períodos de ciclo se combinam para melhorar a eficiência técnica do processo e disto resulta maior necessidade de sucata para anefecimento. O efeito real destas tendências é que o produtor de aço pelo sistema BOF será forçado a comprar sucata para suplementar as suas existências de sucata re-circulante; este fato reduzirá a proporção de sucata para processos siderúrgicos com metal frio (ver Capítulo 13). O preço da sucata se encontra discutido no Capítulo 14, Artigo 14.2.

Um problema associado com as fornalhas BOF e que está recebendo uma atenção cada vez maior é a poluição causada pela descarga de grandes quantidades

* Ver Apêndice 7

de "fumo castanho". As medidas que foram tomadas para combater este inconveniente se encontram descritas no Capítulo 23, Artigo 23.3.

Outros processos básicos de oxigênio

Para além do processo BOF propriamente dito se tem desenvolvido outros processos básicos de oxigênio. Estes processos foram desenhados principalmente para aumentar a gama de metais quentes que podem ser manipulados com conversor com soprimento a topo, particularmente nos casos em que existam elevado teor de fósforo. Três processos já alcançaram aplicação comercial - os processos LD/AC, Kaldo e o Rotor.

Processo LD/AC

Este processo foi desenvolvido na França e a maior parte dos aços que dele fazem uso se encontram localizados nesse país. A diferença crucial entre os processos LD/AC e o BOF é que o ar em pó é injetado ao mesmo tempo que se injeta o oxigênio na fornalha LD/AC. Uma melhor compreensão da sequência de reacções que têm lugar no conversor, aliada à tendência maior na política siderúrgica para descer o teor de fósforo no metal quente por locação de minérios, tem permitido aos fabricantes de aço voltar ao processo BOF. As fornaldas LD/AC serão convertidas para operação pelo processo OBM (Artigo 12.3) pela instalação de fundos removíveis.

Kaldo

O processo Kaldo (desenvolvido pela Stora Kopparbergs Bergslags AB) faz uso de um conversor rotativo que opera como um mutador térmico. Evoluiu originalmente para a conversão de ferro com um alto teor de fósforo numa vasta gama de aço, a rotação da fornalha e a facilidade que possui para ajustamento de temperatura facultam um elevado grau de flexibilidade e de controle. É também possível derratar mais acesa - até 40 por cento da carga - no processo Kaldo do que no processo BOF. Entretanto, o custo mais elevado para fornalha rotativa aliado com o custo de operação bem mais alta, devido principalmente a um desgaste muito elevado dos elementos refratários, tornou o processo pouco económico em comparação com a produção de aço pelo processo BOF.

Rotor

O processo Rotor (desenvolvido pela Huettenwerk Oberhausen A.G.) é semelhante em princípio ao processo Kaldo mas a configuração do conversor é diferente. Os custos deste processo são muito semelhantes ao do processo Kaldo.

O método de produzir uma gama de aço pelo processo BOF para fazer um aço "standard" que é subsequentemente processado no colheirão para a especificação desejada está presentemente a se tornar mais popular (ver Artigo 12.5). Este fato, aliado com a tendência já acima referida de se fazer uso de ferro com um teor de fósforo mais baixo, torna estes processos de pouca importância na futura configuração global de produção de aço a metal quente.

12.3 Processos de conversão por soprimento à parte inferior

Processos Bessemer e Thomas

BOP.

A CRM (Centre de Recherche Metallurgique, da Bélgica) também levou a cabo experiências com o processo OBM, e informou que tinha obtido várias centenas de sopramento com um simples sangrador na fornalha. A desintegração prematura do sangrador tem evitado fazendo um sopramento numa camada protetora de oxigênio; se fez uso de camadas protetoras tanto líquidas como gasosas mas a CRM parece favorecer mais o óleo combustível do que o propano ou o gás natural. O uso de um único sangrador simplifica irremediavelmente a injeção do calcário em pó no conversor. O grupo CRM notificou também sobre o teor de nitrogênio no aço pelo processo OBM: fazendo uso de propano como combustível líquido o teor de nitrogênio ao ser cortada a fundição foi de 0,002 por cento e 0,0025 por cento da fornalha. Fazendo uso de gás natural provido da Groningen (na Holanda) contendo 14 por cento de nitrogênio o teor de nitrogênio no aço subiu para 0,005 por cento e 0,004 por cento. O período de sopramento dos ensaios da CRM teve lugar durante 12 a 14 minutos. Segundo afirmou a CRM, a conversão dos conversores para sopramento superior para conversores para sopramento inferior permite aumentos até 40 por cento no peso da carga, principalmente devido ao excelente controle que se pode fazer sobre a formação da escuma associada com o processo.

Em seguimento dos ensaios excelentemente bem sucedidos na sua usina aceraria no Sul de Chicago, a US Steel anunciou em dezembro de 1971, que a sua aceraria Siemens-Martin, em Fairfield, Alabama, ia ser convertida numa aceraria para processo Q-BOP com duas fornalhas de 180 toneladas; nos princípios de 1972 foi anunciada a conversão da aceraria N^o 2 pelo processo BOP (que ainda se encontrava a essa data em construção) em Gary, na Indiana para o processo Q-BOP. A instalação em Gary deve começar a trabalhar em fins de 1972 e as instalações em Fairfield em fins de 1973. A instalação piloto que foi instalada na aceraria do Sul de Chicago está encerrada.

Não existem dúvidas de que um dos aspectos que influenciou o corpo administrativo da US Steel em fazer experiências pioneiras em escala tão avultada pelo processo Q-BOP é o custo em capital que segundo se informa* permite uma economia muito substancial com este processo comparado com o processo BOP.

Existe uma diferença substancial entre as matérias primas e práticas usadas na Europa e nos EUA, bem como existe uma diferença muito grande na dimensão das principais instalações siderúrgicas. O processo OBM já produz cerca de 3,5 milhões de toneladas de lingotes anuais na Europa e o desenvolvimento das instalações Q-BOP dos EUA vai ser, indiscutivelmente acompanhado com grande interesse. O quadro 12.4 fornece uma lista das instalações OBM/Q-BOP.

O processo LWS, desenvolvido na França, foi recentemente licenciado à Koppers Co., de Pittsburgh, para exploração nos EUA e no Canadá, e numa base não-exclusiva licenciado também na América Latina. Da Europa existem apenas em operação duas destas fornalhas, - um conversor de 30 toneladas na instalação Rombon em Wendel, e uma unidade de 20 toneladas em Louquy que pertence à Hauts-Fourneaux de La Chiers. Uma terceira instalação está presentemente a ser construída em Saar.

* "Industrial Heading" 39, 900, (maio de 1972)

QUADRO 12.4 - LISTA MUNDIAL DE INSTALAÇÕES QBM/Q-BOP

País e companhia	Local de instalação	Data de arranque	Conversores		Capacidade de aço bruto toneladas	Observações
			No.	Dimensão térmica toneladas		
<u>República Federal Alemã</u>						
Eisenwerk-Gesellschaft Maximilianshütte GmbH	Gulzbach-Rosenberg	1967	6	32	1,000,000	Primeiro utilizante comercial
Roehlingsche Eisen und Stahlwerk GmbH	Völklingen	1969	2	40	500,000	De Thomas para Q-BOP
Metallhüttenwerk Lubeck GmbH	Lubeck/Harrenwyk	1970	1	8	36,000	Unidade experimental e de produção
<u>Frância</u>						
Société des Aciers et Tréfileries de Neuves Maison	Chatillon	1969	4	32	540,000	
Union Sidérurgique du Nord et de l'Est de la França (USINOR)	Valenciennes	1970	3	72	810,000	Arrancada totalmente em 1970. Trabalha presentemente com vasos maiores.
-	Longwy	1970	2	40	360,000	
<u>Bélgica</u>						
Cockerlin-Ougres- Providencia	Marchiennes	1971	2	32	400,000	
Forges de Thy- Marcinelle et Monceau	Monceau	1971	4	32	600,000	
<u>Luxemburgo</u>						
Minière & Métallurgi- que de Rodange	Rodange	1971	2	32	270,000	Se inomas para Q-BOP
<u>República Sul Africana</u>						
South African Iron & Steel Industrial Corp. Ltd.	Pretoria	1971	1	46	(270,000)	Esta unidade opera três conversores Thomas de 25 toneladas. Um dos estes está agora convertido para Q-BOP.
<u>Estados Unidos da América</u>						
U.S. Steel Corporation	Gary, Indiana	1973	2	180	3,200,000	As maiores unidades do mundo. Planificadas, originalmente, para uso comercial de ferro gusa com baixo teor de fósforo.
U.S. Steel Corporation	Fairfield (Fairfield Works)	1974	2	180	3,200,000	
<u>Can. dE</u>						
Sidney Steel Corporation	Sidney	1973	2	110	1,150,000	Em substituição da fornalha Siemens-Martin existente. Depois de ficar concluído o alto-forno será adicionado um terceiro vaso. A primeira instalação Q-BOP está planificada para construção em um terreno novo.
Total existente e capacidade planeada					12,336,000 toneladas	

A elevada categoria e reputação das companhias que se encontram empenhadas nesses processos do sopramento inferior comprovam a validade das afirmações feitas para os processos OBM e Q-BOP; ainda é demasiado cedo para julgar se estes processos suplantarão o processo BOF na produção futura de aço em bruto mas os dados existentes levam a sugerir que desenvolvimentos nestes processos irão ter uma influência marcada na seleção de processos durante a próxima década ou período superior. Deve ser considerado como indicio muito significativo o fato da US Steel ter decidido fazer a conversão da sua proposta segunda usina BOF para o processo Q-BOP, em Gary, Indiana, antes das fornalhas BOF terem sido instaladas. Por outro lado esta decisão deve ser considerada como uma escolha deliberada entre os processos BOF e Q-BOP, e não conversão de uma aceraria Siemens-Martin como foi o caso em Fairfield, Alabama.

12.4 Fabricação de aço pelo processo Siemens-Martin

O processo Siemens-Martin é tecnicamente um processo extremamente flexível para a produção de aço por ser capaz de receber cargas quentes ou frias com, praticamente, qualquer mistura de metal quente, ferro gusa e sucata e de produzir uma grande gama de aços. O motivo que tem levado a um declínio constante nas capacidades produtoras Siemens-Martin em todo o mundo é o elevado custo de conversão compreensiva do aço produzido pelo processo Siemens-Martin comparados com os custos de conversão pelo processo BOF (Fig. 12.2). Pelos gráficos que se mostram nas figuras, evidente se torna que numa indústria em expansão plena com a siderúrgica a capacidade existente Siemens-Martin é de um valor e importância no quanto respeito ao atraso da data em que se tenha de construir novas acerarias pelo processo BOF. Por outro lado, onde existem capacidades adequadas para satisfazer as necessidades da mercado, as instalações Siemens-Martin estão sofrendo uma desvantagem econômica considerável em comparação com as instalações BOF. Sem dúvida este deve ser um dos motivos primordiais que levaram a US Steel Corporation a manifestar tão grande interesse pelo processo Q-BOP. Outro exemplo da reação a estas pressões econômicas teve lugar recentemente no Reino Unido, onde uma usina Siemens-Martin que tinha apenas dez anos de idade foi desmontada para em seu lugar ser construída uma usina BOF de 240 toneladas.

Uma notável exceção ao declínio rápido em capacidades Siemens-Martin, é a URSS, onde a capacidade Siemens-Martin cresceu apenas de 84 por cento da manufatura de aço bruto em 1965 para 73 por cento em 1970. O nível de modificação se está agora acelerando mas é difícil verificar, em termos puramente econômicos, como a sua operação tem continuado na URSS numa escala tão avultada. Fatores que podem possivelmente ter contribuído para tal situação são o desenvolvimento de grandes fornalhas (com capacidades até 900 toneladas), e a enorme disponibilidade do grande uso de gás natural para aquecimento das fornalhas e o uso de lanças de oxigênio.

Modificações para melhorar o rendimento do processo Siemens-Martin

Tentativas recentes para melhorar o rendimento do processo Siemens-Martin se têm concentrado, principalmente, na zona da sua produtividade. Os dois desenvolvimentos mais importantes foram o uso de oxigênio para acelerar a refinação e o conceito duma produção por fornos duplos que são denominados a fornalha Tandem.

Carga: 70% metal quente
30% refugo

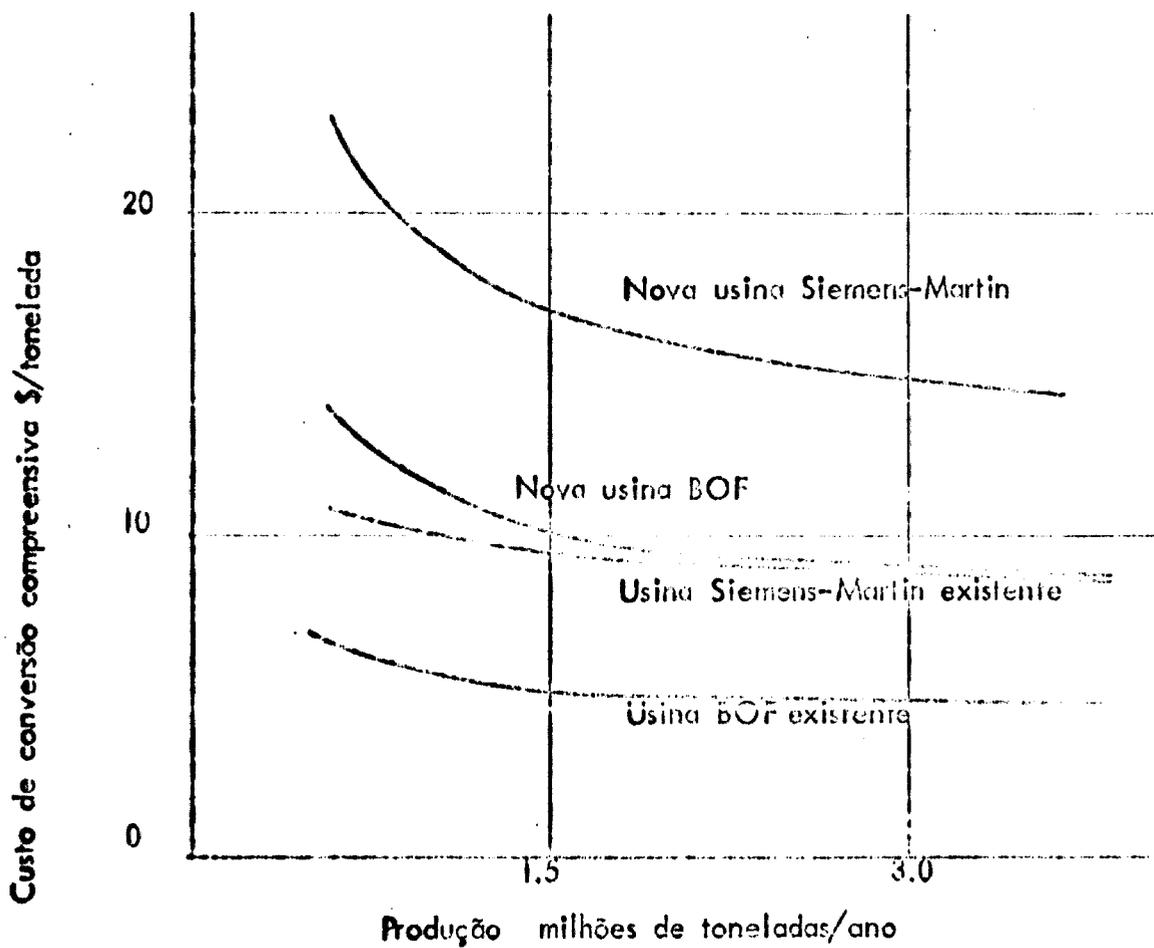


FIGURA 12.2 - CUSTOS COMPARATIVOS DE CONVERSÃO COMPREENSIVA PARA MANUFATURA DE AÇO POR PROCESSOS BOF E SIEMENS-MARTIN

Lança e injeção de oxigênio

Uma vez que se obteve a técnica para usar oxigênio na refinação no processo BOF, natural e lógico se tornou estender este princípio às fornalhas Siemens-Martin com o fim de acelerar o processo. Todavia, lança de oxigênio ou injeção só podem ser aplicadas numa fase limitada sem extensa modificação das descargas da fornalha ou das suas verificações devido ao aumento do regime de geração de gases reativos.

Lanças de oxigênio são agora uma prática comum e na URSS mais de 60 por cento das fornos faziam uso de lanças de oxigênio já em 1970. Segundo se afirma o uso de gás natural e de oxigênio às fornalhas, na URSS, permitiu aumentar a produtividade em entre 15-25 por cento, e diminuir os custos de combustível em entre 15-20 por cento. Um exemplo duma fornalha que foi modificada para fazer maior uso e usufruir as vantagens da lança de oxigênio foi o desenvolvimento feito na Ajax em Scunthorpe, no Reino Unido.

O desenvolvimento de um sangrador submerso para injeção de oxigênio nos conversores tipo Bessemer está agora aplicado na fornalha Siemens-Martin. Conhecido pelo nome de SIP (processo de injeção submersa) a técnica foi desenvolvida pelo Sydney Steel Corporation, do Canadá. Inicialmente os sangradores se encontravam montados na parte de baixo da fornalha mas foi subsequentemente estabelecido que sepremento horizontal à parte de baixo da linha da sucia tinha que ser igualmente efetivo. Este fato torna possível a sua aplicação às fornalhas fixas bem como a fornalhas inclinadas. Têm sido anunciados melhoramentos em rendimento e produção semelhantes em caráter aqueles que o processo OBM tem reclamado para si.

Fornalhas Tandem

A fornalha Tandem representa uma modificação muito fundamental na produção de aço pelo processo Siemens-Martin. A idéia provém de haver necessidade em converter as existentes fornalhas Siemens Martin para carga a frio ou carga morna para um processo mais rápido capaz de fazer utilização dos gases refinados queimando os mesmos num banho separado enquanto uma segunda carga estava sendo sujeita à pré-aquecimento e à fundição. A fornalha tem dois banhos independentes, cada um dos quais com a sua fonte de carregamento individual e os seus orifícios para a fornalha. Os banhos se encontram interligados no topo a fim de que os gases tenham acesso livre. Cada uma das unidades funciona com uma carga separada. O período do ciclo é grandemente reduzido. Na URSS, duas instalações de fornalha Tandem, cada uma com uma capacidade total de 250 toneladas, se encontram presentemente funcionando. O período do ciclo é de cerca de 4 horas por banho, o que significa que cada banho tem uma fornada cada 3 horas. Os custos totais, segundo é afirmado são \$1,15 mais econômicos, do que na prática Siemens-Martin convencional. Se afirma também que uma fornalha Tandem instalada na República Sul-Africana tem um período de ciclo ainda mais rápido, com custos de operação (não incluem os encargos capitais) reduzidos em cerca de 30 por cento, cujo grosso se deve à economia em combustível e em oxigênio. Fornalhas Tandem se encontram também em funcionamento na Tchecoslováquia com capacidades totais até 400 toneladas.

12.5 Adição de elementos de liga

São adicionados elementos de liga ao aço a fim de que este obtenha determinadas propriedades; tais elementos são geralmente adicionados ao colheirão, por intermédio dos transportadores durante a fornada para a fornalha de manufatura de aço. (Para discussão de manufatura de aços especiais ver Capítulo 21).

A prática de fazer adições no colheirão é excelente no caso de uma sequência siderúrgica completamente automática (Ver Capítulo 24). Uma especificação "standard" feita na fornalha siderúrgica é analisada por um espectômetro de vácuo antes de se fazer a fornada. As adições ao colheirão se podem então fazer numa base de análise do aço na fornalha e numa base de especificação final desejada; a operação pode ser controlada por computador com os elementos de entrada constituídos pela análise do aço na fornalha.

Adições no colheirão permitem que a usina de produção de aço possa ser operada num ciclo standard para produzir uma quantidade consistente na fornalha o que simplifica o controle pelo computador; não existem, além disso, limitações na flexibilidade com que pode ser produzida uma gama de especificações de aço comum.

12.6 Manufatura contínua de aço

Manufatura de aço, por processo contínuo, tem, ao mesmo tempo, vantagens e desvantagens. Por um lado é mais fácil do ponto de vista de controle para manter um rendimento constante da usina mas, por outro lado, torna o processo menos flexível em termos de mudança das características do produto. Processos contínuos, têm portanto, as suas aplicações principais na produção de aços comuns como por exemplo aqueles para a fabricação de barras de reforço.

Esperamos que nos próximos vinte a trinta anos o processo de manufatura contínua de aço esteja estabelecido mundialmente, como uma prática geral. Ao terminar a presente década é possível que já se encontrem em operação comercial várias usinas deste processo. Todavia os processos até a data desenvolvidos e mais prometedores não parecem oferecer vantagens significativas sobre o processo siderúrgico BOF e portanto não se pode esperar que tenham uma grande importância nas práticas de fabricação de aço em termos globais. Os encargos capitais dos processos é possível que sejam menores dos que aqueles requeridos pelo processo BOF mas os custos de operação só dificilmente poderão mostrar diferenças se bem que possam existir algumas economias no fluxo e no "aço" perdido num processo de WORCHA. Os benefícios que se poderão esperar provêm da sua natureza de funcionamento contínuo permitindo a criação de um processo de cadeia consistindo primordialmente dum alto forno de fornadas contínuas, instalação para manufatura de aço e maquinaria para forjamento contínuo. A manipulação do ferro do alto-forno e do aço produzido por uma forma verdadeiramente contínua constituem a chave do êxito destes processos. Nós consideramos que não é de prever que os problemas criados por este aspecto sejam resolvidos dentro dos próximos dez anos.

Ao chegar o ano de 1980 o processo BOF, possivelmente apoiado por novos processos de sopramento à parte inferior, produzirão 70 a 75 por cento do aço mundial. Contra tal plano de fundo, decisões para instalar processos novos de operação contínua só serão feitos numa base de conhecimento íntimo do progresso do seu

desenvolvimento e das vantagens potenciais que oferecem sobre processos alternativos para o futuro.

Três processos contínuos de fabricação de aço, têm criado, de fato, um interesse sério. Estes processos são ILSID (desenvolvido na França), o processo do WORCRA (desenvolvido na Austrália), e o processo de refinagem por espargimento (desenvolvido no Reino Unido pela BISRA). Destes processos, ao presente, o ILSID parece ser de longe o mais promissor.

O processo ILSID

A refinagem se faz numa câmara vertical com soprimento por lança de oxigênio equipada com um ventilador calcáreo. O metal é introduzido continuamente pela parte inferior. A circulação da sucata-metal faz o espargimento na câmara do tector e corre através duma abertura que se estende na face lateral dando origem para uma câmara de desprendimento. A sucata e o metal se separam e são retirados da face da. Este processo tem estado em operação numa instalação piloto instalada na França há vários anos e existe agora uma pequena instalação em funcionamento numa aceraria para se fazer a avaliação em termos comerciais.

O processo WORCRA

Este processo envolve o contra corrimento do metal e da sucata. A sucata é gerada pela adição calcárea à saída do metal. A parte central da instalação com o fecho de uma curva, contém eletrodos que se projetam do teflido para facilitar o aquecimento. O aço corre da curva para uma seção alongada onde é sujeito a jatos de oxigênio para refinagem. Ao final da reação passa do processo. A sucata corre da direção oposta passando através da curva e para uma seção móvel oposta da curva onde se dá a separação do metal remanescente da escória. Uma instalação com uma produção de 5 toneladas por hora tem estado em funcionamento na Austrália.

Processo de refinamento por espargimento

No processo de refinamento por espargimento o ferro derretido é passado através de um anel cuja periferia possui jatos de oxigênio e fluxo. O ferro é atomizado e refinado ao mesmo tempo que desce para o banco. Conseqüentemente a reação tem lugar durante um curto período de tempo, e a conseqüência é muito difícil de controlar. Foi construída uma instalação piloto em Millom, no Reino Unido, mas esta usina se encontra presentemente encerrada.

12.7 Futuro da produção de aço a metal quente

A produção de aço a metal quente está presentemente dividida em dois processos principais e apenas uma pequena porcentagem do ferro líquido é refinada por outros métodos. A Figura 12.3 mostra a porcentagem de distribuição de aço bruto por processo numa base mundial. Como se pode ver nesta figura o processo Siemens-Martin está declinando em importância na sua participação na manufatura de aço e a ser suplantado pelo processo BOF. O processo de manufatura Bessemer já o está declinando para um nível muito baixo. Quando as acerarias pelo processo básico Bessemer ou Thomas da Europa Ocidental forem finalmente substi-

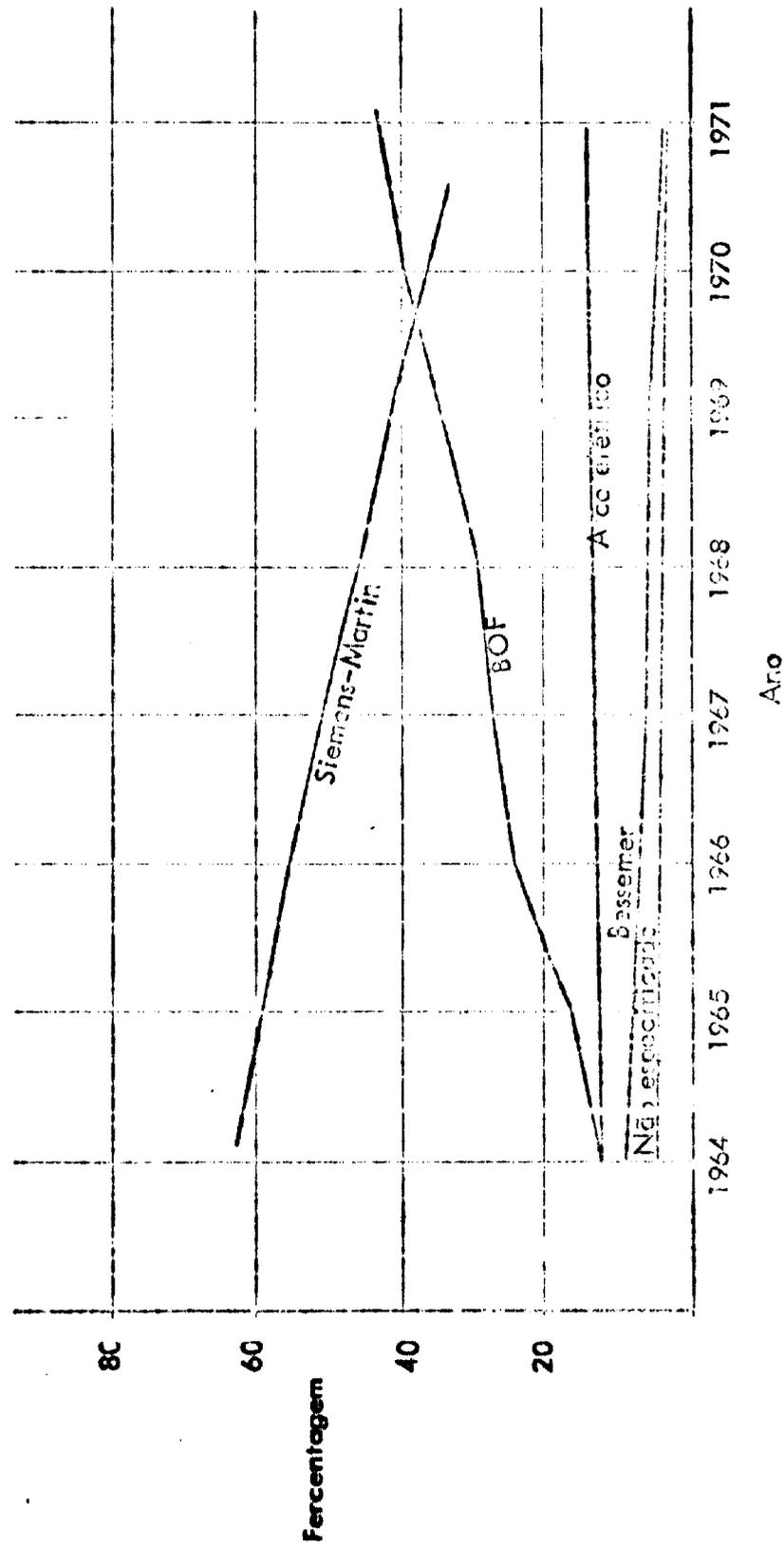


FIGURA 12.3 - PORCENTAGEM DE PRODUÇÃO MUNDIAL DE AÇO BRUTO POR DIFERENTES PROCESSOS

tuídas ou convertidas por instalações básicas de oxigênio, (BOF, Q-BOP, OBM ou LWS) os processos Bessemer ficarão virtualmente extintos.

É evidente que ao terminar esta década, o processo BOF será o mais importante de todos os processos a metal quente. O desenvolvimento de sangradores submersíveis para injeção de oxigênio pode bem prolongar a vida útil de algumas usinas Siemens-Martin, mas, entretanto, por alturas de 1980 será apenas uma percentagem muito pequena aquela que é manufaturada por este processo. Até que ponto os novos processos de conversão por sopramento à base inferior contestarão com a BOF o lugar de primazia na manufatura de metal quente dependerá, provavelmente, do grau de êxito comercial da US Steel Corporation com os seus novos desenvolvimentos. Sem dúvida novas instalações de acerarias pelo processo BOF devem ser as de primazia durante os próximos três ou quatro anos com os processos de sopramento inferior a serem estudados do ponto de vista econômico com grande cuidado e atenção. Empresas de manufatura contínua de aço não é natural que sejam suficientemente desenvolvidas para tomar parte em soluções de processos para pelo menos os próximos dez anos. Na próxima década também se aumentarão os métodos para a refinação de aço a metal quente fazendo uso de controle por computadores (ver Capítulo 24).

CAPÍTULO 13 - MANUFATURA DE AÇO COM METAL A FRIO

13.1 Tendências no cenário de produção

A maior parte da manufatura de aço com carga a frio é feita em fornalhas de arco elétrico; apenas uma pequena proporção sendo agora manufaturada a Siemens-Martin. Desenvolvido inicialmente para manufatura de aços especiais, a produção de aço por arco elétrico tem sido tão afetada por melhoramentos tecnológicos e os custos desceram a um ponto tal que é hoje o mais barato de todos para produção com carga fria, mesmo no caso de aço comum em bruto. Este capítulo trata apenas de produção de aço em bruto; a produção de aços especiais é discutida no Capítulo 21.

O desenvolvimento tecnológico do processo por arco elétrico prossegue com o incentivo atual de competir com o processo BOF como sendo o mais divulgado para produção de aço, e que é discutido no Capítulo 14. Conseqüentemente, as tendências em desenvolvimento são dirigidas no sentido de aumentar o rendimento unitário e diminuir o consumo de eletricidade. Da mesma forma como sucedeu com a preparação das cargas para altos-fornos, a preparação de sucata é hoje um processo mais exato, com as conseqüências demandas em tecnologia.

É todavia, de presumir que seja evoluído um processo novo durante a próxima década que substituirá ou complementarà tanto o Sistema Martin ou as fornalhas de arco elétrico a trabalhar com cargas à frio. Um processo de tal natureza é natural que seja baseado em novos métodos de fundição e pode bem implicar aplicações de energia nuclear, ou desenvolvimentos baseados no princípio aplicado nos ORM, Q-BOF e SIP (Capítulo 12, Artigos 12.3 e 12.4) em que o queimador submerso não só derrete mas também refina.

Custo de manufatura de aço à base de sucata (ver também Capítulo 14, Artigo 14.2)

Os custos de conversão compreensiva (incluindo encargos capitais) da fabricação de aço por arco elétrico são ainda mais elevados do que os custos de operação (ou conversão) do processo Siemens-Martin em práticas à frio e, por isso, muitas das fornalhas Siemens-Martin existentes continuam a constituir uma proposição econômica. Muitas têm de ser usadas para metal quente onde a competição provinda do processo BOF as tornou não econômicas. Apesar disso, o número de fornalhas

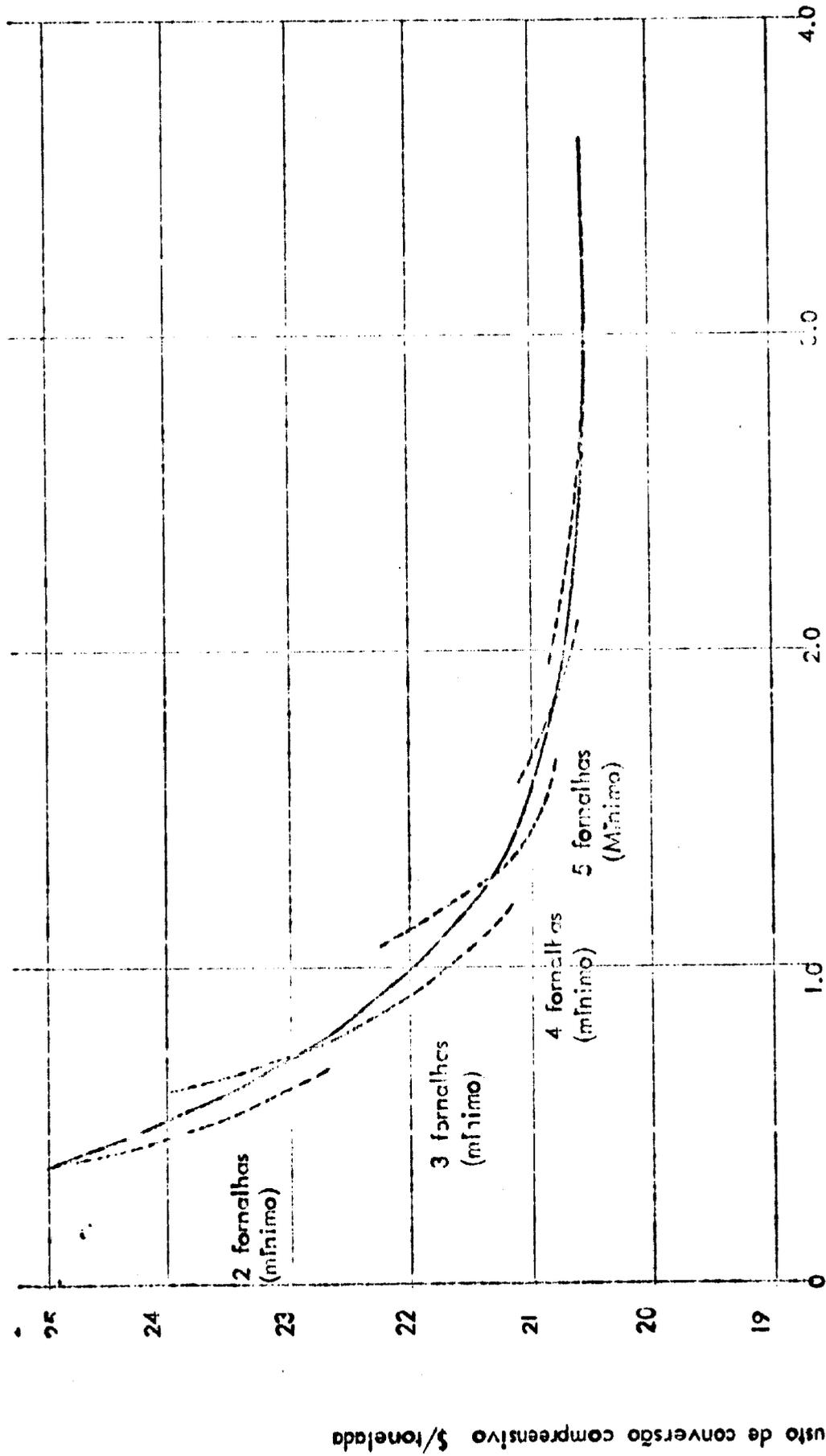


FIGURA 13.1 - ECONOMIAS DE ESCALA EM REFUGO NA MANUFATURA DE AÇO À BASE DE ARCO ELÉTRICO
(CUSTOS DE MACQUINARIA MODERNA DE ALTA POTÊNCIA NA EUROPA OCIDENTAL)

Siemens-Martin continua a diminuir com constância, parcialmente devido ao aumento nos custos de manutenção e de reconstrução e em parte devido ao melhor rendimento das fornalhas de arco elétrico.

Os custos de conversão compreensiva para fabricação de aço pelos métodos modernos de arco elétrico de alta potência, se ilustram na Figura 13.1. As economias em escala podem ser compreendidas, em toda a sua magnitude, à volta dos 2 milhões de toneladas por ano. A diferença acentuada em custos de conversão compreensiva entre fabricação de aço com sucata e arco elétrico e com sucata e fornalha Siemens-Martin se encontra na Figura 13.2. Os custos são baseados na construção de instalações novas em ambos os casos, levando a uma diferença em custo superior a \$4 por tonelada.

Os encargos capitais para a fornalha Siemens-Martin se encontram na gama de \$4 a \$6 por tonelada de aço produzida, e, portanto, numa comparação entre uma fornalha Siemens-Martin existente e uma fornalha nova por arco elétrico proposta, os custos da fornalha Siemens-Martin podem ser inferiores aos da fornalha de arco elétrico, sobretudo no caso das capacidades mais altas. Conceitualmente em casos em que uma fornalha Siemens-Martin ainda tem uma boa long vida, e está trabalhando eficientemente, deve ser mantida em produção por outro período.

Fabricação de aço com combustível-oxigênio

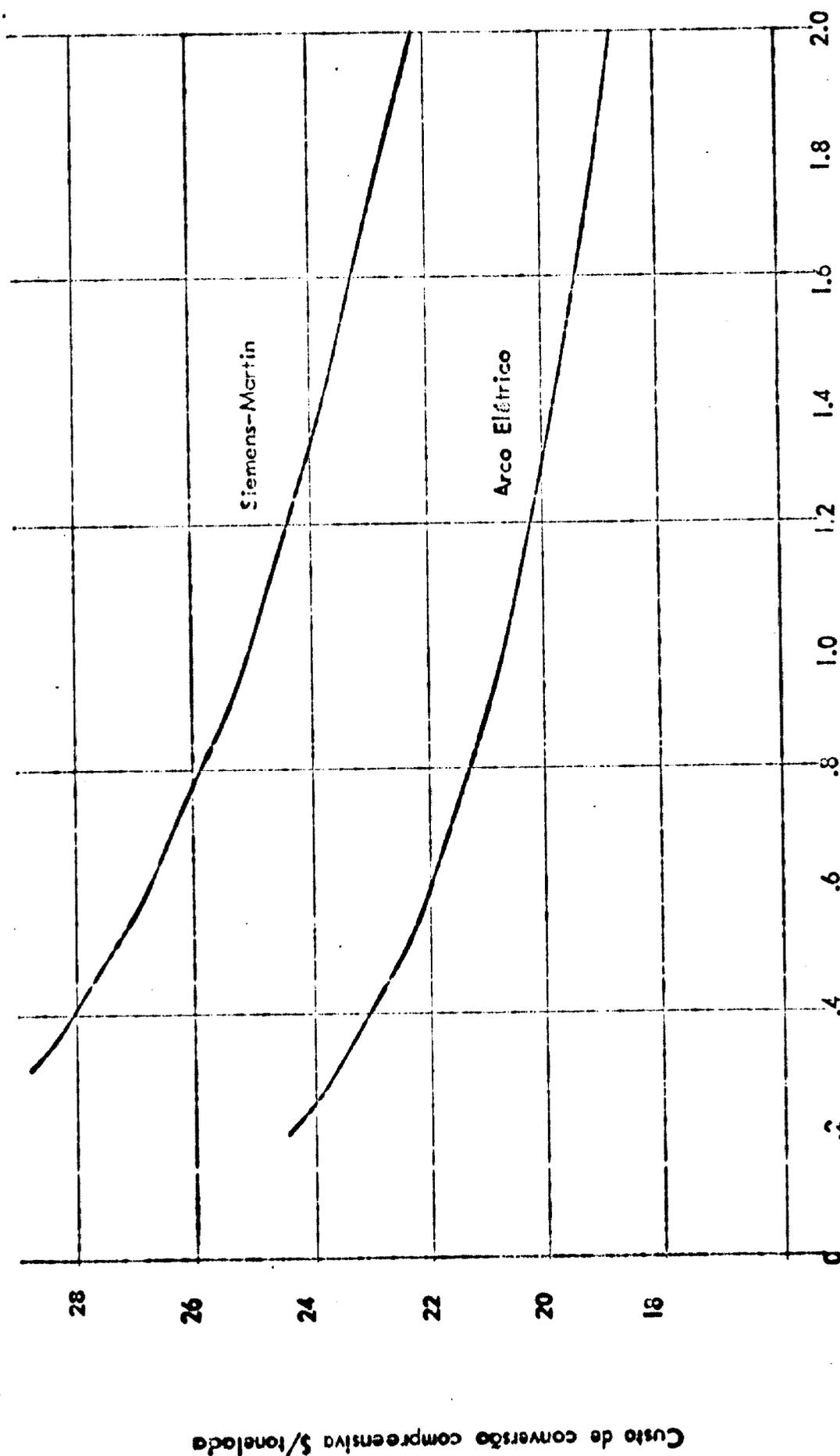
O baixo custo do óleo combustível como energia, comparado com eletricidade levou a tentativas de fundição de cargas frias com um queimador alimentado a óleo combustível-oxigênio com uma alta intensidade de alimentação térmica. Ensaios com este processo têm sido levados a cabo nos EUA e no Reino Unido.

O processo referido pelas iniciais FOS (combustível-oxigênio-sucata) faz uso de uma câmara de fornalha semelhante, em configuração, à fornalha de arco elétrico com um queimador projetado através do telhado. Os custos capitais da instalação são muito mais baixos do que os requeridos com o processo de arco elétrico, devido à ausência de pesada maquinaria elétrica. Outrossim, uso de óleo em vez de eletricidade leva a um custo de operação mais reduzido. Por virtude destes custos favoráveis e experiências muito animadoras com instalações piloto, uma fornalha de 100 toneladas no Reino Unido foi convertida para fabricação de aço pelo processo FOS se fazendo uma experiência em grande escala. Breve se tomou aparente que, devido as elevadas condições de oxidação, o processo tinha um rendimento mais baixo do que o arco elétrico ou de Siemens-Martin. A esta condição se juntou o fato de possuir um elevado regime de desgaste em refratários, com grandes custos para substituição do refratário e uma vida de trabalho relativamente reduzida. O processo foi parado no Reino Unido e, se afigura agora que foi abandonado com um método de manufatura de aço.

O desenvolvimento de injetores submersos de oxigênio para o processo OBM pode bem levar a uma reconsideração do processo FOS usando queimadores submersos.

13.2 Desenvolvimentos em fornalhas de arco elétrico

Dimensão da fornalha



Produção Milhões de toneladas/Ano

FIGURA 3.2 - COMPARAÇÃO DOS CUSTOS DE MANUFATURA DE AÇO ELÉTRICO COM METAL FRIO E PELO MÉTODO SIEMENS-MARTIN (CUSTOS BASEADOS NAS PRÁTICAS USADAS NA EUROPA OCCIDENTAL)

Custo de conversão compreensiva \$/tonelada

A capacidade média de fornalha de arco elétrico é de entre 50 e 60 toneladas. Nos EUA foram construídas algumas fornalhas de grandes dimensões e capacidade de entre 150 e 200 toneladas não são invulgares. A maior fornalha até ao presente construída se encontra em Sterling, no Estado de Illinois, e tem uma capacidade de 400 toneladas. Fora dos EUA as fornalhas ainda se não aproximam destas dimensões. Existem apenas umas poucas fornalhas de mais de 150 toneladas de capacidade, incluindo instalações no Japão, na URSS, na Itália, na República Sul Africana e na Bélgica. Tanto o Japão como a Bélgica possuem fornalhas capazes de produzir mais de 200 toneladas.

Regime de transformadores de fornalhas

Um desenvolvimento muito importante na tecnologia das fornalhas elétricas é o seu grande aumento em regime de potência. Durante os primeiros anos da década de 1950 não era vulgar que as fornalhas excedessem 30 MVA. Em 1970 já existia um número de fornalhas com uma potência superior a 65 kVA, e nos EUA existe uma fornalha com 140 MVA. O advento de fornalhas de ultra alta potência resultou em que algumas instalações de dimensão média e muito grande têm regimes de potência de entre 250 a 400 kVA por tonelada e com as dimensões maiores os regimes de potência subiram até os 500 kVA por tonelada. Uma fornalha no Japão está agora considerando modificar uma das suas fornalhas de 10 toneladas para operar com um transformador a um regime de 7.5 MVA, ou seja, 750 kVA por tonelada. Na URSS se estão planejando fornalhas com transformadores de 500 - 600 kVA por tonelada.

A relação inversa entre a dimensão da fornalha e o regime máximo de potência se deve à configuração convencional de três eletrodos que colocam limites no diâmetro de um eletrodo. Sem que sejam desenvolvidas e construídas fornalhas de seis eletrodos não é de esperar que fornalhas grandes possam conseguir regimes de potências por toneladas iguais àquelas que são hoje possíveis com fornalhas pequenas de ultra-alta potência (UHP)

Os regimes de potência muito elevada de que presentemente se faz uso permite períodos de fornada a fornada de 2 1/2 horas na produção de aços comuns com sucata com prática simples de escória e de lança de oxigênio.

Um aspecto importante a considerar no sentido das fornalhas de ultra-alta potência (UHP) é a facilidade com que as usinas atuais com fornalhas elétricas podem ser modificadas para operar com potências mais elevadas. Um bom exemplo deste facto é o que se passou na usina de fornalha de arco em Templeborough, no Reino Unido, onde as seis fornalhas, originalmente com uma capacidade de 135 toneladas e presentemente com uma capacidade de 180 toneladas, tiveram inicialmente o regime de 40 MVA que foi subsequentemente elevado para 55 MVA, e se estão instalando presentemente dois transformadores de 80 MVA.

Se soube recentemente da existência de uma instalação japonesa de UHP* que tem uma capacidade de 70 toneladas com um regime do transformador de 45/54 MVA.

* "Experiências de operações com fornalhas de aço UHP", E.C.E. Seminário sobre a Redução Direta do minério de ferro, Bucarest, setembro de 1972.

Fornalhas de arco elétrico demandam muita corrente da rede geral principalmente durante a fase do derretimento. A corrente forma "pontas" durante o derretimento de que resultam flutuações de voltagem na rede alimentadora de corrente. Estas flutuações causam sérios inconvenientes a outros utilizantes a menos que a rede geral tenha uma capacidade adequada ou poderes de "resistência" a tais exigências. A presente tendência para regimes de potência mais elevada nas fornalhas individuais, presentemente em voga pode bem ser parada por virtude destes limites que são impostos pela alimentação de corrente. Tem sido desenvolvido equipamento para igualização de voltagens mas este equipamento é muito dispendioso e portanto, reduz os benefícios econômicos que se obtinham da elevação da potência da fornalha.

Substituição da energia elétrica

Nestas e em outras circunstâncias em que existem limitações da energia a substituição da corrente elétrica por outras fontes alimentadoras para parte da alimentação térmica pode bem vir a ser uma solução econômica. Segundo se soube recentemente a Suécia tem um desenho de fornalha que faz uso desta técnica (SKF/MK**) o objetivo deste processo é fazer a utilização mais perfeita da eletricidade particularmente porque a acararia se encontra numa área da Suécia onde a eletricidade está severamente limitada em relação às demandas do consumo.

Dois carcaças de fornalha se encontram montadas lado a lado a fim de que o único toldadilho equipado com eletrodos possa ser montado tanto numa como noutra. Um segundo toldadilho com queimadores a gás pode ser montado alternativamente em qualquer uma das fornalhas. Usando duas carcaças mas apenas um toldadilho de eletrodo é possível continuar a obter a máxima potência permitível durante períodos mais longos do que aqueles que se obtêm na prática normal de fornalha de arco elétrico. Durante a operação de derretimento se faz uso do toldadilho do eletrodo e seguidamente durante a refinação do fósforo e durante o ajustamento do teor de carbono se faz uso de um segundo toldadilho à temperatura do metal sendo mantido pelos três queimadores de gás. A refinação final tem lugar numa colheitão equipada com misturamento indutivo. A seqüência operacional da fornalha dupla SKF se mostra na figura 13:3.

A técnica permite que a fornalha possa obter potência durante cerca de 5000 horas por ano, em contraste com as 3000 horas por ano para as fornalhas de arco UHP convencionais. A fornalha dupla com uma capacidade total de 60 toneladas, e um período de ciclo de entre 2 a 2 1/2 horas, pode produzir até 30 toneladas por hora. Uma característica interessante da fornalha é que uma das carcaças pode ser usada como fornalha de arco tipo convencional enquanto a outra está sendo alterada ou reparada. O uso de queimador de gás e o período mais curto do ciclo permite que o consumo de eletricidade seja reduzido para apenas 330kWh por tonelada. O consumo de gás de petróleo líquido é de 22 kg por tonelada, o que, tomando em consideração a baixa eficiência do aquecimento, é mais ou menos igual a um consumo de eletricidade de 240 kWh por tonelada. O custo de uma fornalha de carcaça duplo e do seu equipamento associado é inferior ao custo de uma fornalha de arco elétrico convencional de capacidade equivalente, devido

** Ferro e Aço, por M. Tiberg and Y. Sundberg, I.A.M.I., abril de 1972.

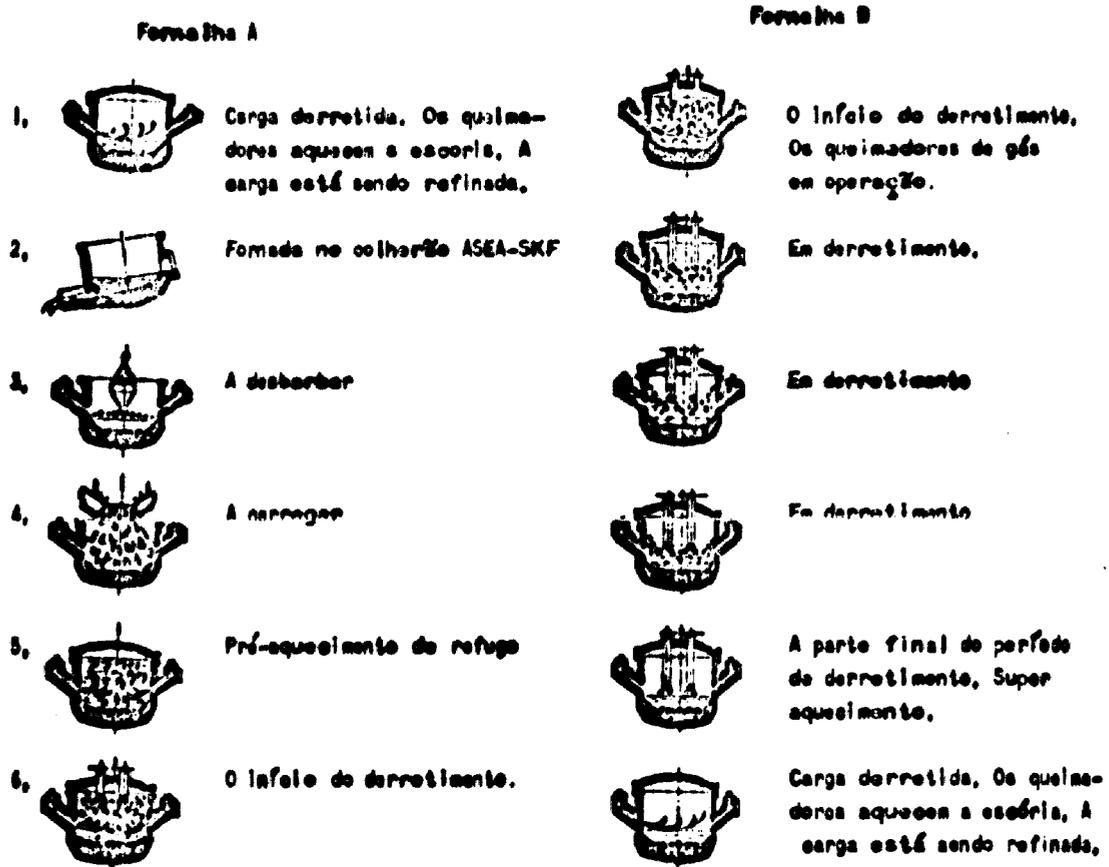


FIGURA 33.3 - SEQUÊNCIA OPERATÓRIA DA FORNALHA DUPLA SKF

ao reduzido custo das carcaças ao equipamento de manuseamento ser mais leve e à grande redução nos custos da instalação elétrica. Segundo se afirma o custo capital para uma unidade de 70 toneladas é de cerca de \$3.8 milhões incluindo o equipamento auxiliar. Nós calculamos que o custo final de capital de uma usina de derretimento seria provavelmente entre 10 a 15 por cento mais barata do que a uma instalação convencional. Este desenvolvimento merece ser considerado em situações em que a operação de uma fornalha de arco elétrico afete adversamente a rede elétrica geral da localidade ou o dos preços de gás natural liquidificado ou de petróleo sejam inferiores a \$120 por tonelada (28 cêntimos por termo) quando comparados com as tarifas da eletricidade de 1,1 cêntimos por unidade.

Eletrodos

Um desenvolvimento recente no prolongamento da longividade de eletrodos de grafite é o novo processo patenteado da Bulgária de tratamento da superfície de eletrodo de grafite, tratamento que corta o consumo do eletrodo por tonelada de aço à metade das cifras presentemente conhecidas; a British Steel Corporation, do Reino Unido, adquiriu os direitos de patente deste processo da Bulgária para operações comerciais no Reino Unido e a Hungria está também trabalhando dentro destes princípios.

Os parágrafos que se seguem foram extraídos de um folheto publicado pela "TECHNOIMPEX", State Commercial Enterprise, de Sofia, Bulgária:

"A Bulgária autorizou em 1970 uma instalação nova muito moderna para assentamento de uma camada protetora que tem um produção anual de 2000 toneladas de eletrodos protegidos. Os eletrodos protegidos estão agora também sendo aplicados à outras instalações.

A camada de revestimento é preparada por assentamento de uma camada de alumínio e substâncias adicionais sobre a superfície do eletrodo, aplicação que se faz por métodos familiares aos quais se segue um tratamento por arco elétrico. O arco elétrico queima continuamente entre a superfície do eletrodo e um pequeno eletrodo lateral, enquanto a superfície se desloca a uma velocidade apropriada à velocidade do arco. O movimento relativo da superfície em relação ao movimento do arco procede por uma forma de passo de rosca o que assegura que se dê uma volta consecutiva que abrange toda a superfície a ser protegida. O aquecimento dos materiais de revestimento no arco elétrico não dura durante muito tempo o que torna possível fazer o processo em instalações de tipo aberto e em condições atmosféricas normais."

Uso de pré-aquecimento da carga

Pré-aquecimento da carga antes de proceder ao derretimento elétrico pode reduzir o consumo de energia elétrica e aumentar a produção. Existem três métodos para obter o pré-aquecimento: (a) uma prática duplex com fornalhas interligadas, (b) no aquecimento da fornalha, (c) o uso de uma unidade separada para o aquecimento da sucata. Os sistemas de fornalha duplex se comprovaram na década de 1950 como não sendo econômicos. No caso de pré-aquecimento de vasos ou de derretimento assistido o pré-aquecimento pode ser obtido pela colocação de queimadores abaixo do nível da sucata, mas, neste caso, a única vantagem que se pode obter

é um aumento na produtividade sem que se tenha sido aparente qualquer economia no custo de combustível durante a maioria das experiências que foram feitas. Melhoramentos em produtividade em cinco instalações diferentes de fornalhas se mostram na Tabela 13.1. O alto custo do processo se deve em parte ao custo de fornecer oxigênio aos queimadores na escala relativamente baixa que se torna necessária.

QUADRO 13.1 - MELHORAMENTOS EM PRODUTIVIDADE DEVIDOS A PRÉ-AQUECIMENTO DE FORNALHAS

Dimensão da Fornalha Toneladas	Número de Fornalhas	Percentagens das Economias		Economia no custo de combustível por Tonelada	Período de Experiência
		pó derretido kW%	Período de derretimento %		
130	2	5.1	12	0	1967
30	2	15.4	18.5	0	1968
30	1	0	15	15c	1968
25	1	10.9	22	0	1966/67
15	1	8.3	8.3	62 centimos incluindo economia de tempo	1969

Durante o decênio de 1960 houve grande interesse em pré-aquecimento separado e durante esse período foram construídas para esse efeito umas 30 instalações. Pré-aquecimento fora da fornalha de manufatura de aço permite que se dispense mais tempo num aquecimento e que se possam obter temperaturas médias mais elevadas. O pré-aquecimento pode ser feito numa unidade forrada com refratário especial ou usando uma cesta de carga com paredes resfriadas a ar e o revestimento refratário com um telhado removível que contém o queimador. Embora as cestas de carga existentes possam ser utilizadas para esta operação é provavelmente aconselhável que se faça uso de baldes de liga de aço. Comumente o pré-aquecimento de vasos independentes é feito até a temperatura de 550°C, mas existe conhecimento de que têm sido usadas temperaturas até 800°C. Estas elevadas temperaturas produzem uma carga compacta, e por este motivo, o número de operações de carga pode ser reduzido.

Em 1969 uma aceraria na Áustria fez um cálculo econômico pormenorizado dos efeitos do pré-aquecimento numa câmara separada revestida com refratário e os resultados obtidos se mostram na Tabela 13.2. Os resultados se referem a um longo período de operação e podem, portanto, ser considerados representativos dos benefícios que se podem esperar com a prática típica aqui descrita.

Se for necessário aumentar a produção de uma fornalha de arco elétrica pura e simplesmente para satisfazer aumentos temporários nas demandas do mercado, nesse caso, o pré-aquecimento da fornalha representa o método econômico de conseguir tal objetivo. Se for necessário um aumento permanente da produção, digamos, em 20 por cento, nesse caso o pré-aquecimento separado da sucata constitui, indubitavelmente, a melhor solução. Pré-aquecimento só pode ser justificável se houver possi-

**QUADRO 13.2 - VANTAGENS ECONÔMICAS DE PRÉ-AQUECIMENTO
SEPARADO DE SUCATA**

Fornalha (capacidade nominal)	15 toneladas
Carga	17 toneladas
Balde No. 1	10/12 toneladas
Balde No. 2	7/5 toneladas
Volume dos baldes	14 metros cúbicos
Pré-aquecimento balde No. 1	90 minutos
Pré-aquecimento balde No.2	45 minutos
Gás natural	16 metros cúbicos/ tonelada
Temperatura da sucata	650 -700°C
Redução no período de derretimento	25/30 minutos
Aumento em produção	15/18%
Economia em energia	85 kWh/tonelada
Economia em eletrodo	0,8 kg/tonelada

DESDOBRAMENTO DAS ECONOMIAS		
		\$/tonelada
Economia em corrente para derretimento (eletricidade a 1,37 £/kWh)		1.16
Economia em eletrodo		0.44
	Sub-Total	1.60
Economias devidas a uso de maior produtividade		1.54
	Sub-Total	3.14
Custo do pré-aquecimento (incluindo depreciação da instalação, gás natu- ral, refratários a 1,76 kg/tonelada, todos os custos de operação).	menos	0.59
	Economia total líquida	2.55

bilidade de utilizar a capacidade disponível. O desenvolvimento de unidades de pré-aquecimento revestidas a refratário tornam prático fazer o pré-aquecimento em local adjacente às facilidades para a preparação da sucata e afastado da fornalha de arco a fim de que exista flexibilidade na aceraria para planejamento ou modificação.

13.3 Manufatura de aço com ferro poroso

Ferro poroso ou produto sólido reduzido diretamente para ser convertido em aço necessita de um processo de manufatura por carga fria. No momento presente o processo de arco elétrico é de longe o mais adequado e não existem indicações firmes de que processos alternativos apareçam com tal potencial que possam atacar a sua posição num futuro previsível.

A fornalha de arco elétrico pode ser operada com qualquer percentagem de carga de pelotas reduzidas desde que o ferro puro não possua menos de 85 por cento de metalização. Todavia é invulgar operar a um regime superior a 80:20 na relação entre pelotas e sucata.

Os principais efeitos das cargas de pelotas reduzidas são três:

- (i) Se torna possível uma carga contínua
- (ii) Se pode aumentar a potência da fornalha
- (iii) Se dá um aumento no consumo de eletricidade.

A dimensão muito uniforme e fácil de manusear das pelotas reduzidas torna possível fazer uma alimentação contínua à fornalha*. Todavia tem sido dito que se a alimentação de pelotas à fornalha principiar antes de se ter derretido toda a sucata, parte desta sucata permanecerá não derretida quando se terminou a alimentação do ferro poroso tornando difíceis as operações subseqüentes. Especialmente, a sucata não derretida torna difícil o controle químico do aço e tende a fazer com que as temperaturas no colheirão se tornem difíceis de prever. Durante a primeira parte do ciclo de derretimento uma acumulação de pelotas cercando as pontas do eletrodo produz uma formação dispersa do arco e encobre as paredes da fornalha. Durante a parte final do ciclo de derretimento as pelotas se submergem formando um banho plano que permite maior entradas de potência do que aquelas usualmente existente com sucata. Ambos estes aspectos servem para aumentar a utilização da instalação e ajudam a contrabalançar a maior despesa a fazer com a energia. Todavia na prática se podem dar avarias extensas nos refratários quando é usado na carga ferro pré-reduzido e tem sido encontrado necessário, em alguns casos, operar a potências mais baixas com um arco curto e um grande volume de escoria para proteger os refratários dos efeitos do arco.

Quando se alimentam pelotas reduzidas a uma fornalha cujo transformador não foi aumentado em potência, nesse caso, os melhoramentos em produtividade resultam apenas da carga contínua. Por exemplo, numa carga que faça uso de 80 por cento de pelotas e 20 por cento de sucata a produtividade da fornalha pode aumentar em

* "Manufatura de aço por arco elétrico com carga contínua de pelotas reduzidas", J. Sibakin, P. Hookings, G. Revista Industrial Heating, 36 (julho de 1969)

cerca de 12 por cento. Este aumento se deve, parcialmente, devido ao derretimento mais suave e mais rápido e, noutra parte, devido à diminuição do período de carga porque a topo da fornalha não tem que ser removido para permitir o carregamento com os baldes de sucata. Quando fornaldas UHP são combinadas com cargas de pelotas contínua se calcula que o período de círculo em fornaldas de amplas dimensões possa ser reduzido bem para aquém de 2 horas, embora presentemente não existam instalações que combinem, efetivamente, estas duas práticas. A Figura 13.4 mostra o aumento potencial do regime que é possível obter. A figura mostra também o efeito da carga de pelotas no consumo da electricidade. As curvas se baseiam em experiências levadas a cabo numa fornalha típica moderna de aço de arco elétrico.

As cifras que se seguem, baseadas nas experiências de fato*, provam que a percentagem de ferro poroso na carga tem muito pouco efeito na produtividade da fornalha.

<u>Ferro poroso na carga (%)</u>	<u>Peso médio da fornada (Tons)</u>	<u>Período de carga de fornaldas (Hrs.)</u>	<u>Toneladas horas</u>	<u>kWh/toneladas de fornada</u>
0	247	4.38	56.4	494
40	231	4.70	48.9	592
50	194 ^a	4.62	43.6	628
60	232	4.43	53.6	615
68	240	4.71	51.0	611

^a A baixa produtividade se deve ao peso mais baixo de fornada.

Nestas experiências a carga das pelotas foi contínua mas os eletrodos foram removidos para adição de calcário através do topo da fornalha e consequentemente, os benefícios de carga contínua não tiveram realização.

O uso de pelotas reduzidas produz outros benefícios nos custos de operação. Em primeiro lugar, o consumo do eletrodo é reduzido, em alguns casos em mais de 25 por cento, desde que se possa exercer um controle adequado da entrada de energia; em segundo lugar se pode reduzir a quantidade de oxigênio requerida durante a refinação como se mostra nas cifras abaixo expressadas e que se baseiam em práticas de fato:

<u>Pelotas em carga (por cento)</u>	0	28	41	48
<u>Oxigênio consumido (metros cúbicos por tonelada)</u>	4.9	4.2	2.9	2.0

Quando uma fornalha é operada em pelotas reduzidas e não em ferro-gusa ou sucata o nível de impurezas da carga é, regra geral, muito mais baixo; em particular o enxofre e o fósforo são muito menores do que no caso do ferro-gusa. Esta redução permite um período mais curto de refinação e pode produzir um aço mais limpo que tem grandes vantagens para a fabricação de aços especiais.**

* Revista Industrial Heating 39, 481 (março de 1972)

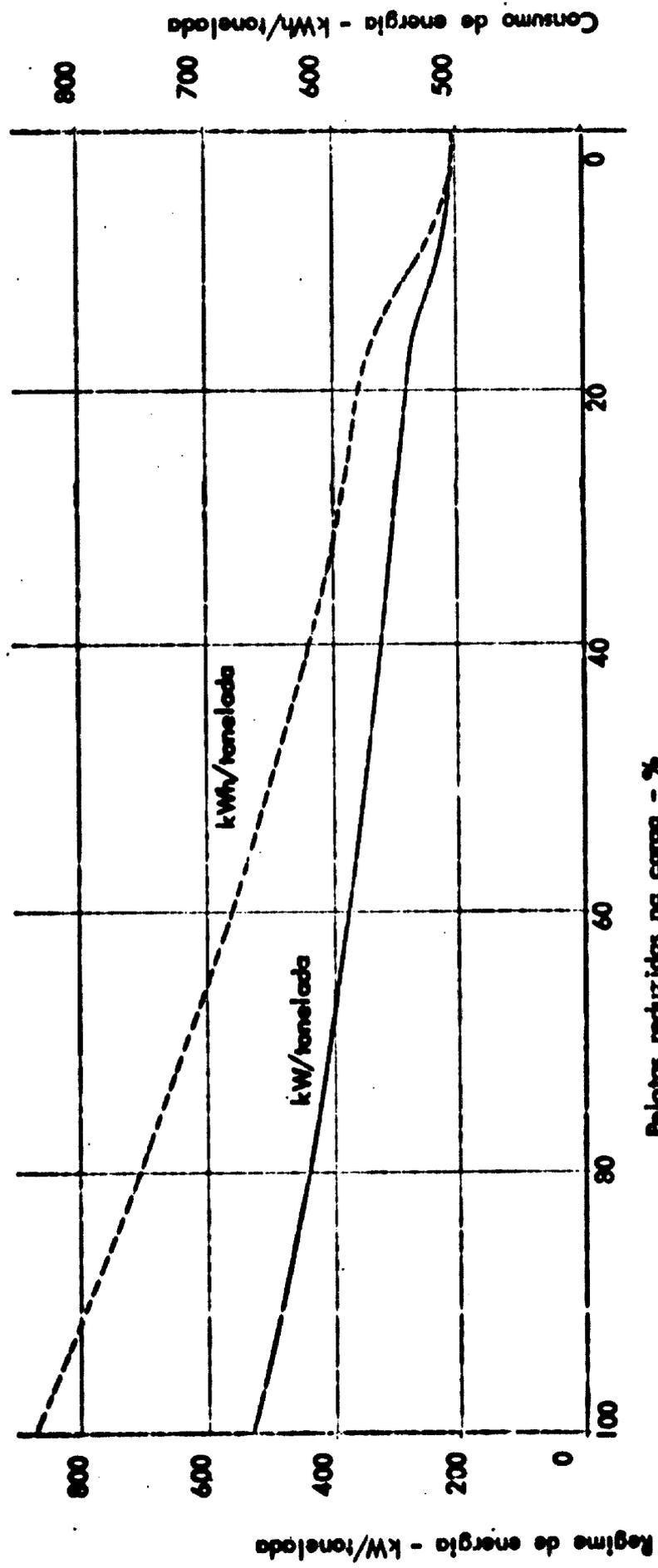


FIGURA 13.4 - EFEITOS DE CARGAS DE PELOTAS REDUZIDAS NA POSSÍVEL REDUÇÃO DO REGIME DO TRANSFORMADOR E CONSUMO DE ELETRICIDADE

13.4 Preparação e Manipulação de Sucata

A introdução nos fins do decênio de 1950 de cissariamento hidráulico e de máquinas de enfartamento e de maquinaria de fragmentação especializada como, por exemplo, a Proler, anunciaram uma nova era no processamento de sucata. A disponibilidade deste equipamento aumenta em muito a capacidade de processamento de sucata e corta também abruptamente o processo de sucata no quanto respeta a ser um trabalho que demanda grande mão de obra para uma indústria comparativamente de intensidade de capital. Não obstante estes avanços de importância, economias que ainda se poderão obter por processos mais sofisticados de manuseamento de sucata estão levando a uma intensificação das investigações para a obtenção de novos planos com a colaboração de fabricantes de maquinaria, de processadores e de departamentos governamentais. Os governos estão olhando muito de perto para a posição da indústria de sucata o melhor exemplo sendo a atuação de \$250.000 feita pelo Governo dos EUA ao Instituto Battelle para um estudo à indústria de sucata dos EU que se vai estender por um período de dois anos.

Métodos para a preparação de sucata

Sucata é oferecida à indústria siderúrgica numa variedade de formas. Estas se podem classificar sob cinco títulos principais: sucata pesada, sucata leve, sucata fragmentada, sucata miúda e forjamentos.

A sucata pesada é mais fácil de preparar requerendo apenas que seja cortada para uma dimensão condiziva com a carga a utilizar. Este corte é feito normalmente por cissariamento hidráulico ou por lança térmica. Tem sido prática comum para tesouras de cissariamento pesadas terem uma caixa de esmagamento para comprimir a sucata quando esta passa através da garganta de cissariamento mas, recentemente, se tem dito que os custos do cissariamento podem ser reduzidos em somas que vão até 50 por cento dispensando com a caixa de esmagamento e usando tesouras amplas com facas até 4 metros, e uma tesoura de cissariamento menor para cortes transversais secundários.

A sucata mais leve é normalmente enfartada e a tendência para o desenvolvimento de fardo é para aumentar a sua capacidade com os pesos indo agora até 7 toneladas. Existe também conhecimento de que tem sido feitos fardos de pranchas leves. O exemplo extremo desta tendência para fardos de maiores dimensões é a prensa especial para fazer fardos de 60 toneladas que são usados em fornalhas de arco elétrico. Originalmente instaladas no Japão estas prensas estão sendo agora introduzidas também nos EUA. Os fardos são feitos com a configuração da fornalha e são descidos para esta num movimento muito lento. Se afirma que se faz uma economia de \$10 por tonelada se bem que esta soma nos pareça elevada, mas não temos dúvida, de que se obtêm vantagens em muitas áreas dos custos tanto em capital como em operação. Outro método novo de enfardamento envolve a prensa transformando o metal num toro e depois cortando este toro. Segundo se diz a produção pode aumentar 20 por cento em relação aos métodos existentes e pode oferecer grandes vantagens em economia de custos.

** "O uso de ferro poroso em acerarias elétricas", G. Morelli e G. Ugnani. Seminário E.C.E. sobre Redução direta de Minério de Ferro, Bucareste, setembro de 1972.

Sucata fragmentada abrange carrocerias de automóveis e artigos domésticos que são fragmentados por vários processos. A configuração desta sucata torna difícil um processamento eficiente devido ao feitiço irregular e a contaminação por metais não-ferruginosos. A instalação de fragmentação Proler está bem comprovada mas tais instalações só oferecem custos razoáveis quando exista grande quantidade de sucata à disposição. Existe uma necessidade de técnicas que sejam viáveis à produções baixas e para desenvolvimento de processos econômicos que reduzirão a contaminação para um nível aceitável. Este último ponto é de grande importância e é aquele a que se dedicam presentemente os maiores esforços. O contaminante que oferece maiores dificuldades é o cobre, embora seja também importante a ausência de estanho, de zinco e de alumínio. Fragmentação direta seguida por separação magnética nem sempre é suficiente para reduzir carrocerias de automóveis a um nível de cobre residual aceitável, isto é à volta de 0,2 por cento, mas a rasgadora-esmigalhadora que reduz carrocerias de automóveis a mais ou menos dez pedaços diferentes antes de serem alimentadas às esmagadoras menores são aquelas que oferecem melhor resultados. O trabalho feito na General Motors tem mostrado que a técnica é capaz de produzir consistentemente, numa base comercial, sucata que contém 0,12 por cento de cobre. Incineração, que é um processo muito dispendioso, pode ser usado para a remoção de contaminantes não-metálicos.

Um dos maiores processadores de sucata da Europa anunciou, recentemente, um processo criogênico em que sucata em fardos é congelada por vapor de nitrogênio dentro de um túnel depois do que é batida num martelo pilão convencional, sacudida e peneirada. Segundo se afirma a congelação da sucata aumenta a produção do martelo pilão em cerca de 250 por cento. Todos os itens do sistema da instalação criogênica são itens padrões exceto o túnel de arrefecimento que ainda se encontra numa fase de estudo piloto. Segundo se afirma os custos de operação são altos devido, principalmente, ao custo do nitrogênio líquido.

Aparas, incluindo limalha e lascas, são consideradas pelos fabricantes de aço como as partes menos úteis devido à sua contaminação por óleo e por metais não-ferruginosos. Além disso as aparas são difíceis de manipular e a sua área de superfície elevada as torna muito suscetíveis à oxidação durante o aquecimento. A única forma efetiva de resolver o problema das aparas é fazendo a sua briquetagem. A produção das máquinas existentes é baixa devido à sua ação recíproca mas estão se desenvolvendo processos contínuos de formação por laminagem.

O óleo pode ser removido por secagem ou centrifugação. Este último processo é, segundo se afirma, 95 por cento eficiente. Um método recente e que constitui uma novidade requer enxaguamento com nafta e um resfrio com nafta. Estudos por menorizados neste desenho sugerem que o custo seja à volta de \$0,75 por tonelada.

Forjaduras de aço são tratadas pela mesma forma como a sucata pesada, mas os forjamentos de ferro são normalmente fragmentados pelo impacto. O uso de explosivos parece ser a solução ideal para dismantelar moldes de lingotes rejeitados. O custo é segundo se afirma na região de \$0,5 por tonelada.

Desenvolvimentos futuros no uso de sucata

Carregamento contínuo de sucata para fabricação de aço em fornalhas de arco elétrico permite que o derretimento e a refinação possam ser em períodos sobrepostos, como sucede com carga de pelota reduzida, e conseqüentemente se torna possível grande economia nos períodos do ciclo. Se podem obter benefícios semelhantes alimentando escória em retalhos no processo BOF em uma maneira semi-contínua. Se pode obter melhor controle do processo sobretudo no que diz respeito à temperatura do aço e ao período do ciclo.

Determinadas graduações de sucata podem ser usadas de maneiras especiais. Por exemplo, sucata leve de alta qualidade pode ser reconstituída diretamente e usada no produto de aço por produção de aparas e depois aquecendo estas aparas numa atmosfera reduzida enquanto se procede à vibração da bandeja. Desta maneira se pode obter placas parcialmente livres de óxido que podem depois ser laminadas para o produto acabado. Este processo é usado com êxito pela General Motors nos EUA. Se tem feito experiências usando aparas em cargas concrecionadas de beneficiamento de minérios, mas, até o presente, estas práticas ainda não comprovaram a sua justificação do ponto de vista econômico.

A tendência contínua para alimentação mais uniforme se aplica tanto à sucata como às cargas que são usadas em altos-fornos. Os fabricantes de aço estão de mandando classificações mais precisas de sucata e isto, sem dúvida, levará a maior processamento da sucata de consumo a fim de reduzir a contaminação. Se torna também necessário fazer uma recuperação máxima de metais não ferruginosos de que resultará uma sofisticação ainda maior nos processos de recuperação. Presentemente estão a ser investigados vários métodos e processos novos. Estes métodos incluem um processo de mergulhamento-flutuação e o uso de motores-lineares, mas se irão passar alguns anos antes que estes processos possam atingir viabilidade comercial.

CAPÍTULO 14 - MÉTODOS PARA A PRODUÇÃO DE AÇO

14.1 Tendências na Seleção de processos para a manufatura de aços comuns

Pelos capítulos precedentes nesta Secção, se torna evidente que existem várias tendências bem definidas na seleção de processos para a conversão de minério de ferro em aços comuns.

A principal cadeia de processos de metal quente se está transferindo do processo de alto-forno Siemens-Martin para o processo de alto-forno e de BOF. Para a produção a frio o arco elétrico está suplantando o forno Siemens-Martin. Com o desenvolvimento bem sucedido de um número de processos de redução direto, cerca de 1 por cento (5 milhões de toneladas por ano) da produção de aço mundial com o uso de minério de ferro está sendo feita por estes processos. E todavia de notar que as condições prevalentes nas localidades onde estes processos estão sendo usados são particularmente favoráveis ao processo selecionado em comparação com o uso do alto-forno.

Novos avanços tecnológicos determinarão a direção futura destas tendências mas os avanços, de per si, são até certo ponto determinados pelas vantagens econômicas inerentes em tais tendências. Conseqüentemente, a direção que se é de esperar nas tendências futuras dependerá da posição presente de cada processo em relação aos outros processos em termos de custo.

14.2 Custos dos diferentes processos para a manufatura de aço

Nota sobre o cálculo do custo da sucata

Nos cálculos comparativos da fabricação de aço que são apresentados neste relatório, se fez uso de preço de sucata a longo-prazo. Este preço foi gerado numa comparação dos custos de manufatura de aço por processos o metal quente e processos o metal frio se partindo do princípio de que o custo de sucata é definido como sendo o valor que igualize os custos de aço líquido produzido por arco elétrico a um nível de 0,5 milhões de toneladas de produção com os custos provindos da produção em acerarias de alto-forno/BOF o 3,0 a 5,0 milhões de toneladas de capacidade. Os pormenores dos cálculos se mostram no Quadro 14.1. Se levaram a cabo dois grupos de cálculos; um destes cálculos fez uso do fator de recuperação de capital a um nível de 16,0 por cento e o outro fez uso da recuperação de 19,2 por cento, este último sendo o valor correntemente aplicável em regimes de equidade para empréstimos internacionais.

QUADRO 14.1 - COMPUTAÇÃO DOS CUSTOS DE SUCATA

Processo	Alto-forno/BOF			Arco elétrico
	3,0	5,0	0,5	
Nível anual de produção - milhões de toneladas				
Fatores de recuperação de capital %	16,0	19,2	16,0	19,2
Custo capital - milhões %	245,3	245,8	375,0	19,3
Encargo anual ao capital-milhões \$	39,3	47,2	59,7	3,1
* Encargo ao capital por tonelada de aço líquido - \$	15,2	18,2	13,3	6,9
** Custos de operação por tonelada de aço líquido - \$	39,5	39,5	38,8	28,6
* Total por tonelada de aço líquido-\$	54,7	57,7	52,1	35,5
***Custo de sucata por tonelada de aço líquido - \$	,283x	,283x	,233x	,929x
Cálculo do custo de sucata: \$ por toneladas	54,7+283x=	57,7+283x=	52,1+283x=	54,7+283x=
	35,5+929x x = 29,7	36,8+929x x = 32,3	35,5+929x x = 25,7	36,8+929x x 27,7

* Assumindo 90 por cento de utilização da instalação

** Excluindo o custo da sucata

*** Os fatores usados representam a proporção da sucata usada na carga, ajustada por rendimento.

Para um exame dos resultados dos cálculos que se mostram no Quadro 14.1 se adotou um preço a longo-prazo de \$29 por tonelada para a sucata. Este preço é comparável com o preço médio pago por sucata na Europa e nos EUA durante os anos de 1966 a 1971, como se mostra no Quadro 14.2.

QUADRO 14.2 PREÇOS DE SUCATA ENTREGUE NOS PAÍSES SELECIONADOS
(\$ por tonelada)

Países	1966	1967	1968	1969	1970	1971
Rep. Fed. Alemã	31	29	31	31	38	30
França	26	23	25	23	..	..
Holanda	30	28	32	29	35	32
Dinamarca	26	27	26	26	27	30
Espanha	36	33	32	35	43	53
Noruega	27	34	29	30	44	34
EUA	33	28	31	28	40	40
Itália	..	..	..	..	..	..

Fonte Informativa: "The Iron & Steel Industry in 1970 and Trends in 1971" (ODCE)

Processos baseados em minério de ferro

Uma comparação entre os custos dos processos de redução direta e os custos do processo de alto-forno tem pouco significado, porque os processos não produzem o mesmo produto. Altos-fornos de fundições elétricas produzem ferro líquido que pode ser convertido em aço numa aceraria BOF. Os restantes processos produzem um ferro poroso que necessita de ser refinado por manufatura de aço por arco elétrico. Comparações dos custos entre todos os processos só podem ser válidas no estágio de aço líquido. Além disso só podem ser tentadas usando elementos que se refiram a determinada localização e tais comparações de custo de processo são de aplicação limitada porque ligeiras alterações nos custos básicos e itens como carvão coqueificante, carvão não-coqueificante, gás e eletricidade, têm um efeito de grande importância na comparação global.

A Figura 14.1 mostra os custos totais de produção de aço a diferentes níveis de rendimento para quatro processos diferentes. Os três processos que fazem uso de redução direta se assume estejam localizados em complexos que dispõem de uma fonte econômica de reductivo ou energia que beneficie tal processo. Conseqüentemente o processo SL/RN é baseado num custo barato de carvão (\$10 por tonelada), o processo HYL é baseado num custo baixo de gás natural (14 centavos por gigajoule) e o Elkem é baseado em eletricidade à preço econômico (0,25 centavos por unidade). Todos os outros custos e aqueles dos processos de manufatura de aço por alto-forno têm seus custos calculados pela fórmula que se mostra no Apendix 3 para complexos de Acerarias Internacionais. Os quadros 14.3 e 14.4 mostram um exem

plo do desdobramento dos custos para processos alto-fornos/BOF e HyL/arco elétrico, respectivamente.

QUADRO 14.3 - CUSTOS DE MANUFATURA DE AÇO À METAL QUENTE

Item	\$/t (Aço líquido)
Metal quente (\$58/t)	46
Sucata (\$29/t)	9
Outros materiais e todos os custos de conversão	5
Encargo ao capital	2
	<u>62</u>
Alocação para serviços gerais da aceraria e capital para movimento	3
	<u>3</u>
TOTAL	65

O Quadro 14.3, acima, mostra os custos totais de manufatura de aço pelo processo BOF em uma aceraria com uma capacidade de 4 milhões de toneladas anuais, usando metal quente com custeio à base do Quadro 10.1, no Capítulo 10.

QUADRO 14.4 - CUSTOS DE MANUFATURA DE AÇO À METAL FRIO

Item	\$/t (Aço líquido)
Pelotas reduzidas (\$50/t)	46
Sucata	7
Eleticidade	8
Outros materiais e todos os custos de conversão	12
Encargo ao capital	5
	<u>78</u>
Alocação para serviços gerais da aceraria e capital para movimento	6
	<u>6</u>
TOTAL	84

O Quadro 14.4 mostra os custos totais de fabricação de aço por arco elétrico em uma aceraria produzindo 0,5 milhões de toneladas por ano, usando ferro poroso produzido numa instalação HyL e com o custeio à base do Quadro 11.3, no Capítulo 11.

A Figura 14.1 mostra que os processos intermediários que produzem ferro poroso se encontram ainda perante uma desvantagem econômica considerável, mesmo com custos favoráveis em redutíveis. Embora as mais econômicas em escala de uma pequena aceraria de alto-forno/BOF possa tornar os outros processos como sendo as alternativas econômicas para acerarias, digamos de 200,000 toneladas por ano, nos exemplos que se ilustram existe uma diferença potencial de mais de \$20 por tonelada disponíveis para cobrir o custo de transporte de tarugos de uma grande instalação de alto-forno/BOF para outros locais, onde se possa vir a construir acerarias para redução direta e para arco elétrico. Com combustíveis aos preços geralmente encontrados esta diferença seria ainda maior.

Manufatura de aço à base de sucata

Os custos compreensivos de conversão para a produção de aço com sucata são à volta de \$34 por tonelada. Todavia, para aços comuns este processo tem que ser normalmente considerado como sendo um processo subsidiário àquele baseado em minério porque a sucata é um derivativo da produção de aço. O custo de fabricação de aço baseado no processo mais econômico de uso de minério é aquele que determina o valor da sucata para o fabricante de aço como foi discutido no princípio deste artigo. Consequentemente, no Quadro 14.5 o custo de sucata toma em consideração resultados no custo de aço feito numa aceraria de arco elétrico com uma capacidade anual de 0,5 milhões de toneladas como sendo igual ao custo de acerarias de maior capacidade do tipo alto-forno/BOF como expressadas no Quadro 14.3.

QUADRO 14.5 - CUSTOS DE FABRICAÇÃO DE AÇO À BASE DE SUCATA

Item	\$/t (Aço líquido)
Sucata (\$29/t)	31
Eleticidade	7
Outros materiais e todos os custos de conversão	11
Encargo ao capital	6
	<u>55</u>
Alocação para serviços gerais da aceraria e capital para movimento	10
TOTAL	<u>65</u>

A disponibilidade limitada de sucata por virtude da sua natureza derivativa torna essencial que os fabricantes de aço que façam uso de um processo à base de sucata limitem a sua capacidade a um nível que possa ser sempre sustentado pelo mercado vendedor de sucata. Uma vez que a demanda exceda a existência de sucata,

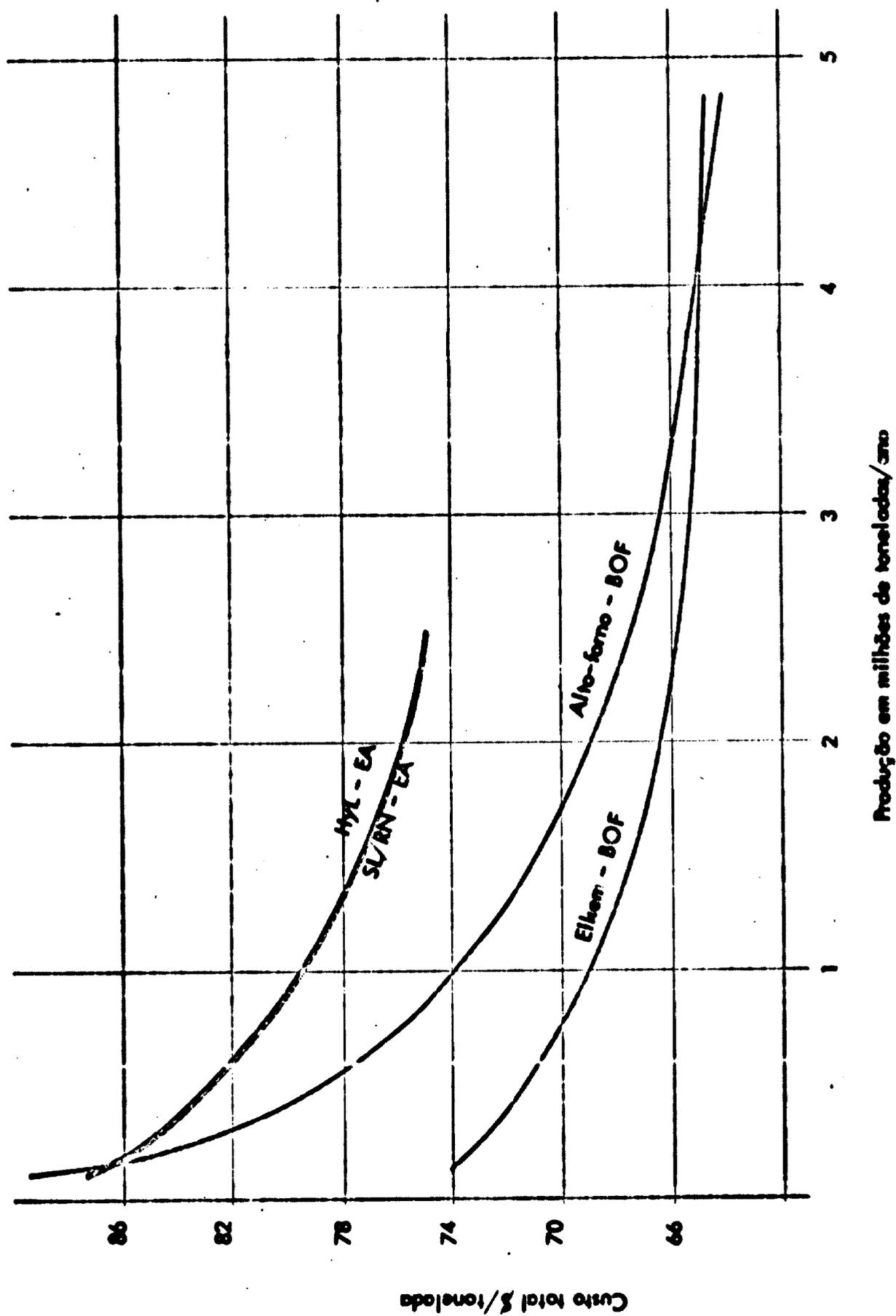


FIGURA 14.1 - ECONOMIAS DE ESCALA DE VÁRIOS MÉTODOS DE PROCESSOS PARA AÇO LÍQUIDO

se cria um mercado de vendedores e o custo da sucata para os fabricantes subirá muito além daquele determinado pelo equilíbrio em custos na manufatura de aços como acima se encontram descritos.

14.3 Tendências futuras na seleção de processos

Método alto-forno/BOF

As chaves para a seleção futura de processos se encontram nos desenvolvimentos potenciais de altos-fornos e da simplicidade inerente de manufatura de aço por conversão. A descoberta e desenvolvimento de grandes reservas de minério de ferro de alta qualidade e o transporte à granel destes materiais através dos oceanos do mundo está produzindo uma estandarização das práticas de fabricação de ferro e de fabricação de aço com grande benefício para a indústria siderúrgica. Conseqüentemente, esforços em investigações e em desenvolvimentos deixaram, regra geral, de serem orientados para problemas relacionados com combinações invulgares de matérias primas.

Todavia, entre os problemas presentes de maior importância se encontra o do consumo de coque metalúrgico. Como é discutido no Capítulo 9, substitutos de coque, particularmente coque formado, estão sendo desenvolvidos com grande êxito para resolver esta situação. Paralelamente, se fazem esforços contínuos para modificar as práticas de operação de altos-fornos para reduzir o regime de consumo de coque. Desenvolvimentos a longo prazo que estão correntemente a ser estudados incluem uma proposta da CRM para injetar gases redutores na pilha acima da zona de reação e bem assim uma proposta japonesa para usar gases circulatórios provenientes dum reator nuclear na fornalha, propostas que são discutidas no Capítulo 10, Artigo 10. O processo de alto-forno está sendo, evidentemente, liberado dos conceitos clássicos do passado e esperamos que o processo continue a ser continuamente adotado e continue a se manter competitivo.

O alto-forno continuará sem dúvida a ser o maior produtor de ferro. Processos de conversão por assopramento de oxigênio, de que os processos BOF e OBM são hoje em dia os exemplos principais, serão os selecionados para a fabricação do aço por metal quente. A tendência presente indicada na Figura 12.3 (Capítulo 12) continuará sem dúvida, e é mais do que natural que por alturas de 1980 mais de 70 por cento da produção mundial de aço seja fabricada por este processo.

Manufatura de aço por arco elétrico

Embora a fornalha de arco elétrico esteja substituindo o forno Siemens-Martin para as práticas a metal frio, a quantidade de aço fabricado por arco elétrico não parece ser relacionada apenas com a sua função de fundidor de sucata. A sua função na manufatura de aços especiais é, muito provavelmente, mais importante. Na Figura 12.3 a fabricação de aço por arco elétrico se mostra que tem permanecido a uma percentagem constante na produção mundial durante os últimos 7 ou 8 anos. No Japão, onde presentemente existe escassez de sucata, a produção por arco elétrico representa uma percentagem mais elevada do que aquela da média mundial mas, como se pode notar na Figura 14.2 esta tendência está declinando vagarosamente na direção da média mundial. Em termos de longo prazo tudo indica que as tendências para a manufatura de aço por arco elétrico continuarão ao nível presente, em

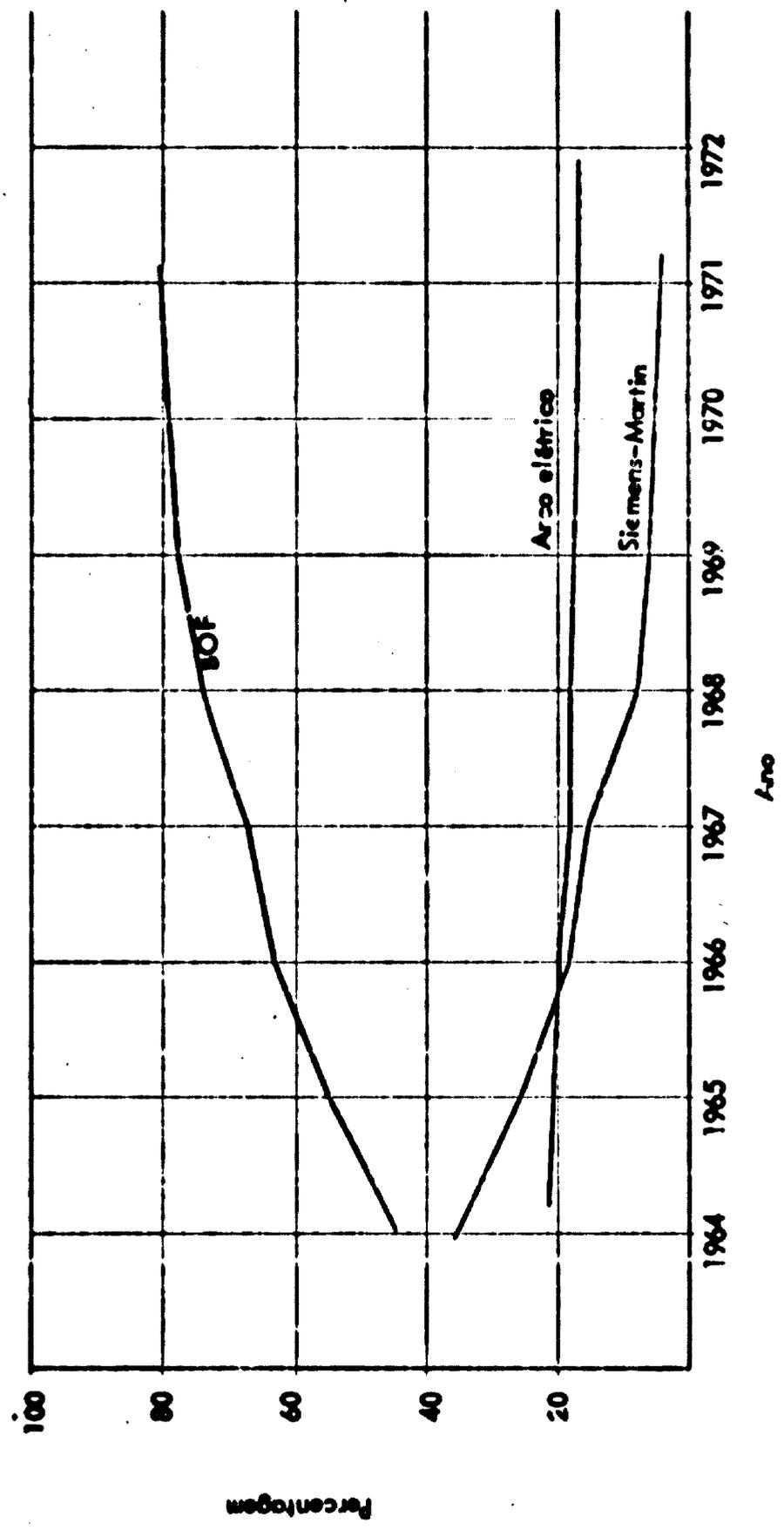


FIGURA 14.2 - PERCENTAGEM DA PRODUÇÃO JAPONÊSA DE AÇO BRUTO POR VÁRIOS PROCESSOS

todo mundo.

Processo de redução direta

À luz do que acima se expressa, o uso de processos de redução direta é limitado. Evidentemente, existem razões tecnológicas para serem usados como por exemplo na Nova Zelândia (minério com elevado teor de titânio) e na República Sul Africana (extração de vanádio), mas em competição econômica com o processo de alto-forno/BOF, o fator determinante irá ser o custo de entrega de produto equivalente provindo de acerarias de grande capacidade com altos-fornos/BOF localizadas em pontos vantajosos como por exemplo junto a mina ou junto a um porto com águas profundas. Algumas instalações estão sendo construídas em conjunto com mini-acerarias que têm vantagens econômicas sobre acerarias de grande volume em certas localidades (ver Capítulo 22).

A produção de ferro poroso como um método de controle de preços de sucata foi sugerido mas com os níveis de preços econômicos indicados para ferro poroso a \$50 por tonelada sob condições favoráveis este sistema não parece ser prático. Sem dúvida, como uma medida a curto prazo, em condições em que a procura exceda as existências de sucata que aparecem no mercado, se poderá bem considerar a construção de uma fábrica para ferro poroso. Semelhantemente, se poderá justificar como experiência a curto prazo a adição de pelotas parcialmente reduzidas nas cargas para o alto-forno a fim de atrasar a despesa a fazer com uma fornalha nova. Todavia, o operador de uma instalação de redução direta, terá de ter a certeza de que existe procura contínua deste tipo de produto afim de que possa operar proveitosamente.

Estamos convencidos de que redução direta irá desempenhar um papel cada vez maior na totalidade de produção siderúrgica mundial, como se indica no Capítulo II, mas, por outro lado, não vemos a possibilidade de que o processo de ferro poroso para produção de aço possa ser um dos processos mais populares num futuro imediato dado que necessitaria de cortar em metade os seus custos presentes para justificar um investimento maciço na construção de tal processo.

CAPÍTULO 15 - FUNDIÇÃO

15.1 Fundição de lingotes

A fundição de aço em várias dimensões que sejam adequadas para subsequente trabalho à quente tem sido praticada desde meados do século 18. As dimensões dos lingotes eram fundidas originalmente em dimensões muito pequenas e se mantiveram assim durante quase um século porque os produtos finais eram na sua maior parte itens como, por exemplo, facas e molas; além disso a maquinaria existente para fundição e laminação de lingotes tinha uma dimensão muito limitada.

Desde o advento de fabricação de aço em bruto que teve lugar nos fins do século passado, fazendo uso dos conversores Bessemer e dos fornos Siemens-Martin, tem havido uma propensão econômica para desenhar maquinaria de maior dimensões e para fazer uso de lingotes de tamanho maior do que resultou um progresso constante na direção das medidas que se usam hoje em dia.

Muitas das pequenas acerarias mundiais continuam produzindo lingotes cujas dimensões são de pequenas tarugas de cerca de 0,5 toneladas que são reaquecidos e alimentados diretamente à acerarias pequenas com pouca ou sem qualquer preparação prévia. Por outro lado a escala usada nos lingotes de maiores dimensões, produzidos em massa, se destinam à placas de laminação e estas atingem agora as 40 toneladas. Para a produção de blocos a dimensão do lingote está limitada a menos de 20 toneladas devido a uma combinação de fatores. Estes fatores incluem uma restrição na área transversal que é imposta pelo desenho dos moinhos primários, uma limitação na altura a cerca de 2,5 m devido à necessidade de evitar comprimento excessivo dos blocos provindos de lingotes antes de ser feita qualquer laminação, bem como devido a limitações práticas de coamento. Lingotes desenhados especialmente até 250 toneladas em peso são fundidos individualmente para operações de forjamentos pesados e para placas pesadas e produção de chapas.

Continua a existir um certo incentivo para aumentar as dimensões médias dos lingotes, mas pode se por em dúvida se as dimensões máximas de lingotes presentemente existentes, aumentarão muito para além daquelas que se usam presentemente. Para tal suceder, laminadoras capazes de manipular blocos e placas de maiores dimensões teriam de constituir uma necessidade e teria de ser considerada também a possibilidade de uma alternativa dos produtos intermediários terem de ser fundidos

a um regime contínuo porque as máquinas de fundição contínua teriam de ser aumentadas em dimensão para satisfazer a demanda.

Nos anos mais recentes tem havido grandes modificações nas disposições de operação nas facilidades para a fundição de lingotes devido ao aumento rápido na produção das acerarias. Facilidades anteriores de fundição eram, em muitos casos, operadas dentro do mesmo complexo em que se produzia o aço e, conseqüentemente, todas as operações desde o coamento ao desmolde dos lingotes eram feitas muito próximas umas das outras fazendo uso de equipamento para operações múltiplas. Desenvolvimento na manipulação de materiais levaram às técnicas de 'carrinhas para transporte de lingotes forjados' e nas facilidades modernas de forjamento os lingotes são forjados em moldes que viajam em unidades de carrinhas que circulam continuamente da estação de fundição para a estação combinada de desmolde de lingotes e preparação de moldes, onde os moldes usados são substituídos por moldes arrefecidos, limpos e revestidos interiormente antes das carrinhas os regressar à estação de fundição.

O custo de fundição de lingotes

Um desdobramento típico dos custos de operação para a fundição de lingotes se mostra no Quadro 15.1 que se segue imediatamente.

QUADRO 15.1 - CUSTOS DE OPERAÇÃO DE FUNDIÇÃO DE LINGOTES

	\$ por tonelada de lingotes
Moldes e fundos	1.1
Refratários	0.4
Materiais de manutenção e sobressalentes	0.4
Combustível e energia	0.4
Mão-de-obra	0.4
Outros	0.1
TOTAL	2.8

Estes custos, que excluem encargos ao capital e todas as despesas suplementares, se aplicam a uma instalação que produz aços de qualidade ordinária bem equilibrados e em excesso de 1.0 milhão de toneladas por ano, com os lingotes com uma dimensão de entre 10-20 toneladas produzidos de dimensões aquecidas em excesso de 100 toneladas.

Enquanto que os custos relativos dos itens variarão de local para local, os custos dos moldes será sempre mais ou menos metade do custo da operação total. Além dos custos de operação, os encargos ao capital constituem um montante significativo no custo de conversão da fundição do lingote e estes encargos variam ou podem variar muito com a dimensão da operação e com o local em que esta se realiza.

O rendimento em lingotes produzido pelo aço líquido no colheirão constitui um fator vital nas econômicas globais de fundição. A contribuição de fato do rendimento do lingote em relação aos custos de fundição é difícil de ser isolado e só pode ser determinado por cálculos de custos que se estendam até ao produto acabado. Como

na maioria das acerarias existe uma grande variedade de produtos este fato torna o problema prático de distribuição de custos entre os vários departamentos uma proposição de certa forma complexa. Todavia, rendimentos melhores em lingotes produzidos de aço líquido podem ser considerados em praticamente todos os casos como oferecendo uma economia em custos.

Tem sido feita grande investigação no campo de fundição de lingotes e grande parte desta investigação tem sido orientada para redução do custo do produto acabado melhorando o rendimento global do aço líquido em relação ao produto acabado. O melhoramento no rendimento global obtido não é mais do que uma combinação dos melhoramentos nos rendimentos do lingote, do produto semi-acabado e dos vários estágios do produto acabado.

O rendimento entre aço líquido e lingote depende em grande parte em se evitar a produção de um lingote curto que não possa ser laminado uma vez que tenha sido terminada a sua fundição. Hoje em dia é possível obter resultados de qualidade com as modernas técnicas de pesagem de alta precisão, pesagem que se aplica tanto à carga na fornalha como ao aço líquido no colheirão.

O rendimento na laminação primária tem aumentado constantemente, particularmente no quanto respeita a aços mortos, onde o controle metucioso do topamento à quente reduziu as bolhas primárias e a segregação numa percentagem muito considerável.

O melhoramento nas superfícies dos lingotes obtido na sua maior parte por melhor temperatura e melhor controle de coamento e por preparação cuidadosa dos moldes se reflete em rendimentos maiores dos produtos acabados.

15.2 Fundição contnua

No processo de fundição contnua, o aço líquido é despejado num molde de cobre sem fundo, arrefecido a água de onde é retirado continuamente e depois cortado nas dimensões requeridas uma vez a solidificação esteja completa. Esta técnica tem sido usada para a fundição de metais não-ferruginosos já desde há muitos anos mas só apenas há alguns 20 anos se aplica à fundição de aço. A demora na sua introdução na fundição de aço se deveu aos problemas que surgem devido ao ponto de fusão muito maior do aço e à sua baixa condutividade térmica. Esta última propriedade resulta em que um metal com um núcleo líquido extremamente longo a medida que o produto é fundido exige que as máquinas originais de fundição vertical tenham de ser de grande altura. As instalações modernas de fundição contnua foram reduzidas na sua altura pelo processo de moldes curvos ou do incurved os vários tipos em 70° em relação a horizontai.

Uma característica importante do processo é que o rendimento de aço líquido para produto semi-acabado é consideravelmente mais alto, em condições normais, do que para a fundição de lingotes e para laminação primária; todavia, o rendimento é grandemente influenciado pela eficiência da oficina de fundição.

Desde que se fez a introdução para fundição de aço o número de instalações de fundição contnua tem aumentado rapidamente. A capacidade das máquinas

também tem sido aumentada, em grande parte por um acréscimo ao número de ramais nas máquinas a serem construídas, e em parte também pelo aumento da velocidade dos ramais. Desta forma se tornou possível usar colheirões maiores e a medida média do colheirão atual tem aumentado continuamente e se espera que continue aumentando durante os anos mais próximos.

A capacidade de uma determinada máquina está limitada ao período máximo permissível para despejar um colheirão. Este período máximo é, geralmente, de 70 minutos. Têm sido feitas tentativas para aumentar este período por meio de pré-aquecimento dos colheirões e, principalmente, por aquecimento do aço no colheirão durante o despejamento por meio de queimadores a gás ou a óleo. Os resultados das tentativas para aumentar o período de despejamento dum colheirão não têm sido inteiramente satisfatórios e, enquanto o pré-aquecimento de colheirões constitui agora uma prática normal para evitar o super-aquecimento excessivo do aço, o aquecimento do colheirão durante o despejamento é feito apenas com o propósito de assegurar a operação mais do que como um meio de prolongar o período normal de despejamento. Todavia, perda de temperatura nem sempre é o único fator a ser considerado; existem informações* de que em fundição de aços mortos ao alumínio, por exemplo, as perdas de alumínio durante a fundição aumentam com a passagem do tempo e os períodos em tais casos para a fundição não devem exceder cerca de 40 minutos.

Crescimento do processo

A Figura 15.1 mostra o aumento no número de máquinas construídas por ano; mostra também o aumento na dimensão do colheirão que as novas máquinas podem acomodar, aumento que foi obtido não só pelo aumento dos perfis transversais de fundição mas também pelo aumento no número de ramais. O número máximo de ramais em uso é agora de 8 para tarugos e para blocos e de quatro para placas. Como a capacidade do colheirão das máquinas para a produção de blocos e de placas é equivalente à dos maiores colheirões e fornalhas para a fabricação de aço presente em serviço, existe no presente pouco incentivo para aumentar as capacidades de tais máquinas.

Todavia as máquinas de fundição de tarugos estão presentemente limitadas a um máximo de oito ramais porque, com mais de oito ramais, seria extremamente difícil manter todos estes ramais em operação. Conseqüentemente, fundições de tarugo especialmente aquelas máquinas de fundição para tarugos de dimensões menores têm produções relativamente baixas. O desejo de aumentar o número de ramais resultou na produção de um número de máquinas, costas contra costas, no esforço de eliminar o problema de um grande número de ramais numa única máquina. Até a data ainda não foi construída qualquer instalação de grande volume para tarugos mas este fato se deve parcialmente à existência de grandes capacidades em laminação de tarugos capaz de laminar os blocos produzidos pelas grandes máquinas de fundição de blocos de grandes dimensões.

O rápido crescimento de fundição continua que teve lugar durante os últimos vinte anos em que nasceu de praticamente zero para o potencial dos dias presentes que excede 50 milhões de toneladas se deu por um número de razões. A faculdade

* R. Schoeffmann "Iron & Steel Engineer" 49, 25 (1972)

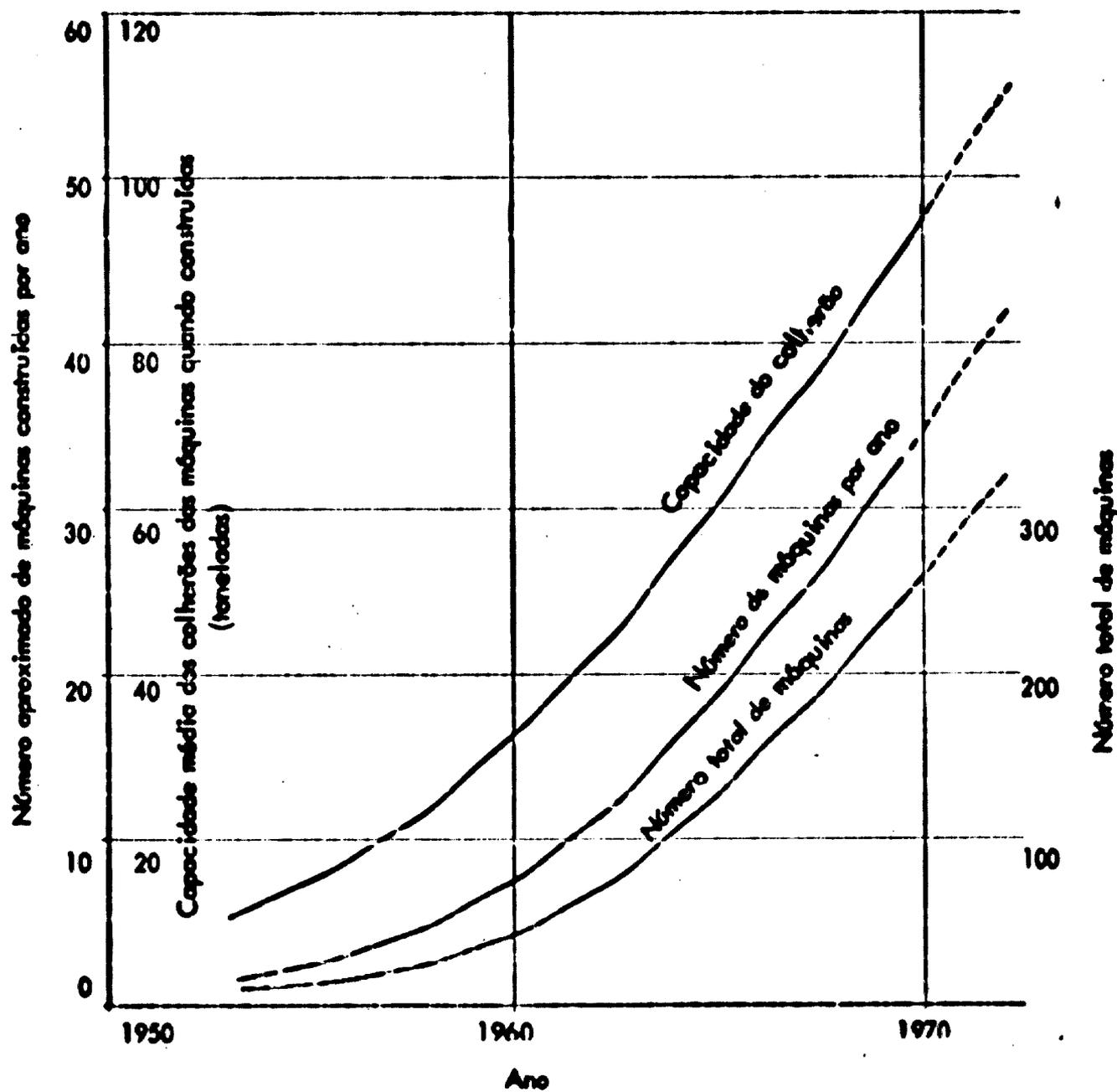


FIGURA 15.1 - AUMENTO NO USO DE FORJAMENTOS CONTÍNUOS

de utilizar este método novo para obter um aumento pequeno, mas significativo, na produção de uma aceraria onde a capacidade de laminagem primária tinha atingido saturação, sem ter necessidade de construir moíños primários de alto rendimento, constituiu um grande incentivo para a sua introdução. Além disso, a medida que o processo se estabeleceu na mente de todos, se tornou aparente que se tratava de uma forma que em muitos casos constitui o método mais econômico para uma capacidade nova de produção em grande escala, particularmente quando se tomou em consideração o aumento no rendimento. A gama e a variedade dos produtos fundidos aumentaram também rapidamente a medida que o processo se tornou mais divulgado.

Se bem que não exista provavelmente justificação econômica para a substituição de algumas das fundições de lingotes existentes e de grandes moíños primários para fundição contínua, o uso deste último processo é justificado no caso de acerarias novas. Este fato se demonstra por uma variação comparativa dos custos de fundição contínua em relação à fundição de lingotes no Artigo 15.3.

Desenvolvimentos em desenho e operação da máquina

O futuro avanço de fundição contínua resultará em parte do desenvolvimento recente de fundição 'sem-paragem'. Em fundição contínua normal cada colheirão de aço é despejado dentro de um período limitante de despejamento que é de cerca de 70 minutos. Seguidamente se tem de fazer a reposição da máquina o que que normalmente leva uns 30 minutos para a substituição da barra falsa, colocação de picos novos e limpeza ou substituição do vaso. Em fundição sem-paragem, colheirão após colheirão é fundido apenas com paragens momentâneas permitindo que se produza o produto contínuo. As acerarias da US Steel, de Chicago, fundiram recentemente 18 fornadas consecutivas as transformando em mais de 3.600 toneladas de blocos num período de 15 horas de trabalho.

Desta forma se dá um grande aumento na produção da máquina e também um aumento no rendimento devido à redução no número de sobejos nas extremidades dos torços fundidos. Se deve notar, todavia, que a aplicação desta técnica está limitada à produção de operações de longa duração de uma qualidade e dimensão específicas de aço e que, de fato, na prática, se trata de uma operação extremamente difícil de realizar. Para se obter êxito há necessidade de desenhar a máquina de fundição contínua sem-paragem com facilidades para mudança rápida do vaso, dos bucais e do colheirão e de ser de desenho suficientemente forte para suportar a utilização intensiva que dela é requerida. As produções de tais máquinas podem facilmente exceder mais do dobro da produção das máquinas normais desenhadas para a fundição por colheirão simples, embora se o despejamento normal e os períodos de reposição pareçam ser apenas 40 por cento em aumento, isto é o equivalente a um aumento da disponibilidade da máquina. Os maiores aumentos em rendimento obtidos na prática refletem geralmente a utilização abaixo da normal destas máquinas devido ao uso intermitente de que resulta uma equiparação má dos períodos de fornadas em relação à disponibilidade da instalação de fundição. Sistemas de vasos móveis com colheirão de torres rotativas adequados para a fundição super-contínua têm sido introduzidos na Áustria, e bem assim no Japão e nos EUA.*

Uma grande parte do melhoramento em máquinas durante os últimos vinte anos

tem sido no desenho de moldes. O aspecto mais importante desde desenvolvimento tem sido, muito provavelmente, o aumento no regime de cambiamento térmico e, conseqüentemente, as velocidades de fundição, que têm aumentado continuamente.

As máquinas de fundição vertical, originais, além de requererem elevadas estruturas e um içamento do colheirão de aço para alturas consideráveis, apresentavam também problemas em manipulação das fundições depois de cortadas, do plano vertical para o plano horizontal. O primeiro desenvolvimento para vencer este problema foi o dobramento da fundição através de um arco para o plano horizontal fazendo depois o seu endireitamento na mesa antes de ser cortada ao comprimento requerido. Entretanto, este método de fundição, 'vertical acrescida de curvatura' não reduziu significativamente a altura da máquina e foi este fato que levou ao novo incentivo para desenvolver a máquina de moldagem curta. Foi esta forma com o uso de um molde oscilante de desenho especial e uma câmara de arrefecimento curva, a altura da máquina foi reduzida a cerca de um terço da altura das máquinas de tipo vertical. As fundições curvas feitas por estas máquinas têm apenas de ser endireitadas de que resulta custos mais baixos em equipamento mecânico do que os necessários para as máquinas verticais acrescidas de curvamento.

A vantagem de custos ao capital mais reduzidos para máquinas de moldagem curvas é, até certo ponto, eliminada pelos custos maiores de operação que resultam dos custos mais elevados dos moldes especializados. Além disso, assimetria do corrimento do aço dentro do molde pode criar problemas de refrigeração diferencial no tarugo, particularmente no caso de produção de aços especiais. Estes problemas levaram ao desenvolvimento da fundição tipo arco-direito. Este tipo de instalação tem um molde direito ou direto com um ramal curvo que entra num arco curvado que começa a cerca de 200 cm abaixo do molde enquanto o seu núcleo se mantém líquido.* Tal como nas máquinas de molde curvo o molde é oscilante e a altura total da máquina é mais ou menos idêntica. Todavia o uso de um molde reto permite uma transferência térmica de melhor qualidade, melhor crescimento no revestimento tocante e elimina a acumulação de impurezas no raio do forjamento interno.

As máquinas de fundição são hoje em dia fabricadas para a produção da gama completa de tarugos, de pelotas e de placas. Mas a produção de grampeamentos e de outras configurações como, por exemplo, peças redondas etc. ainda não foi adotada numa escala comercial, se bem que seja afirmado que tais produções parecem ser muito prometedoras.

As máquinas individuais que são necessárias para produzir uma gama de dimensões necessitam também uma coleção completa de moldes para este propósito que, além de serem dispendiosos, reduzem a produção devido ao período necessário para o seu cambiamento. Para o caso de placas foram desenhados moldes de geometria variável que se destinam a resolver este problema. A forma mais simples é o molde para placa com espessura fixa com extremidade móveis que pode produzir a gama completa de larguras que sejam necessárias. Todavia, o êxito dos moldes de geometria variável ainda não está comprovado e, segundo nos foi dado a entender, os problemas em desenhos de moldes a fim de que mantenham o necessário raio nos

* R. Schoeffmann Iron and Steel Engineer, 49, 25(1972)

operações, como por exemplo, chapas para esmaltagem e este produto continua sendo produzido por lingotes laminados. Todavia os russos têm anunciado grandes avanços no forjamento contínuo de aços sem silício com baixo teor de carbono para a produção de chapas laminadas a frio.*

Aços normais com baixo teor de carbono têm comprovado serem ideais para forjamento contínuo. Tarugos de alta qualidade de todos os tipos têm sido forjados com grande êxito incluindo graduações de cissariamento livre, qualidades de tratamento à frio e aço inoxidável. Contudo, a dificuldade de produzir estas qualidades se reflete num aumento dos custos globais e o efeito desse aumento de custos se reflete no produto acabado que necessita de ser meticulosamente calculado. Isto se discute em mais pormenores no Capítulo 21 Artigo 21.9, que aborda forjamento de aços especiais.

Velocidades de forjamento

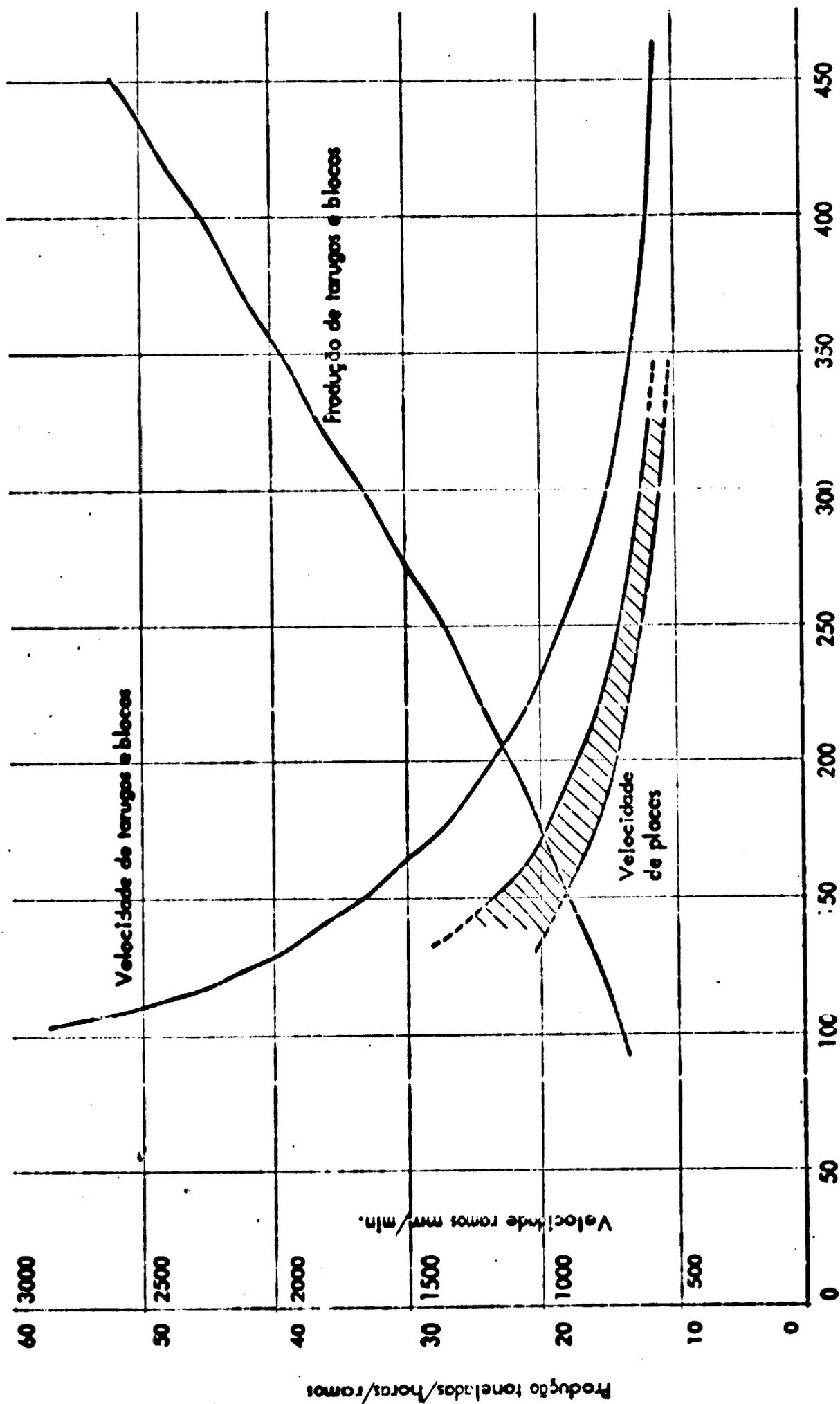
Velocidades de forjamento para perfis específicos são geralmente definidas em termos de velocidade linear em milímetros por minuto ou em produção de tonelada por hora. Regra geral a velocidade de forjamento diminui rapidamente com o aumento das áreas dos perfis mas a produção anual de fato aumenta com o aumento das dimensões dos perfis. Este fato está ilustrado na Figura 15.2 que mostra as produções médias obtidas para tarugos e para blocos nas presentes máquinas em funcionamento.

Máquinas desenhadas especialmente atingem velocidades muito mais elevadas para os seus ramais velocidades que vão até os 10.000 mm por minuto que se obtêm com tarugos de 50 x 50 mm em acerarias no Reino Unido. Uma máquina de quatro ramais instalada em South Works, Chicago, desenhada para uma superfície de ramal de 4.500 mm por minuto, está forjando regularmente tarugos de 190 mm com regime superior a 4.000 por minuto e tem atingido, por vezes, cerca de 4.800 mm por minuto.

A menor dimensão de tarugo forjado em termos comerciais é de 50 x 50 mm mas a demanda para esta dimensão é muito pequena e, duma maneira geral, a dimensão do tarugo é de 80 x 80 mm. Se têm construído muitas máquinas com esta dimensão como sendo a mínima, numa gama que vai até 145 x 145 mm uma dimensão classificada como pequena em termos de blocos. Estão sendo presentemente construídas grandes máquinas para oito ramais de blocos que incorporam dimensões que vão de 250 x 250 mm a 480 x 300 mm.

A velocidade de forjamento para placas é usualmente mais lenta do que aquela para tarugos da mesma dimensão da espessura da placa mas os rendimentos são geralmente mais elevados devido à largura extra. Estão sendo desenhadas recentemente máquinas para placas com velocidades que excedem 2.500 mm por minuto para placas com 125 mm de espessura, mas a gama normal de velocidade é de 1000 - 1500 mm por minuto como se mostra na Figura 15.2. Para uma espessura que seja o dobro desta as velocidades normais descem para menos de 750 mm por minuto e eventualmente se estabelecem à cerca de 600 mm por minuto para as placas mais grossas.

* UNIDO workshop on Creation and Transfer of Metallurgical Know-how. Jamshedpur Dezembro, 1971 (ID/WG.110/13)



Dimensão de parafus e blocos em milímetro; ou espessura das placas

FIGURA 15.2 - VARIAÇÃO EM VELOCIDADE DE FORJAMENTO CONTÍNUO E PRODUÇÃO DIMENSIONAL DO PRODUTO

As placas maiores presentemente em construção são de 300 x 2.200 mm e são forjadas numa máquina de dois ramais que faz uso de um colheirão de 250 toneladas. Se têm construído também máquinas de quatro ramais para dimensões de placas ligeiramente menores e que fazem o uso de colheirões com capacidade de entre 300 a 350 toneladas.

Eficiência

A eficiência da máquina de forjamento contínua não depende exclusivamente da velocidade do forjamento; o que é, de fato, mais importante é a sincronização do ciclo de forjamento com o ciclo da produção de aço. Na Figura 15.3 se mostra as capacidades teóricas de forjamento como uma função da velocidade deste forjamento. Para a preparação desta curva se assumiu a existência de uma fornalha BOF de 225 toneladas com um ciclo térmico de 40 minutos e uma dimensão de placa forjada de 250 x 1500 mm. Se assumiu também que a máquina de forjamento tinha sido preparada depois de uma fornada de aquecimento e que, subsequentemente, a barra falsa tinha sido colocada e selada, uma operação que necessita de 15 minutos; a solidificação necessita adicionalmente de mais 20 minutos. Esta curva mostra a influência da velocidade de forjamento nos escalões de incremento da produção da instalação; os picos indicam os pontos onde os períodos de forjamento e o ciclo térmico da instalação produtora de aço são coincidentes, por outras palavras, onde é possível fazer forjamento 'costas-contra-costas'. O pico mais elevado mostra o rendimento de cada operação térmica enquanto que o pico mais baixo mostra a operação térmica de uma fornada em cada três.

Outra possibilidade para aumentar o rendimento da instalação é reduzindo o período de interrupções entre as fornadas de forjamento. Se for possível reduzir o período de intervalo de 35 minutos para 15 minutos o efeito na capacidade da aceraria seria aquele que se representa nas áreas sombreadas.

A Figura 15.3 indica que se poderia obter uma produção específica possuindo um fundidor menor com facilidades para forjamento costas-contra-costas em vez de um fundidor de maiores dimensões e velocidade mais elevada. Se pode dizer também que os custos em capital e em operação são mais baixos para as máquinas menores se bem que estas tenham limitações no quanto diz respeito à qualidade. A Figura 15.4 mostra o período máximo de forjamento como uma função da dimensão do colheirão e da classificação da qualidade. Os períodos máximos de forjamento são baseados na fórmula:

$$t = f \frac{\log G - 0.2}{0.3}$$

em que t = ao período de forjamento (minutos)

G = ao conteúdo do colheirão (toneladas)

f = a 10 para qualidade mais alta

f = a 16 para qualidades mais baixas

e o fator f depende da perda permissível de temperatura no colheirão.

Custo de forjamento contínuo

O Quadro 15.2 ilustra o custo de operação de forjamento contínuo e se ba-

NB: Placa de 250 x 1500 mm
Colheita de 225 toneladas
Ciclo de tempo 40 minutos
Período de solidificação 15 + 20 minutos

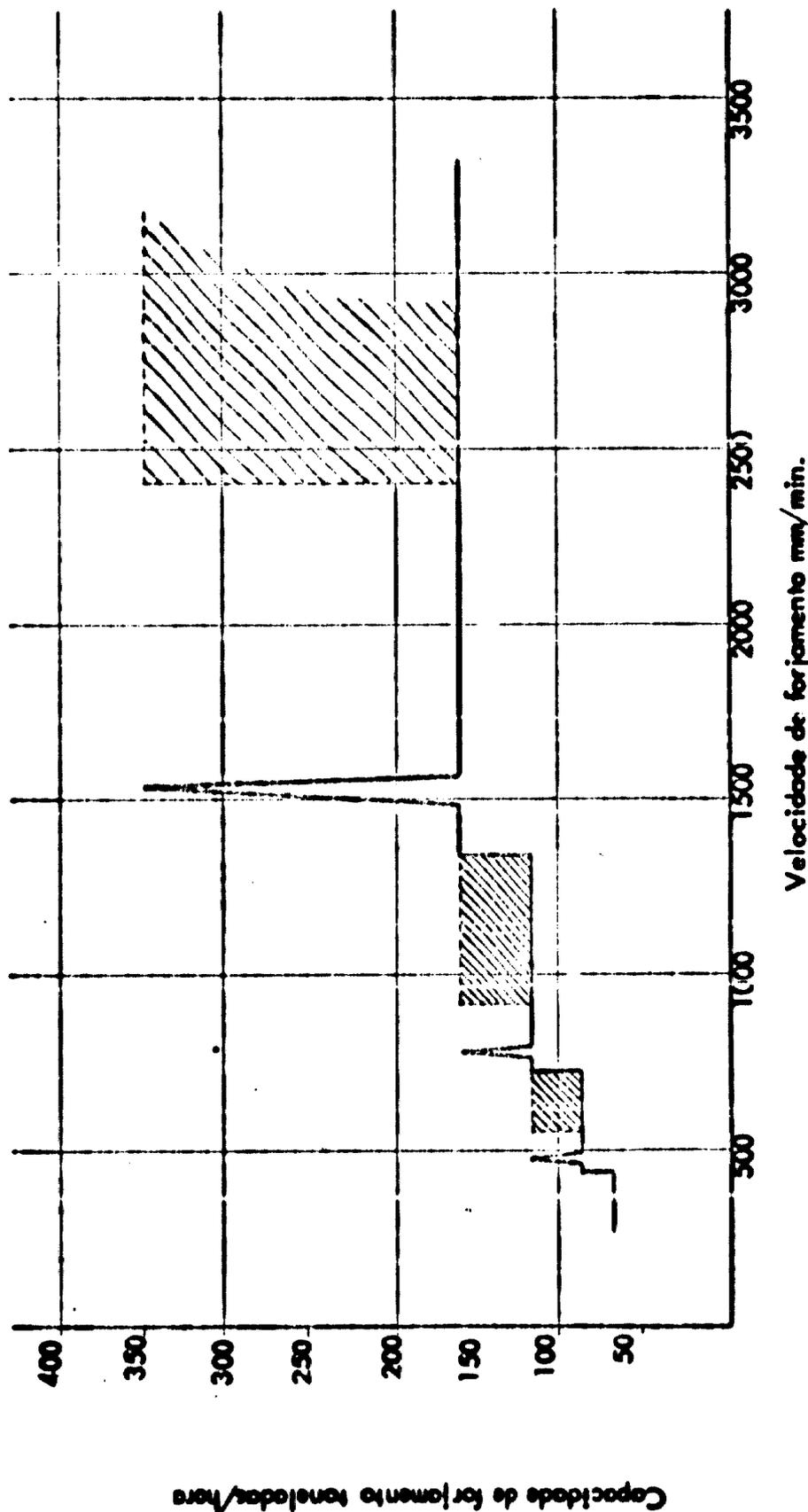


FIGURA 15.3 - CAPACIDADE TEÓRICA DE FORJAMENTO, VELOCIDADE DE FORJAMENTO

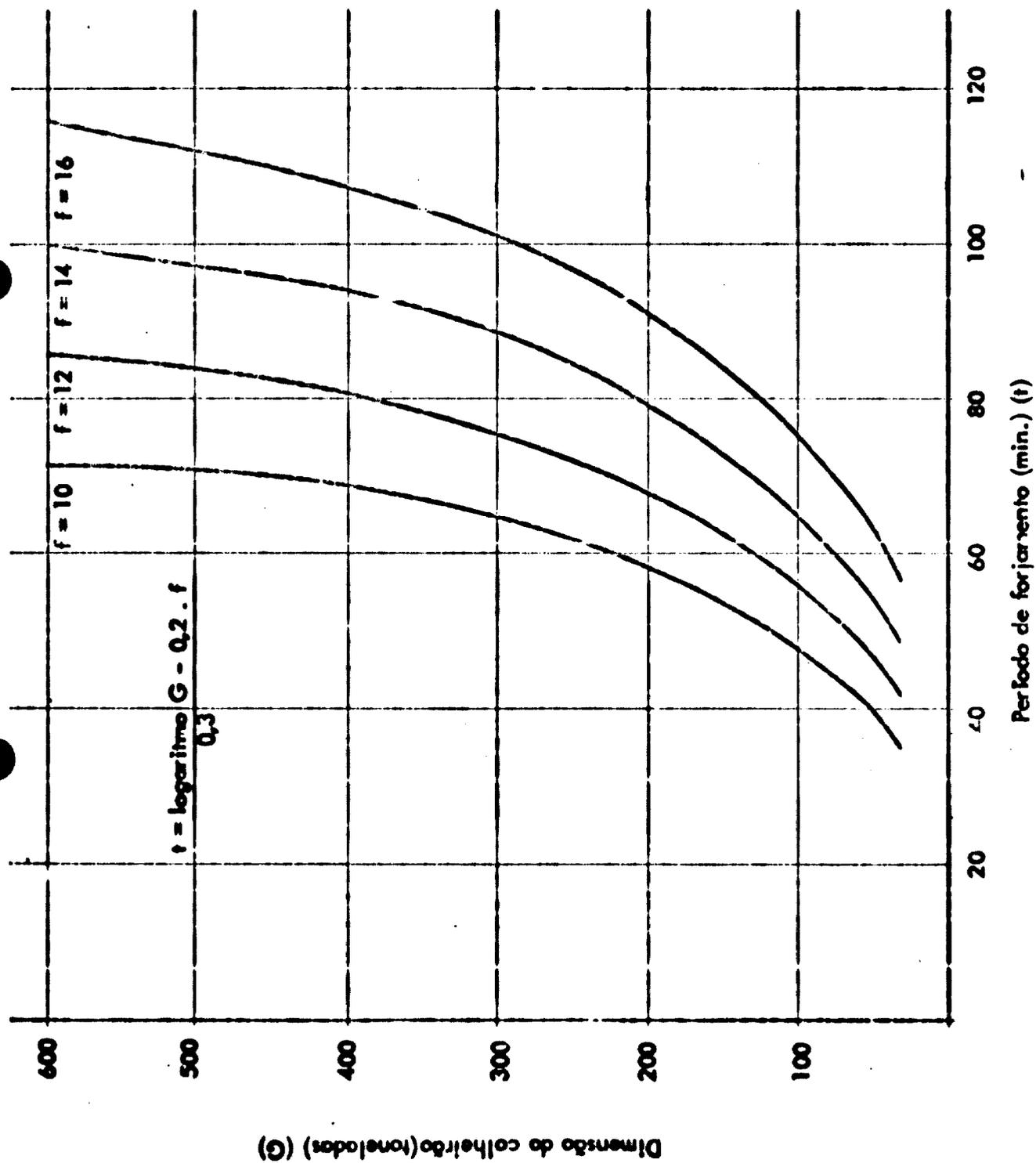


FIGURA 15.4 - DIMENSÃO DO COLHEIRÃO/PERÍODO DE FORJAMENTO

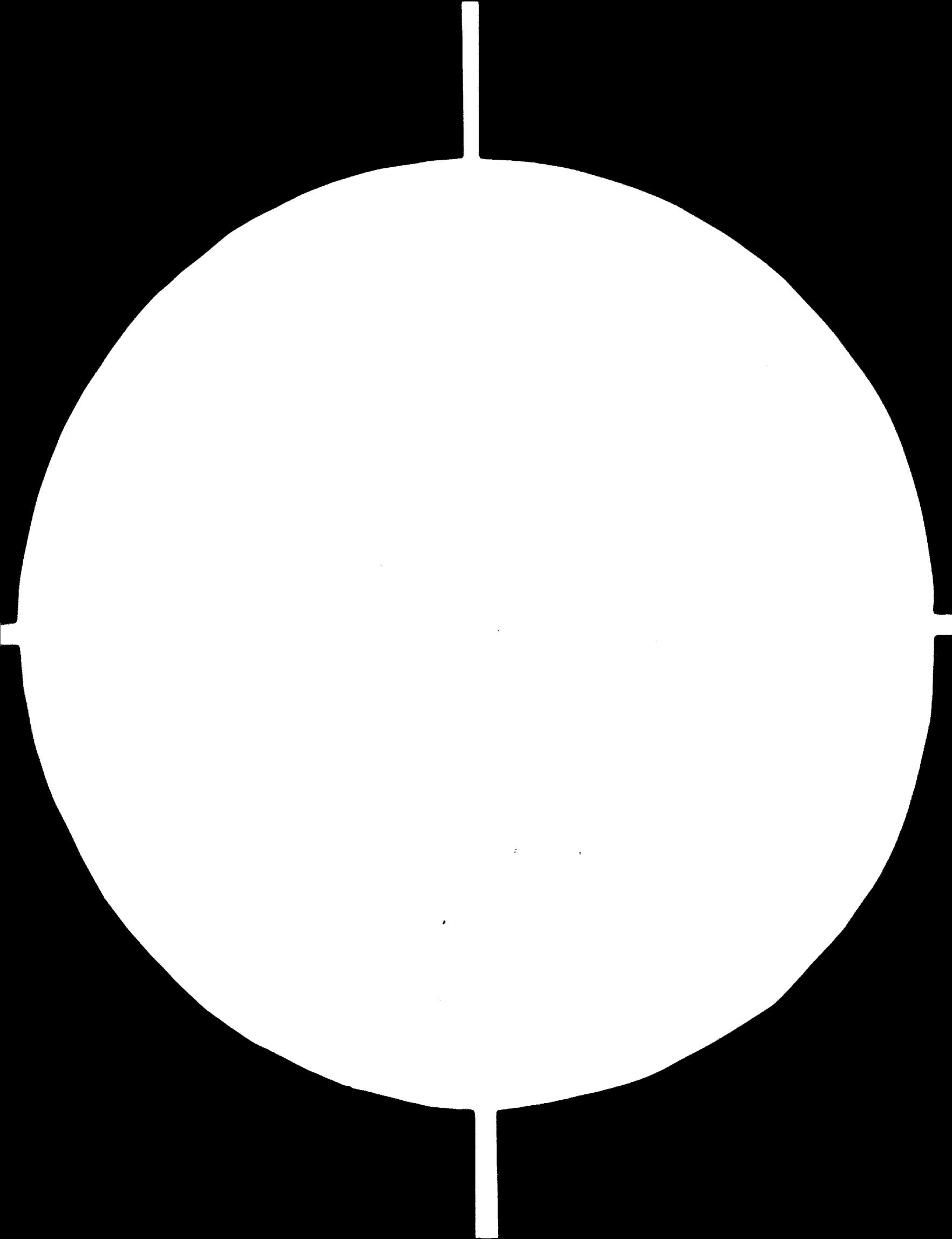
C-583



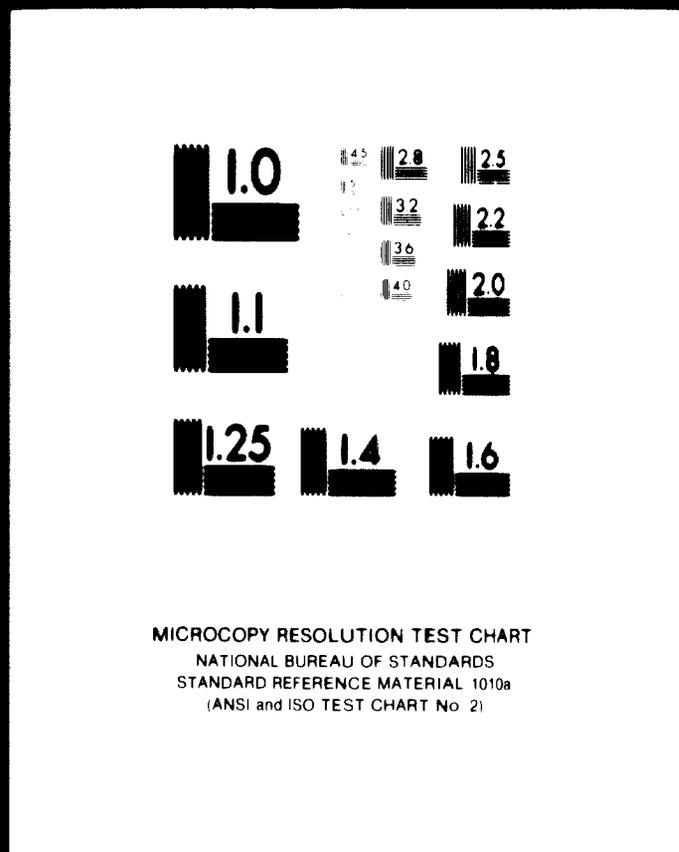
84.12.13

AD.86.07

ILL5.5+10



4 OF 7



24x F

seja numa produção semelhante a dos custos de forjamento de lingotes que se mostram no Quadro 15.1. Conseqüentemente os custos dizem respeito ao forjamento de tarugos de aço comum em acerarias cujas produções excedem 1.0 milhão de toneladas anuais.

QUADRO 15.2 - CUSTOS DE OPERAÇÃO DE FUNDIÇÃO CONTINUA

	\$ por tonelada de produto
Moldes	0.4
Refratários	1.0
Outros	0.5
Materiais de manutenção e sobressalentes	0.4
Combustível e energia	0.5
Mão-de-obra	1.5
TOTAL	4.3

Estes custos excluem encargos ao capital e todas as outras despesas suplementares.

15.3 Comparação entre forjamentos de lingotes e forjamento contínuo

A posição de forjamento contínuo como uma alternativa para forjamento de lingotes em qualquer situação existente ou comercial necessita ser considerada em certo pormenor tanto do ponto de vista técnico como do ponto de vista econômico. Para uma produção de aços mortos ou semi-mortos para a produção de tiras e para a produção de pranchas, em geral, e para a produção de barras comuns até um montante de um ou dois milhões de toneladas por ano, é, geralmente, possível demonstrar que forjamento contínuo constitui uma solução econômica no caso de acerarias novas. Forjamento de lingotes e instalações de laminagem primária, construídas recentemente em acerarias já existentes e em algumas acerarias novas, demonstram que o forjamento de lingotes pode bem ainda ser o processo preferido dadas determinadas circunstâncias.

Os custos totais de forjamento de aço serão considerados numa base que acenta no fato dos dois processos serem completamente intermutáveis no que diz respeito à produção do produto e a mistura requerida numa aceraria nova, isto permitindo uma comparação justa dos dois processos e permitindo também que se destaquem as principais diferenças em matéria de custo.

Instalações para forjamento contínuo custam bastante mais do que instalações para forjamento de lingotes quando se trate de produção em excesso de um milhão de toneladas por ano. Todavia, a despesa total de capital requerida pela instalação para produzir blocos e tarugos com aço líquido é inferior ao custo para instalações de forjamento contínuo devido a eliminação de fossas de ensopamento em trens de laminagem primária. A economia pode bem subir até 30 por cento em tais casos e para produções pequenas o custo capital de instalações de forjamento contínuo é consideravelmente mais baixo do que o custo equivalente em forjamento e laminagem de lingotes. Sem dúvida a economia global tanto em capital como em custos de operação pode ser suficiente para tornar o custo total dos produtos acaba-

dos, por tonelada, numa aceraria pequena, baseada na produção de aço por arco elétrico e forjamento contínuo, comparável com o custo de uma grande instalação integrada como se demonstra no Capítulo 22 no caso de mini-acerarias.

Custos comparativos de forjamento de lingotes e de forjamento contínuo

Os custos totais de forjamento de lingotes e laminagem primária de tarugos são comparados com os custos de forjamento contínuo de tarugos no Quadro 15.3.

O capital e os custos de operação de forjamento contínuo são calculados numa base da instalação ser do tipo de aço líquido no colheirão e tarugos em reserva imediatamente a seguir ao banco quente. Os custos de operação da Tabela 15.1 para forjamento de lingotes e na Tabela 15.2 para forjamento contínuo de tarugos são usados na avaliação do custo comparativo dos dois processos.

A fim de avaliar os custos comparativos dos dois processos se assumiu que o custo unitário do aço líquido é idêntico para os dois métodos. Se assumiu que os lingotes são aquecidos em fossas de ensopamento, laminados primariamente em blocos que são depois imediatamente laminados para tarugos num trem contínuo de tarugos. A sucata recuperável de aço é considerada como sendo de um valor de \$ 30 por tonelada.

Os encargos ao capital se assumem sendo de 20 por cento dos custos capitais das instalações de processamento e não incluem elementos relacionados com os serviços nas acerarias. Semelhantemente, os custos de operação não incluem despesas de movimento de qualquer descrição. Portanto, a comparação assume que as acerarias têm produções idênticas e que os diferentes métodos de processamento demandam as mesmas despesas de movimentação.

QUADRO 15.3 - CUSTOS COMPARATIVOS DE PRODUÇÃO DE TARUGOS POR FUNDIÇÃO DE LINGOTES E POR OUTROS MÉTODOS DE FUNDIÇÃO CONTÍNUA

	Custo por tonelada de Tarugos \$		
	Método de fundição Contínua	Método de fundição de Lingotes	Diferença
Custo de aço líquido a \$80 por tonelada	84.2	94.8	+ 10.6
Custos de operação da fundição	4.3	2.8	- 1.5
Custo de operação da laminagem de blocos	-	2.7	+ 2.7
Custo de operação da laminagem de tarugos	-	3.1	+ 3.1
Encargos ao capital	5.2	7.1	+ 1.9
Sub-totais	93.7	110.5	+ 16.8
Créditos para a sucata	- 1.3	- 3.8	- 2.5
CUSTOS TOTAIS	92.4	106.7	+ 14.3

Das cifras mostradas no Quadro 15.3 se conclui que tarugos forjados continuamente são cerca de \$14 por tonelada mais baratos do que os tarugos laminados. A diferença se deve largamente à diferença em rendimentos aliada à diferença entre o custo assumido do aço líquido e o custo creditado em sucata recuperada. A vantagem em custo do forjamento contínuo é suficientemente grande para fazer os cálculos em variações de importância nos itens individuais matéria de pouca consideração. Os custos no quadro se baseiam em forjamentos contínuos interrompidos; forjamentos contínuos de continuidade integral produziram custos relativamente mais baixos.

Conseqüentemente as cifras destacam a maior vantagem tecnológica de forjamento contínuo que é a demanda menor em aço líquido, devido ao rendimento mais elevado do aço acabado. No Quadro 15.3 os rendimentos usados são 95 por cento para forjamento contínuo e 85 por cento para forjamento de lingotes, e nem uma nem a outra cifra podendo ser consideradas como o melhor rendimento para ambos os processos que são representativos de forjamento de uma gama de aços de qualidade ordinária.

As econômicas em substituição da capacidade presente para forjamento de lingotes com forjamento contínuo

Ao se fazer a comparação de uma nova facilidade à uma facilidade já existente quaisquer encargos ao capital da instalação existente podem ser considerados como sendo os mesmos para as duas alternativas e, portanto, podem ser ignorados. No Quadro 15.3 o custo total de forjamento contínuo de tarugos numa instalação nova é aproximadamente \$7 por tonelada menor do que da conversão compreensiva na produção de tarugos com lingotes na instalação existente, isto quer dizer que excluindo os encargos ao capital no forjamento de lingotes e a instalação primária de laminagem partindo do princípio de que a instalação é completamente abandonada. Neste caso seria portanto econômico substituir as instalações existentes com forjamento contínuo se os outros fatores como, por exemplo, o rendimento produzido por lingotes se mantiver constante.

Quando se faz a comparação de laminagem de placas com forjamento contínuo se aplica o mesmo argumento, se bem que a um grau menor, porque neste caso o forjamento de lingotes só tem de suportar o custo de laminagem de placas, enquanto que a produção de tarugos requer dois processos, laminagem de blocos e de tarugos. Conseqüentemente fica reduzida a vantagem em custo de operação para o forjamento contínuo. A diferença entre as duas alternativas, em campo verde, é de \$8,7 por tonelada, e os encargos ao capital demandados pela produção de placas através o método de lingotes é de cerca de \$4,7, o que deixa uma vantagem em favor de forjamento contínuo de \$4,0. Como anteriormente, a diferença principal nos custos totais provém da diferença no custo do aço líquido e da sucata e isto é totalmente dependente dos rendimentos que foram assumidos nos cálculos.

Se o produto acabado pelo método de placas for a chapa ou se a mistura de produto possuir uma proporção substancial de chapas, os custos totais do método de forjamento contínuo para placas será reduzido. Isto se deve ao fato de forjamento de placas para a produção de chapas ser mais barato do que laminagem de tiras porque não é requerida uma gama de larguras como é o caso para laminagem de tiras.

As cifras acima dizem respeito a uma aceraria com uma produção aproximada de um milhão de toneladas por ano e de entre 10 a 20 toneladas de lingotes. Se as produções forem aumentadas e se o mesmo suceder com a dimensão dos lingotes, as diferenças em rendimento diminuirão e ao mesmo tempo as econômicas na escala nas oficinas de forjamento de lingotes de vastas proporções será maior do que as que se referem ao forjamento contínuo.

Em certas circunstâncias, instalações originais para multi-milhões de toneladas que produzem placas com lingotes podem ser competitivas com instalações de forjamento contínuo de dimensões semelhantes e conseqüentemente se torna evidente que muitas das instalações que estão hoje em dia produzindo placas podem ser capazes de as produzir em termos mais econômicos do que instalações de forjamento contínuo, completamente novas, devidos aos encargos pesados ao capital; conseqüentemente a vantagem de \$4 por tonelada usufruída pelo forjamento contínuo desaparece devido ao aumento na eficiência e na flexibilidade das unidades de forjamento de lingotes, de grandes dimensões, e devido às laminadoras primárias.

Identicamente, com grandes instalações para a produção de tarugos, forjamento de lingotes e laminagem primária, se calculou que em circunstâncias específicas o processo seja mais barato do que o processo contínuo. Esta situação pode ocorrer quando a mistura dos tipos de aço possui alguns que não são adequados para forjamento contínuo e portanto requerem o uso de forjamento de lingotes.

Em casos marginais em que a instalação térmica para o aço se aproxime ou exceda o limite das máquinas de forjamento de tarugos presentemente em uso, ou seja 120 toneladas, a comparação deve ser feita entre forjamento de blocos e os métodos de forjamento de lingotes. Com blocos forjados com dimensões que se aproximem em perfis e em peso àquelas dos lingotes se é de esperar que o futuro comprove que forjamento de blocos será preferível para rendimentos elevados.

15.4 Inovações técnicas em forjamento

No futuro é possível que apareçam idéias novas no campo de forjamentos mas deve ser destacado que já se encontram muito desenvolvidas todas as técnicas que levaram a estas idéias.

Forjamento contínuo horizontal

O desenho de uma máquina que possa trabalhar com um molde horizontal tem sido o objetivo de numerosas pessoas durante os últimos vinte anos. Esforços recentes produziram uma máquina dessa natureza em que o molde de tarugo horizontal é alimentado ao vaso a ângulo reto que é selado na face vertical do molde de arrefecimento por água. Segundo parece já se encontra funcionando uma instalação deste tipo com uma produção de 1 milhão de toneladas por ano, na Rússia; a produção, segundo se afirma, é o dobro daquela obtida por fundidores contínuos convencionais, ao passo que os custos capitais são reduzidos em uma terça parte. Se diz também que a Krupp está interessada em cooperar com a Rússia no desenvolvimento de forjamento contínuo.

Despejamento à pressão

Este processo avançado é usado também para forjamento de produtos semi-acabados, particularmente placas, e tem estado em operação desde há alguns números de anos nos EUA, principalmente na aceraria Oregon Steel Mills, em Portland

O processo foi desenvolvido para a produção de rodas em aço forjado para carruagens de trens de ferro. O colheirão que contém o aço líquido é submetido à pressão e o aço é forçado a um tubo revestido a refratário entrando seguidamente no molde. O regime de fluxo do metal é meticulosamente controlado por ajustamento da pressão para impedir que haja turbulência no molde. Os moldes, que são fabricados de grafita, são expurgados de todos os gases antes de ser feito o forjamento. As dimensões do produto são mantidas com grande precisão e o acabamento da superfície é de muito boa qualidade. O desenvolvimento principal tem sido no forjamento de placas de aço inoxidável que são forjadas em moldes individuais de grafita, verticais. Este processo tem muitas das vantagens do forjamento contínuo e, além disso, produz um acabamento muito melhor da superfície. Todavia, os rendimentos são geralmente menores do que aqueles obtidos com lingotes ou com forjamento contínuo devido ao fato do aço líquido se manter no colheirão e ao fato do processo não ser de natureza contínua.

CAPÍTULO 16 - LAMINAGEM PRIMÁRIA

16.1 O desenvolvimento de laminagem

Laminagem de produtos de aço tem sido uma arte e uma ciência que tem evoluído continuamente desde que foram desenhadas as primeiras laminadoras no século quinze. Todavia, porque os processos de rolamento estão intimamente ligados às características metalúrgicas do próprio aço, o âmbito para o desenvolvimento do processo depende, na sua maior parte, em operação consistente e mais controlada. Este fato se torna evidente nas mudanças e melhoramentos no desenho da maquinaria usada no processo. A velocidade com que o processo pode ser levado a cabo é, fundamentalmente, função do regime a que se pode aplicar a força laminadora. Também em este caso o desenho da instalação tem sido o fator determinante no avanço do processo.

Conseqüentemente, em toda a história de laminagens, têm sido unificadas as últimas descobertas em outras tecnologias da mesma maneira como, em matéria de força motriz, se passou de operação manual ao longo de água e de vapor para a corrente elétrica que opera as laminadoras dos presentes dias. Muitos melhoramentos têm resultado também de mudanças nos desenhos de chumaceiras, novas técnicas em forjaduras e fabricação e outras descobertas se bem que, durante todo o tempo em que se têm realizado estes avanços, os princípios básicos do processo de laminagem têm permanecido constantes.

Este capítulo e os dois seguintes são apresentados em um estilo diferente dos capítulos anteriores porque, o centro do nosso interesse, se concentra na maquinaria e não no processo. O desenvolvimento tecnológico e as evoluções em desenho de laminadoras podem ser mais adequadamente discutidos por referência a fábricas de diferentes tipos. Estes capítulos sobre laminadoras estão estabelecidos de harmonia com esse propósito. A matéria é tão vasta e têm sido publicados tantos livros e dissertações dentro deste campo de alta especialização do ramo da engenharia que é, por assim dizer, quase impossível abranger, compreensivamente, toda a matéria; por tal motivo atacamos o problema com os olhos postos em um país em desenvolvimento e com o propósito de incitar pensamentos sobre um vasto número de facetas de desenvolvimento que, quanto à nós, são de importância.

O trem laminador moderno é um equipamento extremamente sofisticado. O grau desta sofisticação é justificado à luz dos melhoramentos em produção e resultantes

economias bem como à luz dos resultados, em laminados de melhor qualidade e de tolerâncias mais exatas. Todavia, nem todas as vantagens obtidas por um desenho de melhor qualidade são aditivas. Com muita frequência, há que satisfazer necessidades que se contradizem e se torna necessário um compromisso e uma solução que só é aplicável à situação a ser considerada.

Algumas vezes isto leva a uma escolha entre instalações diferentes. Outras vezes poderá ter de ser feita uma escolha entre processos. Isto já ocorreu, por exemplo, no uso de máquinas para forjatura contínua para a fabricação de tarugos, que eliminam a necessidade de laminagem primária. Um outro exemplo é o desenvolvimento do forjamento basculante e contínuo de tarugos feitos de blocos que, embora não possam competir com instalações de alta capacidade para fabricação de tarugos podem substituir a pequena fábrica para produção de tarugos que poderia ser necessária em um mini-complexo ou em pequenas acerarias em regiões em desenvolvimento.

Os três fatores principais que tomamos em consideração em cada projeto de instalação foram a gama do produto, a precisão dimensional e a capacidade requerida. A importância relativa de cada um destes tipos de instalação é discutida neste capítulo e nos capítulos subsequentes. A capacidade da fábrica e a gama dos produtos laminados competem para a prioridade no desenho da instalação. A tendência moderna é, regra geral, para especialização de acerarias para gamas limitadas de produtos, dado que é cada vez maior o número de produtos especializados demandados, a um ponto tal que justifica a construção de instalações apropriadas. A instalação para multiplicidade de produtos tem à sua disposição uma grande variedade de produtos para laminar. Em alguns casos isto tem levado a mudanças em processos como, por exemplo, a fabricação por soldagem ou extrusão.

O elemento individual mais custoso no processo de laminagem é a carga alimentadora como se torna evidente no desdobramento dos custos para os diferentes produtos laminados mostrados no Quadro 16.1. Conseqüentemente demandas pelo utilizante de aço para tolerâncias dimensionais mais perfeitas têm de ser satisfeitas com melhor capacidade, capaz de produzir produtos mais exatos a fim de evitar descidas em procura. Este fato leva a desenvolvimentos em instrumentação e em controle e, em alguns casos, à automatização da instalação, como se discute no Capítulo 24.

Qualquer melhoramento no rendimento do processo resulta, claramente, em economias no custo da carga. Quando se proceda à instalação de uma fábrica nova deve ser levada a cabo uma análise de proveitos para determinar as vantagens econômicas, se existentes, da incorporação de processo automático ou controle de calibração. Se verificara também que os encargos ao capital por tonelada de produto variam consideravelmente entre os diferentes tipos de aceraria. Em termos gerais é de maior vantagem aumentar a dimensão da unidade e a velocidade de trabalho do que suportar maiores encargos ao capital por tonelada, desde que se mantenha a escala de economias. Em contraste os encargos com pessoal são baixos e, desse fato, resulta que o custo de automatização de uma aceraria será muito negligível. E de esperar que o desenvolvimento de trens laminadores tome formas diferentes para os vários tipos de acerarias.

QUADRO 16.1 CUSTOS DE LAMINAGEM PARA DIFERENTES INSTALAÇÕES

(\$ por tonelada de produtos laminados)

	Fab. de placas	Fab. de blocos	Fab. de Tarugos	Fab. de perfis	Fab. de Com.	Fab. de tiras *
Encargos de capital	2.2	3.2	3.1	16.3	8.2	5.4
Carga	78.0	78.0	78.0	83.8	84.1	82.8
Consumíveis e materiais de manuten- ção	0.7	0.8	0.9	2.3	1.8	1.9
Combustível e energia	1.5	1.4	1.4	1.7	1.6	1.8
Mão-de-obra	0.4	0.4	0.7	2.3	2.3	0.3
TOTAL	82.8	83.8	84.1	106.4	98.0	92.2

* Os custos em fábricas de pranchas são semelhantes.

A laminagem de aços especiais é abordada separadamente no Capítulo 21, Artigo 21.10.

16.2 Fábricas de placas

E de prevêr que quaisquer fábricas para fabricação de placas construídas nos dias presentes, pelo menos aquelas para produções volumosas, sejam do tipo aceraria universal com rolos de acionamento vertical em estreita proximidade dos rolos horizontais. Por exemplo, nos últimos cinco anos, mais ou menos foram construídas no Japão seis novas fábricas para placas das quais quatro são de moinhos universais e duas de sistemas de alto levantamento, cada uma delas com uma capacidade superior a 2 milhões de toneladas por ano. A existência de rolos verticais em uma aceraria universal para fabricação de placas não elimina, necessariamente, a vantagem de possuir um rolo horizontal de alto levantamento. A prática normal é entrega do lingote a mesa laminadora de recebimento, quinada, e fazer as primeiras passagens com os rolos horizontais, levando a cabo o trabalho necessário para produzir a largura do lingote a dentro de uns 50 milímetros de largura da placa. Se for necessário um moinho que faça entrega de placas em uma gama de largura reduzida de 2000 milímetros para 600 milímetros com, digamos, apenas 4 medidas de lingotes abrangendo toda a gama, isto significa que o montante total de redução de rebordo variará de um máximo de 550 milímetros para um mínimo de 150 milímetros em cada lingote. Este resultado seria virtualmente impossível de obter em plano usando apenas os rolos verticais do moinho de placas universais porque a máxima redução

que se obtém com este último é apenas de 50 milímetros por passagem, enquanto que os rolos horizontais podem fazer passagens de redução que vão até aos 150 milímetros. Se torna portanto normal fazer duas ou três passagens através dos rolos horizontais com o lingote quinado fazendo subsequentemente a laminação plana para a parte remanescente do trabalho. A maior vantagem de impelir o lingote, quinado, é que a escala nas faces laterais do lingote que formam o topo e a parte inferior da tira, desce rapidamente quando as primeiras passagens pesadas são feitas pelos rôlos horizontais.

Em um moíno horizontal, as facilidades de inclinação só são necessárias de um dos lados do moíno e no caso de instalações de alto rendimento onde se torna obrigatória a laminagem em tandem com lingotes pesados, tem sido instalada uma estação de inclinação separada onde o lingote é inclinado em uma grelha estática a fim de evitar o embate das cargas nas mesas de rolos principais. Uma outra vantagem do moíno universal é que produz placas com rebordos de boa esquadria. Isto é de importância porque as placas se unem apropriadamente umas às outras nas fornalhas impelidoras de reaçoecimento, para a vante do moíno de tiras à quente.

Para igualização com os maiores moínos contínuos de tiras, as modernas instalações para produção de placas estão sendo construídas para produções muito elevadas. Um estudo de viabilidade, feito recentemente, mostrou que pode ser desenhada uma instalação para fabricação de placas universais capaz de laminar 6 milhões de toneladas de lingotes por ano, usando lingotes de 40 toneladas e laminado, em tandem, dois de cada vez. Se afirma que a este nível e regime de rendimento o custo das placas é inferior ao do produto por forjamento contínuo.

Têm sido feitos muitos estudos e trabalho para o posicionamento automático de carros portadores de lingotes para a alimentação dos lingotes das fossas de ensopamento ao moíno; se usam hoje, geralmente, técnicas de laminagem em tandem e vários sistemas para arrefecimento das placas como, por exemplo, a roda Siemag, (uma mesa rotativa), ou a mesa rotativa), ou a mesa de rolos Yawata com borrifamentos, superior e inferior, que têm reduzido a escala em perdas e reduzido também o espaço necessário para o arrefecimento das placas.

16.3 Moínos para blocos

No decurso dos anos mais recentes não têm aparecido modificações dramáticas em desenho, à parte de beneficiamentos em pormenores cujo propósito tem sido uma operação mais eficiente. Como é o caso com os moínos de placas, qualquer moíno moderno de alta produção possui transmissão por motores duplos com motores separados que fazem a transmissão dos rolos, superior e inferior, por sincronismo elétrico. Um fabricante que se proporia instalar um moíno novo para blocos deve examinar as respectivas vantagens e limitações de tiristores e grupos motores geradores para o controle dos motores principais da fábrica.

Um avanço substancial na operação de moínos, tanto para placas como para blocos, têm sido em métodos para controle automático por programa pré-regulado. Esta programação é feita por fichas perfuradas ou dispositivos semelhantes, codificados para o programa de laminagem requerido, a fábrica e os operadores seguindo a sequência que lhes é ditada e instruída pelos dispositivos de controle. Semelhantemente, para a

reversão do moinho, se faz uso de dispositivos com célula foto-elétrica. Se, por um lado, estes dispositivos economizam o uso de um ou dois homens no púlpito do moinho, é possível que, por outro lado, adicionem o mesmo número de pessoas ao pessoal de programação e manutenção, mas o sistema tem as vantagens que a maioria dos processos automáticos oferece, isto é, não existe consagração e o número de erros é muito menor do que no caso de operadores humanos.

16.4. Moínhos para tarugos

Tarugos e placas (de perfil transversal relativamente pequeno) constituem os produtos semi-acabados standard para o grosso da indústria de não-planos de aço e a existência das quantidades e qualidades necessárias, a um preço econômico é da maior importância. Na maioria dos países desenvolvidos, existe um comércio considerável em "semis" que são vendidos a empresas de relaminagem não integradas, muitas das quais têm a sua clientela especial que estudaram e cultivaram meticulosamente. É costume para estas empresas de relaminagem entrarem em contratos a longo prazo com produtores de tarugos. Em alguns casos estas firmas foram adquiridas pelas vastas companhias siderúrgicas com o propósito de obter uma integração vertical. Todavia, tanto na Europa como na maioria dos países industrializados existem muitas empresas independentes de relaminadores. Esta situação é natural que se mantenha durante os anos mais próximos.

Tarugos não devem ser considerados apenas em termos de aço comum com baixo teor de carbono. O tarugo (ou placa) constitui a base de muitos artigos gerais para uso diário que demandam especificações muito exatas, isto é, aço elástico, qualidades de estiramento, aço de cisalhamento fácil e muitos graus de dutibilidade, acabamento de superfície, dureza, macieza, etc. Pode provavelmente ser verdade se afirmar que são poucos os lucros nos mercados mundiais no caso de tarugos básicos macios produzidos com aço macio comum. Os proventos do capital empatado provêm da pericia em produzir as qualidades especiais requeridas para satisfazer as centenas de aplicações industriais.

Qualquer fábrica moderna, com alta produção, possui bastidores de rolos alternados, verticais e horizontais, podendo possuir provavelmente 10 bastidores, possivelmente em dois grupos de respectivamente seis e quatro bastidores. Existiria um arranque lateral entre os grupos para os perfis maiores que seriam cortados por serras aquecidas. Os perfis menores seguem para um grupo de acabamento de 4 bastidores e serão cortados na cizalhadeira. Na nova fábrica da British Steel Corporation, em Scunthorpe, a cizalhadeira pode cortar até 125 milímetros quadrados.

Todavia, o número de bastidores e a configuração do moinho dependerão em grande parte dos pontos anteriormente discutidos, isto é, o perfil a ser forjado (em máquinas de forjamento contínuo ou em lingotes) e as dimensões a serem oferecidas ao mercado e, bem assim a tonelagem a ser laminada em cada uma operação e anualmente. Existem numerosas configurações para a produção de tonelagens mais baixas por um custo menor do que o necessário para um moinho contínuo e cada caso individual demanda um estudo muito atento de engenharia para se obter a melhor solução em termos econômicos.

Existe também um outra tendência de grande importância. Porque um cliente

cuja atividade comercial é relaminagem primária, um terço em laminagem de tarugos e um terço em departamento de acabamento.

Máquinas basculantes de forjamento

'Forjamento basculante' descreve os desenvolvimentos relativamente recentes em forjamentos 'contínuos' de tarugos em produções comparativamente baixas. As duas mais proeminentes são a máquina de forjamento contínuo GFM e a forja basculante Kocks. Estas máquinas operam em princípios diferentes. Ambos os processos fazem uso de duas cabeças de forjamento que operam alternadamente na barra a ângulos retos entre si. Na máquina Kocks as cabeças são pivotadas por forma a fazerem a preformação com uma ação de laminagem especial do tarugo enquanto que a máquina GFM usa uma simples ação de forjamento com uma prensa de forjadura.

Experiências como estas máquinas indicam que certos problemas do processamento ainda se encontram por resolver. Particularmente parece que ambas as máquinas tendem a produzir, em certas quantidades de aço, uma fissura cruciforme interna que não adere durante a relaminagem subsequente. Todavia, tanto este como outros problemas existentes, devem ser oportunamente resolvidos.

CAPÍTULO 17 - LAMINAGEM DE PRODUTOS PLANOS

17.1 Usinas de pranchas

Tem havido um processo de evolução constante no desenho padronizado da usina de pranchas de 4 fases. Os construtores navais, que se encontram entre os maiores consumidores de pranchas, têm demandado pranchas mais largas por motivos econômicos na construção de cascos. Os desenhadores de usina têm respondido à esta demanda e as usinas de pranchas com largura até 4 metros se encontram hoje em dia à disposição dos clientes. Estas usinas se encontram instaladas em localidades onde predomina a necessidade de pranchas para a construção naval. É, regra geral, concordado que usinas com esta largura ou largura superior devem ser equipadas com dispositivos de apoio com rolos de dobramento para o controle da bitola lateral, da configuração e da corôa.

Em recentes anos tem havido um certo aumento na produção de pranchas universais. Esta prancha é laminada numa usina com rolos de operação vertical, dispostos muito próximos da pilha de rolos horizontais, em ambos os lados. O propósito é produzir pranchas com uma largura controlada com grande precisão, para soldagem, uma as outras, na forma de perfisados estruturais maiores do que seria econômica em laminagem de vigas universais ou de usinas estruturais. Um bom exemplo de uma usina de pranchas universais é a instalação Lackenby pertencente à British Steel Corporation. Esta usina começou a funcionar em meados de 1960 como uma usina universal de 4 fases e um único bastidor de reversão mas subsequentemente, se adicionaram mais 5 bastidores para fazer a conversão semi-contínua de pranchas com 2 metros de largura. As pranchas podem ser enroladas ou transportadas planas para os cavaletes de arrefecimento que possuem equipamentos sofisticados desenhados para manter as estirpitudes direitas e em bom estado para se proceder à soldagem sem necessidade de preparação prévia desses rebordos. Desnecessário dizer que esta última qualidade é, evidentemente, essencial para o êxito de uma usina de pranchas universais porque a justificação para a sua existência é a capacidade que tem de entregar pranchas com rebordos direitos e com uma largura controlada com uma maior precisão. Este fato é importante não só para o fabricante que utiliza as pranchas mas também para o produtor do aço porque obtém melhores resultados do que aqueles obtidos pelo método alternativo de sisalhamento e aparamento dos rebordos de pranchas mais largas, um melhoramento que atinge pelo menos 4 a 5 por cento e muitas vezes uma percentagem ainda mais elevada.

A experiência obtida com a usina de Lackenby revela que embora o estabele-

cimento de uma usina deste tipo para os propósitos acima descritos tenha sido muito sucedida, é importante ter a certeza absoluta das necessidades do mercado antes de embarcar num projeto de tal magnitude. Por exemplo no Reino Unido a demanda mais importante de pranchas universais se limita a material com menos de um metro de largura. Pranchas deste tipo podem ser laminadas, com inteira satisfação numa usina de duas fases, a um custo muito mais econômico. Segundo consta a British Steel Corporation está pensando muito seriamente no presente em adquirir uma usina deste tipo. Esta situação constitui um bom exemplo do conflito entre as necessidades que se descrevem no Capítulo 16, Artigo 16.1, neste caso entre a gama de produtos e as econômicas de produção. Isto é provavelmente mais comum nos casos em que a demanda de produtos se encontra distribuída desigualmente sobre toda a gama de dimensões do produto.

Se têm dado avanços muito detalhados em cortes de pranchas, em nivelção, em siseramento e em linhas de inspeção e muitas destas novas evoluções se encontram extensamente instaladas em acerarias modernas.

17.2 Usinas de tiras à quente

Não é possível neste artigo cobrir todo o vasto campo da engenharia das acerarias de tiras ou todo o processo de evolução que se está dando continuamente e que foi abrangido em pormenor na 'Usinas de Tiras a Quente - II Geração*'. Neste capítulo nos propomos apenas salientar os pontos que são tecnologicamente importantes.

Melhoramentos no desenho de usinas para tiras a quente continuam a ser baseadas nos mesmos princípios que sempre têm prevalecido isto é, a demanda para:

- (a) melhor qualidade do produto,
- (b) melhor produção de primeira qualidade de placas e
- (c) melhor utilização e melhor produtividade daquilo que é sempre um investimento extremamente dispendioso.

Melhor qualidade neste sentido significa uma calibragem mais precisa e mais uniforme tanto lateral como longitudinalmente (isto é, rebordo a rebordo e de uma extremidade da bobina à outra extremidade), melhor acabamento da superfície e melhores propriedades metalúrgicas.

Melhoramentos nestas qualidades padrões são em geral obtidos por melhores bastidores de debastamento na usina à quente, por bastidores adicionais de acabamento e por aplicação na tecnologia sempre crescente no controle automático de calibragem e no uso de computadores de operação direta.

Disposição da usina

Os operadores de usinas de tiras, naquilo que se pode chamar "a primeira divisão" da indústria de chaparia e de fôlha de flandres para construção de automóveis, não estão convencidos que se podem manter competitivos no mercado numa base de utilização de uma usina semi-continua com um debastador de reversão. Usinas modernas estão sendo construídas com trens de debastamento contínuo com 5 ou mais bastidores. Esta mudança na disposição não só melhora a qualidade do produto laminado, mas também resulta no aumento de capacidade da usina em três ou quatro vezes mais, à produção anterior.

* Publicado em 1970 pela Associação dos Engenheiros Siderúrgicos (Association of Iron and Steel Engineers), Empire Building, 1010, Pittsburg, Pensilvânia, EUA.

Usinas de tiras a quente costumavam ter seis bastidores de acabamento mas, hoje em dia, mais frequentemente possuem sete bastidores. As razões para este aumento são muitas e variadas. Por exemplo, calibragem menores podem ser laminadas à quente e tais produtos podem substituir material laminado à frio para certos usos da indústria automobilística naqueles casos em que o material não fica à vista. Também se pode fazer uso de um desdobramento mais espesso do que resulta uma demora menor entre o último desbastador e o primeiro acabador para um determinado peso de bobina. Vantagens alternativas são a capacidade de trabalhar latas mais pesadas e de atingir velocidades de acabamento mais altas. Ambos estes fatores contribuem para uma capacidade anual mais elevada. Um exemplo típico destas tendências em desenho é a usina construída na fábrica Kimitsu da Nippon Steel Corporation; esta usina é uma das mais recentes que se têm construído para tiras à quente com uma largura de 2,3 metros e possui 7 desbastadores e 7 acabadores.

Um número de usinas nos EUA têm 5 ou 6 bastidores de desbastamento e trens de acabamento com 7 bastidores. A demanda para bobinas mais largas exige pranchas mais pesadas e tais pranchas tendem a causar variações na calibragem longitudinal devido à perdas térmicas na extremidade final da prancha causadas por demoras enquanto a parte da frente da mesma está passando através do tandem de bastidores de acabamento.

Controle de calibragem

Controle automático de calibragem (CAC) em sistemas de computadores em linha se encontram hoje numa fase muito avançada de desenvolvimento. Um CAC apenas assegura que todo o comprimento da tira é laminado para a calibragem que existe na cabeça ou na extremidade da frente. Controle por computador em linha permitirá que as regulações iniciais que sejam feitas permitirão que a extremidade da cabeça seja laminada suficientemente precisa para a calibragem desejada se encontrar dentro das tolerâncias aceitas pelo mercado comercial. O controle por computador selecionará o regime da aceleração para que se possa obter uma temperatura igualada laminagem, o que constitui um fator importante para se obterem propriedades metalúrgicas uniformes e calibragem uniforme também ao longo de todo o comprimento da bobina. Os operadores de usinas de tiras a quente mais antigas, geralmente se tornam pessoas muito competentes na regulação dos bastidores e uma usina contínua de operação manual. Todavia, existe, de uma maneira geral, um período experimental de tentativa e erro antes da usina laminar consistentemente bobinas com a calibragem requerida e, deste fato resulta alguma laminagem de bobinas com calibragem errada, que têm de ser usadas para outros propósitos ou vendidas a um preço de produtos de segunda qualidade. Todos estes fatos representam uma perda no rendimento em produto de primeira qualidade. É um dos propósitos do controle por computador o do CAC reduzir esta perda por pre-regulação dos bastidores na usina ajustando automaticamente variações na calibragem durante a operação de laminagem. Tem sido obtido um certo grau de sucesso que é maior quando a usina, com controle por computador e o CAC são desenhados como sistema global. Se têm dado alguns desapontamentos quando é adicionado subsequentemente um certo grau de controle automático à usinas que foram originalmente desenhadas para operação manual. Por exemplo, as transmissões de aparafusamento têm de ser suficientemente poderosas para fazer a pressão com grande exatidão sob regime de carga e as chumaceiras da usina têm também de ser adequadas em capacidade, para suportarem as cargas maiores que lhes são impostas. Identicamente, os circunvaladores, que controlam a tensão entre os bastidores, nos bastidores de acabamento, têm

de possuir uma velocidade de resposta muito mais rápida; mas acima de tudo, a velocidade de resposta dos motores principais da transmissão têm de ser de forma a executar as instruções do equipamento automático com uma rapidez imediata. Uma mudança na regulação da abertura do rolo em um bastidor durante a laminagem pede que seja feito um ajustamento imediatamente na velocidade do bastidor seguinte a fim de que a mesma massa de material por segundo passe através dele e, enquanto a velocidade de resposta dos circunvaladores tenha sido melhorada, o período de retenção por qualquer forma de derivador entre os bastidores é muito limitado.

Terá que ser apreciado que qualquer sistema de controle automático é constituído, em termos gerais, por dois elementos. O primeiro é o equipamento que interpreta variações, processos de sinais e dita modificações nas regulações da usina; o segundo é o equipamento elétrico e mecânico que recebe os sinais e altera, por exemplo a abertura do rolo nos bastidores apropriados. Convencionalmente, alterações nas aberturas do rolo têm sido até o presente executadas por engrenagens de parafusos movidas eletricamente que sobem ou descem o conjunto do rolo superior, mas a velocidade de resposta é inerentemente morosa, em termos relativos. Uma solução para o problema da resposta é a "Porca wheeler". Primordialmente este dispositivo fornece um micro-ajustamento no sistema convencional de aperto rodando a porca em que os parafusos da usina normalmente rodam. Esta rotação que pode ser feita em aumentos infinitamente pequenos é atuada por um cilindro hidráulico através de um sistema de pinhão e cremalheira. O sistema se encontra instalado em duas usinas de tiras à quente, recentemente construídas, nos EUA com um certo grau de sucesso, mas a gama de correção da porca Wheeler é relativamente pequena, devido a curso curto do cilindro atuador hidráulico o que, por sua vez, necessita um passo relativamente tosco do parafuso. Estes parafusos tendem a retroceder quando sujeitos a carga, a menos que sejam instalados freios poderosos mas, estes freios, adicionam problemas de inércia a um sistema que necessita de ter uma velocidade rápida inerente de resposta.

Subseqüentemente neste capítulo, quando discutimos usinas à frio e aço inoxidável, fazemos referência aos sistemas de controle de calibragem e da abertura hidráulica. Neste desenho, o parafuso de operação elétrica não existe, a abertura do rolo sendo mantida e controlada por cilindros hidráulicos que atuam diretamente sobre o conjunto do rolo. Não restam dúvidas de que este é o sistema do futuro para aplicações de laminagem a frio. Como se descreve a seguir, este sistema já provou o seu valor em usinas de tiras à quente de um só bastidor do tipo Steckel. Se encontra agora também equipado numa usina à quente contínua de largura estreita, apenas de 600 mm, instalada em Providence-Réhon na França. Previmos que este seja no futuro o sistema de controle da abertura do rolo nas usinas a quente com tandem de grande largura; certamente nenhum diretor de usina deve encomendar uma usina de tiras à quente sem considerar, com o maior cuidado, os méritos deste sistema.

No quanto se refere a variações laterais da calibragem e controle da configuração, o técnica de um rolo de dobramento de apoio tem sido aplicada em algumas usinas para pranchas de grande largura, com o controle da coroa do rolo no bastidor final. Por exemplo, o bastidor final (F7) da medida muito recentemente adotada para usinas de tiras à quente de 2,25 metros, em Hoogevene, na Holanda, está equipado com um rolo de dobramento de apoio e segundo estamos informados os seus operadores se encontram muito satisfeitos com os resultados obtidos. Existe, no entan-

to, uma escola de pensamento que está convencida de que se podem obter resultados semelhantes por um preço mais baixo pelo uso da técnica muito mais simples de torcimento de rolo de trabalho para o controle da coroa.

Se deve afirmar, todavia, que enrolamento de rolo de apoio pode ser instalado no último bastidor de um trem de acabamento contínuo sem ter de dispender grande custo adicional, porque a percentagem de redução da calibragem neste bastidor é normalmente tão baixa que as cargas dos rolos são muito inferiores àquelas suportadas nos bastidores anteriores. Conseqüentemente, se se encontrarem padronizadas em toda a usina a chumaceira e parafusos de aperto Morgoll, (como seria normalmente o caso), o bastidor final pode acomodar uma chumaceira mais alta e cargas de parafuso causadas pelo dobramento do rolo de apoio sem necessidade de serem adquiridas chumaceiras maiores.

Mudança de rolos

Uma usina moderna para tiras à quente possuirá equipamento automático ou mecânico para mudança do rolo o que reduz o tempo necessário de paralização para o trabalho de mudanças de rolos de uma maneira drástica e, conseqüentemente, a disponibilidade e a produção da usina são correspondentemente aumentadas.

A tecnologia em todos os assuntos anteriormente aqui discutidos está avançando rapidamente, e em alguns casos, por exemplo, a computadorização e o controle de calibragem são operações complexas. As companhias de engenharia de maior fama na construção de usinas de laminação e os fornecedores experimentados de equipamento elétrico são na sua maior parte, os repositórios desta tecnologia. Qualquer projeto de usina de tiras, seja esse projeto um que envolva a construção de uma instalação nova ou seja ele de melhoramento de uma instalação já existente requereria normalmente um estudo muito vasto de todos os aspectos - mistura do produto e qualidade da engenharia e da produção. Um estudo de tal vulto requereria consultas com estas companhias, algumas das quais têm evoluído programas de computadores desenhados especialmente para estes estudos de viabilidade.

Energia utilizada

Existem, excusado dizer, muitas outras características do desenho de usinas à tira quente que têm evoluído muito durante os últimos anos. Uma destas características é o aumento da energia empregada. As transmissões dos bastidores de desbastamento atingiram agora, com regularidade, os 12.000 cavalos tendo sido recentemente anunciada a existência de uma usina recentemente construída com uma energia de 16.000 cavalos.. Várias usinas atingiram a potência total máxima de 54.000 cavalos para trem de desbastamento. Usinas de acabamento já atingiram 12.000 cavalos por bastidor ou seja um total de 84.000 cavalos de potência por trem, ao mesmo tempo que aumento o uso de transmissões de armaduras múltiplas nas usinas de acabamento a fim de reduzir os problemas de inércia e de melhorar a velocidade de resposta dos fatores que são necessários ao controle por computador. Se encontram agora em uso em alguns bastidores motores com armaduras duplas, triplas, e até mesmo quadruplas. De fato, se tem dado uma grande evolução na engenharia elétrica numa usina para tiras à quente, uma matéria que, de per si, constitui um estudo individual.

Fornalhas de re-aquecimento

Se têm dado importantes mudanças nas fornalhas de re-aquecimento de pranchas. Estas modificações afetam o aumento no número de zonas de aquecimento, o desenvolvimento da engrenagem da viga móvel transversal e dos extratores de descarga. Nas instalações modernas, as fornalhas possuem agora uma disposição de aquecimento com 5 zonas para se manterem em condições técnicas mais exatas. Os mecanismos da viga transversal estão substituindo barras simples deslizantes a fim de reduzir avarias nas pranchas e extratores de pranchas no lado da descarga são hoje por assim dizer universais. Estes extratores fazem com que não sejam necessários esbarros dispendiosos para travar a prancha quando cai sobre o efeito da gravidade da saída da fornalha para a mesa de receção. Com o aumento cada vez maior na dimensão das pranchas estes extratores se estão transformando num equipamento essencial porque uma prancha grande de, digamos, 45 toneladas, virtualmente destruirá qualquer esbarro ou as suas fundações após uns poucos meses de operação de que resulta uma necessidade constante de manutenção.

Arrefecimento e enrolamento

Se têm dado também desenvolvimentos no lado da saída da usina. Arrefecimento laminar por água corrente entre o último bastidor de acabamento e o enrolador também se verificou ser mais eficiente do que jatos de turbulência. Este desenvolvimento levou, em alguns casos, à possibilidade de encurtar a mesa de movimento e consequentemente se obterem economias em custo de construção. O corrimento laminar pode também ser controlado por um computador a fim de que use uma temperatura e uniforme do enrolamento.

Se está tornando prática normal em usinas de alta capacidade a existência de três enrugadores a fim de que a produção máxima possa ser sempre mantida mesmo que um dos enrugadores se encontre paralizado.

Outro desenvolvimento importante que está sendo assiduamente explorado é o da instalação de enroladoras normais afastadas uns 150 metros do último acabador para as calibragens médias e pesadas, com um ou dois enroladores adicionais instalados apenas a uma distância de entre 30 a 45 metros da usina para calibragens muito finas. O motivo para este fato é que as calibragens mais finas requerem menos distância para arrefecer a tira, em primeiro lugar, e, em segundo lugar, aumentam consideravelmente o rendimento da usina porque é prática normal acelerar a usina quando se está trabalhando apenas com tiras finas e quando os enroladores forem completados e, se houver necessidade de laminar mais 100 metros de tiras antes de começar a aceleração, são adicionados uns poucos segundos mais ao período de ciclo por placa. Com os enroladores juntos à usina existe menos possibilidade de pedras e uma grande proporção da tira é enrolada sob tensão entre o enrolador e a usina, do que resulta uma qualidade melhor.

Controle de velocidade

Um outro melhoramento se refere ao andamento da usina e ao equipamento automático de desaceleração que reduz a velocidade dos rolos dos bastidores de acabamento da alta velocidade na extremidade final de uma bobina para a velocidade relativamente baixa para enrolamento da barra seguinte. Usinas construídas há um ano ou pouco mais operam numa base de arrancarem para enrolamento no primeiro bastidor de acabamento com uma barra nova só quando a extremidade final da barra velha abandonou o bastidor final. Deste fato resulta o intervalo de mais ou menos

20 segundos entre uma barra e a seguinte. Se for aplicado controle por computador para que a usina possa ser desacelerada rapidamente e o fator controlante do período de tempo é o período transversal da barra nova entre o cisariamento rotativo e o primeiro bastidor, o período de tempo pode ser reduzido para mais ou menos 8 segundos. Na mistura média de produtos, este desenvolvimento acrescido da adição de enroladoras junto à usina podem adicionar até 10 por cento à capacidade potencial da usina.

Usinas de menor dimensão para tiras à quente

Antes de deixar o assunto de usinas de tiras à quente, temos de fazer referência à dimensão da usina e à capacidade de seu rendimento, porque até certo ponto este fato dita a dimensão e a capacidade total do complexo para a produção de produtos planos de aço em que for instalada a usina. O investimento total numa aceraria aumenta à medida que aumenta também a capacidade do moinho à quente, e, portanto, em muitos países em desenvolvimento a pergunta não é tanto "Quanto irá produzir a usina?" mas sim "Qual é a menor capacidade econômica de usina para tiras à quente que podemos adquirir?".

Provavelmente continuará a ser verdade que a usina para tiras a quente de menores dimensões, ou seja, uma largura de 1,7 metros compreendendo um desbastador de reversão e 4 ou 5 acabadores, terá uma capacidade de pelo menos 500/600 mil toneladas por ano fazendo o uso de uma mistura média de produtos que tenham uma espessura média de 2,5 milímetros. Acresce, no entanto, como anteriormente se afirma, que a qualidade de tiras de aço comum obtidas nestas usinas não se compara com as altas qualidades que se podem obter em instalações modernas de operação totalmente contínuas. Também, uma usina apenas com quatro acabadores tem poucos bastidores para permitir que seja incorporado um sistema de controle automático de calibragem adequado e o peso da bobina se encontra limitado devido à perda térmica da mesa de retardamento de uma placa reduzida pelo desbastamento de reversão para apenas 10 milímetros de espessura para a maioria das calibragens acabadas da usina de tiras. Com 5 acabadores a redução pode ser elevada até 15 milímetros o que permite um comprimento de barra bastante maior e uma mesa de retardamento. Com 6 acabadores, a espessura a espessura normal de redução pode ir até 25 milímetros e com 7 acabadoras, até 35 milímetros.

Embora, como já afirmamos anteriormente neste capítulo, a produção da maioria das chapas e de folha de flandres seja hoje em dia feita em usinas contínuas, continua permanecendo um fato de que um desbastador de reversão, mesmo com instalação mínima, permite um controle de temperatura melhor do que a usina de funcionamento contínuo. Conseqüentemente, uma usina semi-contínua continua a ter as suas utilizações quando um programa de produção contém uma elevada proporção de aços como, por exemplo, qualidades inoxidáveis, em que é de grande importância o controle de temperatura em que são necessários muito mais passes para reduzir a prancha a uma calibragem muito mais fina para que possam ser alimentadas aos acabadores.

Portanto, o problema de uma aceraria "mini" de tiras para tiras com uma baixa qualidade de carbono continua existente, e conseqüentemente, se tem dispendido grande soma e muito tempo em várias partes do mundo, em determinados momentos, em busca de uma usina de pequena produção a baixo custo capaz de satisfazer as necessidades dos países menores em desenvolvimento. Uma das primeiras tentativas, neste sentido

foi a usina Steckel, que é uma instalação com um único bastidor de 4 passes com tambores de enrolamento em aço resistente ao calor que revolvem dentro de fornalhas operadas a gás combustível ou dentro de "caixas quentes", de desenho especial. Temos que afirmar que todavia, que as usinas Steckel têm sido abandonadas consistentemente para aplicações em tiras com baixa qualidade de carbono e não vemos, pessoalmente, a possibilidade de voltarem a ser reintroduzidas, embora continuem sendo usadas para folha de flandres em pequena escala e para operações de galvanização em que os problemas de acabamento da superfície não são de tanta importância como em produtos em chapas.

A usina planetária Sendzimir está também desenhada para produzir em pequena escala tiras laminadas à quente. Os rolos, superior e inferior, estão circundados por uma gaiola de pequeno diâmetro, que revolve em torno de um rolo principal em um movimento planetário. A passagem de uma prancha entre estes dois jogos de rolos planetários revolventes pode obter uma redução muito substancial na espessura com um único passe. Em larguras relativamente estreitas, esta usina tem obtido êxitos moderados, mas à medida que as larguras aumentam, aumentam também os problemas de desenho provindos de um aumento no momento de dobragem no sistema de rolo planetário e as tensões mais elevadas impostas sobre a chumaceira em que estes rolos assentam. Conseqüentemente, os custos de manutenção podem ser elevados. Em nossa opinião usinas deste tipo não são adequadas para produzir tiras de aço com baixo teor de carbono que possam ser comparadas em qualidade com aquelas produzidas por usinas de tiras laminadas à quente de alta produção. Para certas aplicações limitadas podem ser de vantagem, mas não para as especificações exigidas, digamos, para chapas utilizadas pela indústria construtora de automóveis.

Uma ou duas empresas estão laminando tiras de aço inoxidável em usinas planetárias e têm obtido certo sucesso na laminagem de qualidades de níquel austenítico (Al51 série 300). Nos foi todavia dado a entender que a produção de inoxidáveis com baixo teor de níquel ferrítico (Al51 série 400) não tem sido praticável, embora possa ser feita a laminação com êxito em uma usina do tipo Steckel.

17.3 Usinas para tiras laminadas à frio

As considerações que têm levado à mudança em desenho das usinas de laminagem de tiras a frio, em recentes anos, são em muito semelhantes àquelas que se aplicam para usinas de laminagem a quente. Tem havido uma demanda constante para que sejam melhoradas as precisões e consistências de calibragem e bem assim da temperatura para que se possa obter um acabamento de superfície mais perfeito. Identicamente, à medida que o investimento nestas usinas aumenta, aumenta também a demanda para um maior rendimento e uma produtividade mais elevada. Algumas das soluções para estes problemas são, em muito, semelhantes àquelas a aplicar nas usinas de laminagem à quente. O número de bastidores numa usina para chaparia tandem tem aumentado com o decorrer dos anos de 3 para 4 e, presentemente, para 5. O que costumava ser uma usina tandem com 5 bastidores, para a produção de folha de flandres é, atualmente, e com muita frequência, uma usina de 6 bastidores. Semelhantemente, tem sido feito grande progresso na aplicação de controle direto por computadores.

As necessidades de uma precisão melhor e de uma consistência absoluta de ca-

libragem levaram à introdução de bastidores pesados com durezas cada vez maiores. Isto levou também, por sua vez, ao desenvolvimento de desenhos pre-distendidos que se encontraram durante um tempo em grande moda mas estes também, por sua vez, estão agora cedendo o seu lugar ao controle de abertura do rolo por processos hidráulicos. Destas novas evoluções resultou a possibilidade de um sistema hidráulico fazer os ajustamentos ditados por um dispositivo automático de controle de calibragem que possui uma precisão e uma velocidade de resposta impossíveis de obter com os sistemas de parafusos convencionais, de operação elétrica funcionando através de engrenagens mecânicas.. Isto é, sem dúvida, um exemplo da transferência de tecnologia de uma indústria para outra indústria. Os sistemas hidráulicos e os controles que se encontram agora incluídos nestes desenhos devem muito aos desenvolvimentos efetuados na indústria aéro-espacial.

Se pensa hoje em dia que o fator limitante do controle de calibragem numa usina de laminagem de tiras a frio não é a operação mecânica da abertura do rolo mas sim que se trata de uma função de velocidade do período de resposta de velocidade das transmissões principais nos bastidores da usina e da tensão prevalecente na bobina; é também uma função da excentricidade do rolo. Tem de ser realizado e apreciado que concentricidade perfeita nos rolos da usina não é possível de obter. Em operação prática qualquer um ou todos os quatro rolos de uma usina de 4 passes pode ter excentricidades na ordem de 0.01 milímetros e estas podem produzir qualquer número de permutações e de combinações de configuração desequilibradas que são difíceis de controlar. Todavia os vários dispositivos evoluídos em recentes anos têm melhorado grandemente a precisão da calibragem em comparação com aquilo que se julgava possível há alguns anos atrás. É interessante notar também que o controle hidráulico de abertura numa usina de laminagem à frio é apreciavelmente mais econômico em custo capital do que os seus predecessores eletro-mecânicos.

No quanto respeita à disponibilidade e produtividade, existem agora equipamentos de mudança automática para rolos a utilizar em usinas de laminagem a frio ao mesmo tempo que dispositivos mecânicos para a alimentação de bobinas laminadas a quente no lado de admissão de uma usina de tandem também têm sido grandemente melhorados a fim de que possam reduzir o período por retardamento entre as bobinas. Uma usina de laminagem à frio "contínua" de 5 bastidores entrou recentemente a trabalhar no Japão*. Neste desenho existem dispositivos de circunvalação dispostos por forma a que a parte posterior da bobina da usina possa ser soldada à cabeça da bobina que se segue sem haver necessidade de parar a usina. No lado da saída da usina existe um cisariamento e duas bobinas tensoras, rolos refletores que alimentam as extremidades cisariadas, alternativamente, dos dois rolos. Segundo é afirmado a usina pode enrolar três bobinas no mesmo tempo em que bobinas convencionais enrolam duas bobinas. O sistema é vastamente controlado por computador (ver Capítulo 24, Artigo 24.2), a elaboração é considerável e é provavelmente mais adequado para folha de flandres onde a largura e a qualidade se mantêm de forma bastante constante. Em laminagem de chapa, encomendas de uma determinada especificação são freqüentemente demasiado pequenas para que um sistema de tal natureza seja praticável. Na aceraria de Fukuyama da Nippon Kokan, as bobinas de chapas laminadas à frio são continuamente temperadas (portanto reduzindo em 90 por cento

* No. 2 Usina em Fukuyama da Nippon Kokan.

o tempo requerida para a têmpera por lotes). Segundo se diz as chapas temperadas continuamente possuem excelentes qualidades de esticamento e de formação.

Sem dúvida este desenvolvimento está sendo observado com grande interêsse. O desenvolvimento é de importância porque a calibragem de tiras laminadas a frio passando através de uma usina de tandem é dependente não só da regulação da abertura ou aberturas do rolo e da tensão entre os bastidores e entre o bastidor final e o rolo, mas também sob o regime de aceleração da usina. Conseqüentemente, no método convencional de laminagem a frio existe um comprimento apreciável de tira descalibrada em ambas as extremidades da bobina, refletindo a aceleração da usina enquanto que a tira que está sendo enrolada e a sua desaceleração na ponta final da bobina está tendo lugar. Isto é um fenômeno (que se deve à mudanças na espessura do filme de óleo nas chumaceiras do rolo de apoio durante a aceleração) que tem ditado aumentos constantes no peso das bobinas para que o comprimento descalibrado da bobina seja a uma proporção da totalidade da mesma bobina. Conseqüentemente, na nova usina em tandem de 5 bastidores de 2,25 metros, instalada em Hoo-govens, o peso total da bobina atinge as 45 toneladas com um diâmetro superior a 2,5 metros.

Como sucede nas usinas de laminagem de tiras à quente, tem havido uma grande demanda para usinas de laminagem à frio de tipos menores que se possam adequar à operação em instalações de pequena escala. A laminagem à frio de tiras em uma usina só com um único bastidor regressível não apresenta problemas e estas usinas estão tendo grande êxito nas suas operações em muitos países. Sem dúvida se dá uma certa perda de rendimento nas tiras calibradas em ambas as extremidades das bobinas mas com uma boa orientação de trabalho e com a aplicação de controle automático de calibragem esta perda pode ser contida dentro de proporções aceitáveis.

A usina de laminagem de tiras à frio Sendzimir merece referência especial, porque particularmente é bem sucedida em certas circunstâncias. Este desenho é caracterizado pela pequeno diâmetro dos rolos de trabalho montados num sistema sustentador ou de apoio com uma configuração em "molhe", sendo o sistema construído com um elevado grau de precisão. O pequeno rolo de trabalho é particularmente adequado para laminagem à frio de aço inoxidável e de outras qualidades especiais de aço que trabalham em situações com endurecimento, o efeito sendo de oferecer reduções relativamente grandes em calibragem do recurso de cada passe, reduzindo conseqüentemente o número de operações de têmpera. A usina de laminagem à frio Sendzimir ganhou um lugar bem firme entre as maquinarias para laminagem à frio e calibragens finas no caso de chapas de qualidade especial e, particularmente no caso de aços inoxidáveis.

17.4 Usinas para tiras estreitas

Sob este título temos em mente usinas para tiras laminadas à quente a 2 passes até 300 milímetros de largura e usinas para laminagem de tiras a 4 passes, tanto a quente como a frio, até cerca de 600 milímetros de largura. Uma variante do primeiro grupo de usinas tem bastidores verticais que produzem tiras com largura controlada e com rebordes de configuração também controlada. Geralmente, na Inglaterra, se chamam a estas tiras "tiras para tubos". Estas tiras são usadas para a produção de tubos soldados feitos por uma fusão à quente nas acerarias e que corresponde ao proces-

so Fretz-Moon para aplicações domésticas como por exemplo canos para água e para gás, condutos elétricos e para tubulagens para armações de andaimes.

Tiras estreitas produzidas por estas usinas são também laminadas à frio para numerosas aplicações das quais, provavelmente, aquela com uma especificação mais elevada é a tira passo para a manufatura de lâminas de barbear. Tiras para apertamento de caixotes constitui também um outro exemplo de um produto laminado à frio (e rasgado) produzido de uma banda estreita laminada à quente.

Usinas de quatro passes são particularmente adequadas para facilidades de laminagens à quente e à frio no caso de aços de qualidade especial que não sejam produzidos economicamente ou que não seja praticável produzir e vender em usinas de maior dimensões, porque as qualidades metalúrgicas requeridas desorganizariam o fluxo igualado da sua produção. O exemplo especial é o tipo de instalação necessária para a produção de chapa elétrica laminada à frio com orientação granulada. Estas usinas são hoje em dia de tipo de quatro passes e têm um grau avançado de controle automático de calibragem incorporado no desenho para se poder conseguir o rendimento máximo com um produto de primeira qualidade provindo de materiais apenas relativamente dispendiosos.

Estas usinas de tiras estreitas são normalmente alimentadas com placas vindas de acerarias produtoras de tarugos.

CAPÍTULO 18 - LAMINAGENS DE PRODUTOS NÃO-PLANOS

18.1 Usinas estruturais

É muito provável que qualquer usina estrutural pesada construída hoje em dia seja uma usina para vigas universais para laminagem de colunas universais e vigas de flanges paralelas e vigas acaneladas. Os melhores perfis oferecidos por estas configurações em comparação com as configurações de padrões anteriores são vastamente preferidas pelos engenheiros estruturais para muitas aplicações. As mesmas usinas podem, geralmente, serem equipadas com bastidores de laminagem de tipo convencional de 2 passes e podem ser substituídos por bastidores universais fazendo uso das mesmas transmissões. Os bastidores convencionais fazem laminagens nas configurações dos padrões anteriores, porque alguns operadores foram de opinião de que não se podiam comprometer totalmente a uma mudança radical para configurações universais em uma operação. Usinas de vigas universais podem também ser desenhadas para laminas a frio e perfis de folhas para estacaria. Muitas delas são também capazes de laminar produtos planos universais ou pranchas de largura limitada. Por exemplo, uma usina de vigas capaz de laminar uma viga de 600 mm poderia também provavelmente produzir produtos planos de 750 mm de largura. Identicamente, uma usina de vigas desenhadas para laminar uma viga com uma largura de 1000 mm poderia produzir uma largura de 1250 milímetros. Regra geral, é econômico laminar perfis universais até 600 milímetros mas acima desta dimensão é, com freqüência, mais econômico fazer a fabricação com placas devido às quantidades relativamente pequenas que são necessárias em perfis maiores. Usinas para vigas universais estão bem estabelecidas na Europa, (a primeira "Grey" foi construída em Luxemburgo há muitos anos e de harmonia com um desenho britânico e dentro dos últimos 5 ou 6 anos esta usina foi completamente modernizado).. Usinas deste tipo se encontram também em serviço nos EUA, no Japão e na Austrália. Está sendo presentemente construída no México uma outra para perfis até 520 milímetros x 400 milímetros. Uma usina para vigas universais, de dimensão menor, foi construída recentemente em Highveld, na República Sul Africana que pode produzir uma gama que inclui vigas de 450 milímetros por 200 milímetros, colunas de 300 milímetros por 300 milímetros, vigas acaneladas de 350 milímetros por 100 milímetros, cantoneiras de 200 milímetros por 200 milímetros e planos até 550 milímetros de largura. Está também desenhada para produzir perfis de trilhos ferroviários até 60 quilogramas por metro.

Está tendo presentemente um desenvolvimento interessante na construção de acerarias de perfis médios contínuos e de vigas leves para a British Steel Corporation. Esta usina tem 2 bastidores de desbastamento reversível, de dois passes, um trem intermediário, com alguns bastidores capazes de rotação para laminagens

horizontais ou verticais e um trem contínuo para acabamento. A última passagem pode ser feita através de um bastidor universal de laminagem para vigas menores. Produtos típicos desta usina são os planos até os 200 milímetros de largura, as cantoneiras até 250 milímetros por 250 milímetros, as vigas acanaladas até 300 milímetros, barrotes até 200 milímetros x 150 milímetros e vigas até 500 milímetros. Pode também laminar um número de perfis menores como, por exemplo, barrotes arqueados de 90 milímetros x 90 milímetros. A produção anual prevista desta usina é da ordem de 500.000 toneladas por ano, mas já estão sendo discutidas as possibilidades de usinas contínuas para perfis médios com uma produção até 750.000 por ano.

Em usinas para configurações pesadas ou médias, o acabamento é de tão grande importância como a própria usina empregada e é um erro considerar este fato como sendo aquele que permite uma economia em despesa de capital. Existem muitas usinas estruturais espalhadas pelo mundo onde as câmaras de arrefecimento não são adequadas e onde o espaço necessário para o corte, endireitamento, e recebimento de ordens para embarque foi restringido num montante indesejável. Conseqüentemente, as instalações presentemente construídas nas usinas estruturais tomaram em grande consideração o departamento de acabamento. Por exemplo, as modernas câmaras de arrefecimento estão desenhadas para reduzir o montante de distorção causado pelo arrefecimento diferencial a um mínimo que se torne prático. Numa das instalações modernas se faz uso de um dispositivo eletrônico de controle para localizar perfis laminados na bancada de arrefecimento para que possam ser espaçados com maior precisão. Os perfis avançam da câmara de arrefecimento por meio de um sistema de vigas móveis a fim de que os intervalos entre os perfis se mantenham constantes. Desta forma, a perda térmica ao longo de todo o comprimento dos perfis é razoavelmente uniforme e este fato, por sua vez, reduz grandemente a distorção que provém de um arrefecimento desigual. Todavia, este sistema ainda não se encontra aceito pela indústria em geral.

O fato de que é possível adquirir usinas estruturais médias de movimento contínuo capazes de laminarem 500.000 toneladas por ano, não significa, todavia, necessariamente que esta é a solução mais eficiente. Nos casos em que o mercado servido pela usina justifica longas laminagens de determinados perfis, do ponto de vista econômico, nesse caso é possível então que seja uma decisão acertada a laminação contínua ou quase contínua. Nos casos em que a produção de laminagens tem que ser necessariamente curta, o tempo desperdido na mudança de rolos numa usina de bastidores múltiplos pode eliminar no seu todo ou em parte, as vantagens que se adquirem pela laminagem contínua. A usina poderá vir e provavelmente é, desenhada de forma a permitir que existam bastidores duplicados dentro dos quais os rolos para o programa seguinte possam ser instalados; desta forma o tempo necessário de paragem para mudança de rolos será, evidentemente, grandemente reduzido. Por outro lado, se torna óbvio que o custo capital, por virtude de uma duplicação de bastidores, com mudança de bastidor automática ou não, é substancialmente maior. A realidade é que qualquer usina estrutural é desenhada como constituindo uma solução para um determinado conjunto de condições. Existem situações em que uma usina desdobrada, seguida por dois ou três bastidores de reversão e de dois passes instalados em trem pode bem constituir a melhor solução. Outras situações existem em que uma usina desdobrada com bastidores não reversíveis e de três passes com mesas vasculhantes pode constituir a melhor resposta; e existem, ainda, situações em que uma usina contínua ou semi-contínua será aquela que produzirá melhores fatores

econômicos. Ao ser contemplada a construção de uma usina nova deste tipo, é sempre prudente obter soluções propostas de um ou duas companhias especializadas na construção de moinhos de laminagem.

18.2 Usinas de trilhos

Se não têm dado mudanças dramáticas ou melhoramentos em usinas de trilhos durante os últimos anos se não por outro motivo, pela simples razão de que a demanda para trilhos tem vindo a diminuir constantemente devido ao papel de menor importância ocupado pelos serviços ferroviários nos sistemas de transporte nos países em desenvolvimento. Por outro lado, maior aumento na velocidade dos trens exige trilhos com perfis mais pesados.

Se deve fazer referência ao sistema inventado e patenteado pela companhia siderúrgica francesa Wendel et Cie. Neste sistema, os trilhos são laminados numa usina de vigas universais. Se afirma que a relativamente grande a proporção de trabalho mecânico feito no topo do trilho produz propriedades físicas de grande qualidade. Primeiramente se produz um molde num bastidor de desbastamento estrutural. A configuração deste molde é semelhante a configuração convencional de um trilho mas tem um topo com uma proporção excessiva. Este trilho passa depois através de uma usina universal de desbaste. Durante a operação de desbastamento, o topo do trilho é reduzido para a proporção desejada e a grande redução nesta parte do perfil constitui a base da Wendel afirmar que o seu trilho tem um tópo com excelentes propriedades. Os rolos horizontais trabalham o topo do trilho, a parte inferior do tubo e a parte lateral das flanges, enquanto um rolo vertical com rolos de faces paralelas trabalha a parte inferior da flange. O outro rolo vertical tem uma face curta e trabalha o topo do trilho.

Uma novidade do processo é a necessidade de fazer duas passagens horizontais, os rolos rebordantes horizontais trabalhando sobre ambos os lados do topo e o rebordo da flange. Normalmente este processo necessitaria de dois bastidores rebordantes, um de cada lado da usina de desbastamento universal, mas estamos convencidos de que a instalação de Wendel tem uma usina rebordando horizontal com dois jogos de caneluras de passagem que são deslizadas lateralmente entre os passes. O trilho é finalmente acabado num bastidor universal sem passagens rebordantes.

Como a experiência neste processo é ainda limitada, é difícil afirmar até que ponto este sistema de laminagem de trilhos irá ter aceitação. A Iscor, na República Sul Africana, negociou uma licença para operar a patente de Wendel mas ainda não pôs o sistema em operação. Na instalação Highveld, também na República Sul Africana e já anteriormente mencionada, os trilhos estão sendo laminados pelo processo de cinco passagens numa usina de desbastamento estrutural a que se seguem três passagens numa usina combinada de acabamento e equipada com rolos estruturais de 2 passes. Esta maneira é para produzir um trilho absolutamente aceitável e parece ser um método mais simples do que aquele usado no processo Wendel.

Há necessidade de ter em mente que laminagem de trilhos numa usina que se destina a perfis universais necessita determinadas provisões especiais no departamento de acabamento. As bancadas de arrefecimento tem que ser suficientemente largas para aceitarem os comprimentos de trilhos requeridos pelos serviços ferroviários a que sejam vendidos e na Europa estes comprimentos têm crescido consideravelmente.

Acresce ainda, que os serviços ferroviários necessitam de trilhos em comprimentos muito exatos, e, conseqüentemente, a que tomar as medidas necessárias para que o "produto acabado" cumpra as especificações exigidas e este fato pode envolver perfuração no caso de empresas ferroviárias que ainda façam usos de talas de trilhos; pode também ser necessária uma instalação especial para tratamento térmico. Portanto, no seu conjunto, é melhor separar a laminagem de trilhos da laminagem de outros perfis estruturais, exceto quando as quantidades requeridas não justifiquem uma usina ocupada principalmente na construção de trilhos ferroviários.

18.3 Usinas para produtos de mercantilização

Sob esta descrição, nos referimos especialmente à usinas para barras, e/ou a usinas para a produção daquilo que com freqüência se denomina "produtos de mercantilização". Estes produtos são constituídos de barras que podem ser redondas, hexagonais, quadradas ou com outros perfis transversais de linhas regulares, e bem assim planas, pequenos perfis, e barras de reforçamento de várias espécies. Uma facilidade para produção elevada desta natureza seria hoje na forma de uma usina absolutamente contínua e a sua capacidade maior de 500.000 toneladas por ano dependendo da mistura do produto. Usina deste tipo e com esta capacidade têm sido evoluídas consideravelmente nos anos mais recentes. Bastidores mais rijos e melhores chumaceiras dão ao produto uma precisão dimensional maior, as velocidades de laminagem têm aumentado e têm sido desenhados vários dispositivos para reduzir o tempo necessário para mudar o rolo ou para mudar automaticamente todos os bastidores. Uma usina deste tipo terá uma configuração alternativa de bastidor vertical ou horizontal pelo menos nos bastidores de debastamento, provavelmente disposta para mudança de rolo pelo princípio de cartucho, um método pelo qual os conjuntos completos de rolos podem ser montados dentro do trem da usina.

Em outras configurações, poderão existir bastidores de mudança automática. Neste sistema, rolos sobressalentes se encontram situados ao longo da usina. Enquanto uma secção está sendo laminada, os rolos e guias estão sendo montados nos bastidores sobressalentes para a próxima secção a ser laminada. Quando tem lugar a mudança, os novos bastidores são colocados em plataformas transversais para substituir os bastidores que se encontram na linha da usina. Toda a operação é inteiramente automática e leva apenas uns cinco minutos a realizar. O período de paragem entre a laminagem da última barra do lote anterior e da primeira barra do lote seguinte, pode ter apenas de 15 a 20 minutos. Esta economia no período necessário para a mudança faz com que se possa aumentar em muito a produção em comparação com usinas de laminagem sem facilidade para mudanças automáticas do bastidor. Todavia, as econômicas do processo têm que tomar em consideração o apreciável custo capital que é necessário para a compra do equipamento; em qualquer circunstância, os cálculos têm que ser feitos para tomar em consideração a vida efetiva das ranhuras dos rolos e o período previsto em média para a produção de determinados perfis.

Camas de arrefecimento para comprimentos direitos não têm alterado grandemente em anos recentes, e a maioria das usinas de grande rendimento têm agora equipamento automático para a manipulação das barras, equipamento que permite que as barras sejam contadas automaticamente e anarradas em fardos com arame. Geralmente, nos dias presentes, os fabricantes de rebites, de porcas e de parafusos encomendam barras em forma bobinada e uma usina moderna estaria provavelmente equipada para bobinar barras até 25 milímetros de diâmetro.

Os parágrafos acima dizem respeito às usinas de produtos de mercantilização com uma capacidade de cerca de 500.000 toneladas por ano, mas existem, evidentemente, boas usinas para produtos de mercantilização operando em muitas partes do mundo e que têm uma capacidade anual às voltas das 100.000 toneladas.

As tendências dos países desenvolvidos e em nações como a Austrália, onde o mercado se encontra relativamente concentrado, é a de instalar usinas de maior capacidade. A solução certa dependerá sempre das circunstâncias de determinado caso e é impossível fazer uma generalização. As características do mercado são, normalmente, o fator determinante.

18.4 Usinas de fio máquina

Este produto pertence a um campo especializado da tecnologia de usinas de laminagem, cujo desenvolvimento tem levado muitos anos a realizar. Hoje em dia a velocidade linear de entrega de fio máquina de 5.5 milímetros numa usina moderna pode ser de entre 50 a 60 metros por segundo. Experimentalmente, já se obtiveram velocidades de 80 metros por segundo. Óbvio se torna portanto que o desenho de uma usina e os meios de controlar a sua produção já atingiram uma alta categoria de engenharia sofisticada. Existem, possivelmente, apenas três ou quatro companhias no mundo especializadas hoje em dia neste campo e nenhuma empresa que esteja contemplando entrar na produção em grande escala de fios máquina deve proceder com os seus planos sem consultar, pelo menos, duas das firmas já existentes.

A existência atual de velocidades de acabamento mais elevadas (e, conseqüentemente, maior produção) aliada à maior precisão, foram obtidas através do desenvolvimento do bloco de acabamento, "sem torcimento", no qual as últimas dez ou mais reduções são obtidas por pares de rolos montados em ângulos retos entre si (ou trios de rolos a 120° em uma das versões existentes) com a relação de velocidade entre eles controlada. A maquinaria nestes blocos é construída dentro de limites de grande precisão e os rolos de uma canelura são usualmente fabricados com tungstênio ou carbureto. Semelhantemente, nos primeiros bastidores de redução se faz uso de um controle de velocidade de grande eficiência e sofisticação.

Acresce também que os estiradores de fio, os principais clientes de fios máquina, têm demandado maior consistência nas propriedades físicas de certas qualidades do fio de aço ou carbono. Isto levou à instituição do sistema "Stelmor" para controlar o arrefecimento, evoluído conjuntamente pela Steel Company of Canada e pela Morgan Construction Company. Este sistema de arrefecimento de vergalhões foi originalmente desenvolvido para substituir "patenteamentos" subsequentes. Todavia, enquanto era possível laminar vergalhões numa usina de acabamento convencional à velocidades superiores a 30 metros por segundo, se verificou que era impossível a estas velocidades fazer uma bobinagem. Era obtido um efeito de "encanstramento" numa bobina que não podia ser desbobinada nos processos subsequentes de estiramento do arame. A aplicação do processo Stelmor na solução deste problema permitiu enrolamentos ou convoluções do vergalhão numa mesa móvel, com provisionamento para ser soprado mais ar de arrefecimento nos rebordos onde a concentração de aço é maior.

As camadas são subseqüentemente colocadas juntas para se constituírem bobinas bem ordenadas. Se verificou subseqüentemente que a velocidade à volta de 35 metros por segundo se davam deficiências das guias de torcimento na usina de acabamento, e por este motivo, houve que produzir um conceito de "não-torcimento". A combinação do acabamento de "não-torcimento" e do processo de arrefecimento Stelmor permitiram que se obtenham agora velocidades de 60 metros por segundo.

Deve ser feita referência também a dois outros desenvolvimentos significativos. Primeiro é a demanda da parte dos estiradores de fio máquina para bobinas mais pesadas de vergalhões (que melhoram a economia do estiramento). Evidentemente, este fato, exige tarugos mais pesados na entrada da usina de vergalhões, do que resulta que vergalhões de 5,5 milímetros (o diâmetro menor que é vendido comercialmente) que costumavam ser laminados de tarugos tão pequenos como 48 milímetros quadrados, são hoje mais comumente laminados de tarugos de 80 a 90 milímetros. Este fato exige mais bastidores de laminagem na usina de tarugos. Em segundo lugar, enquanto que os tarugos costumavam ter 9 metros em comprimento as fornalhas de reaquecimento são agora desenhadas para 12 metros. Sem dúvida, as últimas e mais modernas tendências são para o uso de tarugos de 115 milímetros quadrados e 15 metros de comprimento. Terá de ser apreciado que quanto mais pesado é o tarugo tanto mais rápida tem que ser a velocidade de entrega à extremidade de acabamento; do contrário a velocidade de saída do tarugo da fornalha de reaquecimento se torna demasiada lenta e os rolos nos primeiros bastidores de desbastamento na usina ficariam avariados. Conseqüentemente um tarugo de 115 mm demanda uma velocidade de entrega de vergalhão acabado até 60 metros por segundo.

CAPÍTULO 19 - FABRICAÇÃO DE CANALIZAÇÕES E DE TUBAGEM

19.1 Tendências na produção de canalizações e de tubagem

Em recentes anos tem havido uma aceitação cada vez maior de uso de canalizações e de tubagens soldadas. Esta aceitação tem sido fortemente influenciada pelo desenvolvimento de especificações e métodos experimentais que permitem o uso destas tubagens para a transmissão de gases e fluidos à alta pressão, como membros integrantes de uma estrutura.

As descobertas de óleo e de gás natural em muitas partes do mundo levaram a uma demanda de tubagens de grande diâmetro, necessárias para a transmissão de vastas quantidades de óleo e de gás a grandes distâncias. Estas necessidades têm sido satisfeitas com o uso de tubagens de aço de alta tensilidade soldadas, porque a produção de tubagens sem costura em tais dimensões seria um processo imensamente custoso.

Em uma economia em desenvolvimento a produção de tubagens soldadas para uso geral oferece vantagens positivas sobre a tubagem sem costura. No primeiro caso, a instalação em menores dimensões, produzindo entre 2.000 a 20.000 toneladas por ano, enquanto que uma instalação para a produção de tubagem sem costura, de dimensões econômicas, produziria, pelo menos, 100.000 toneladas por ano. É portanto possível instalar uma série de instalações para a produção soldada que acompanhem a demanda sempre crescente de tubagens e desta forma assegurar que não exista uma situação de capacidade excedente com as perdas financeiras que tal excesso de produção acarretará.

É considerado que no futuro continuará a existir uma proporção vasta e sempre crescente de tubagens soldadas produzidas por aqueles países que estão desenvolvendo os seus campos de gás natural e de óleo, e usando tubagens de aço como membros estruturais nas suas obras de construção ligeira e média. Novos processos como, por exemplo o processo de extrusão e a metalurgia em pó se não espera que influenciem esta tendência porque ficaram confinados à produção de tubagens de dimensões mais reduzidas altamente especializadas em aços especiais e à configurações complexas ou à propriedades especializadas.

Antes de considerarmos os métodos de manufatura, em seu pormenor, é de grande interesse olhar para as proporções relativas de tubagens soldadas e sem costura

que são manufaturadas. Tanto no Japão como nos EUA a proporção de tubagens soldadas subiu a um pico nos meados do quartel de 1960 e subseqüentemente teve uma descida. Em 1970, 75 por cento da produção japonesa e 60 por cento da produção dos EUA era de tubagem soldada.

Na URSS e nos países da Comunidade Económica Europeia tem havido um aumento constante na produção de tubagem soldada que subiu de aproximadamente 40 por cento em 1960 para 60 por cento em 1970. Estas tendências são consideradas como refletindo até certo ponto a expansão na utilização de tubagens para gás natural nesses países.

Processos existentes para a fabricação de tubagens

Dentro da tecnologia comercial existente há uma multitude de processos à disposição daqueles que se dedicam à produção de tubagens, tanto soldadas como sem costura como se mostra nas Figuras 19.1 e 19.2 que se relacionam também com os processos de manufatura em relação ao produto a que esta se destina.

Tubagens soldadas podem ser produzidas por soldagem longitudinal ou espiral e tubagens sem costura podem ser produzidas em usinas com duas ou três laminadores. Dentro de cada uma dessas classificações generalizadas existe uma multitude de processos que diferem em seu pormenor até à produção do produto final. Seguindo o processo básico de fabricação de canalizações como margem existe um número de processos de acabamento cuja escolha, mais uma vez, depende grandemente do propósito a que o cano ou o tubo se destinam.. Embora cada processo não seja considerado em pormenor damos seguidamente os princípios gerais dos principais tipos de processos.

19.2 Tubagens soldadas

Usinas para tubagens soldadas em espiral

Usinas para tubagens em espiral estão operando para a produção de tubagens de grande diâmetro com regimes muito elevados de diâmetro em relação à espessura da sua parede. As tubagens podem ser produzidas a partir de cerca de 300 mm e até 2500 mm em diâmetro, e cada usina de tubo espiral é capaz de fabricar uma vasta gama de dimensões; todavia, para tubagens de diâmetro inferior a 600 mm o processo de soldagem contínuo longitudinal pode oferecer maiores vantagens económicas.

O produto para a fabricação de tubagem soldada em espiral é a bobina laminada a quente, que têm os rebordos preparados para a soldagem. A bobina é formada num hélix, cujo ângulo e largura de tira definem o diâmetro do tubo quando acabado. Uma vez feita a configuração do tubo, a tira é soldada tanto pela parte interior como pela parte exterior usando soldagem de arco submerso. Depois da soldagem o tubo é cortado para a medida requerida fazendo uso de uma máquina portátil à acetileno.

Usinas para fabricação de tubagens soldadas longitudinalmente

Este processo difere basicamente da usina para produção de tubos em espiral porque a tira é formada progressivamente em uma configuração tubular através de uma série de laminadores. Os diâmetros finais mais geralmente produzidos nestes ti-

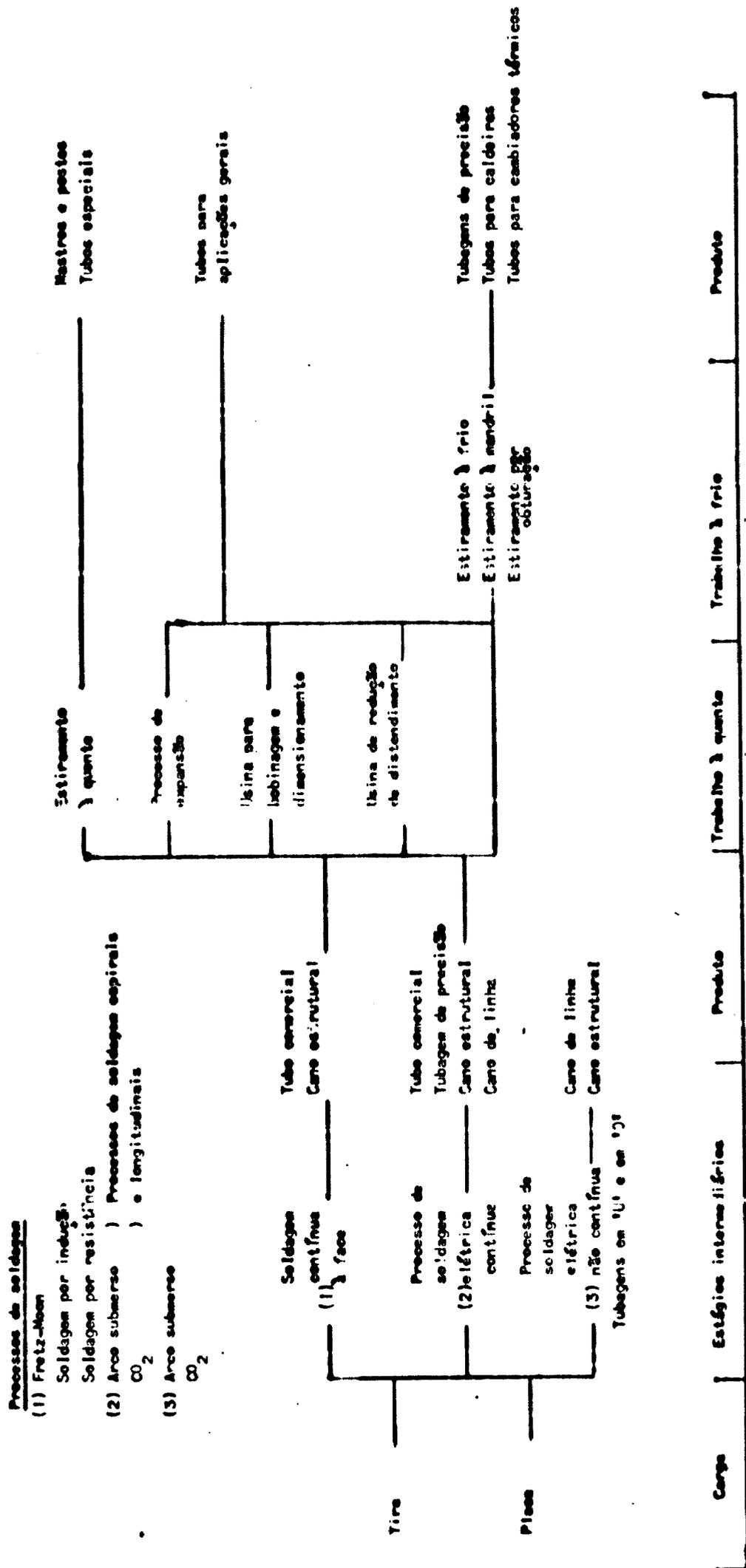


Figura 19.8 - Vias do processo para manufatura de tubos soldados

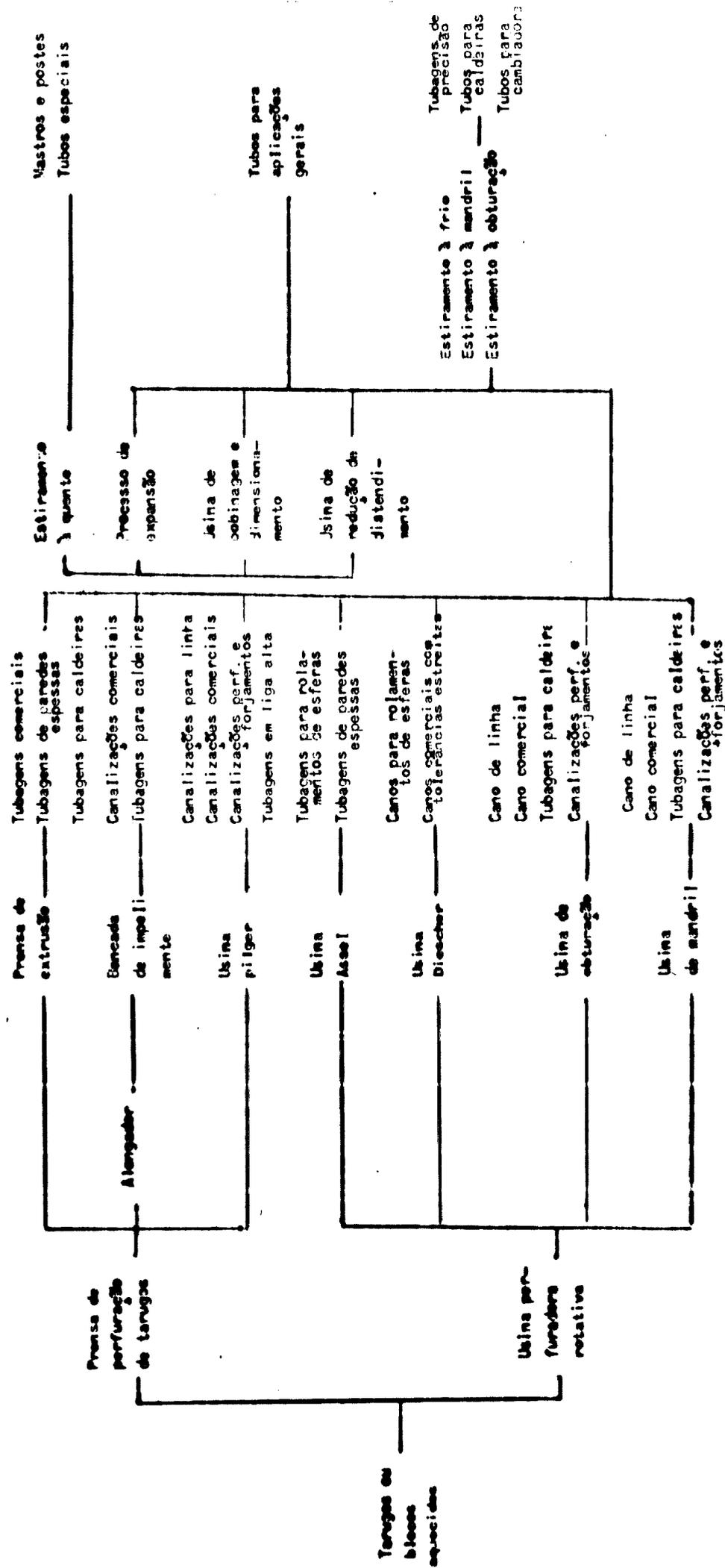


Figura 19.2 - Vias de processo para a manufatura de tubos sem costura

Carga	Estágios preliminares	Estágio acabado	Produto	Trabalho a quente	Trabalho a frio	Produto
Tubos em blocos aquecidos	Prensa de perfuração de tubos	Alargador	Tubagens comerciais Tubagens de paredes espessas	Processo de expansão	Estiramento a quente	Mastros e postes Tubos especiais
	Usina perfuradora rotativa	Bancada de impenetrabilidade	Tubagens para caldeiras Canalizações comerciais Canalizações perf. e forjamentos	Usina de bobinagem e dimensionamento	Estiramento a quente	Tubos para aplicações gerais
		Usina pilger	Canalizações para linha Canalizações comerciais Canalizações perf. e forjamentos	Usina de redução de diâmetro	Estiramento a quente	Tubos para aplicações gerais
		Usina	Tubagens em liga alta		Estiramento a quente	
		Usina Diesel	Tubagens para rolamentos de esferas Tubagens de paredes espessas		Estiramento a quente	
		Usina Diecker	Canoes para rolamentos de esferas Canoes comerciais com tolerâncias estreitas		Estiramento a quente	
		Usina de obturação	Cano de linha Cano comercial Tubagens para caldeiras		Estiramento a quente	
		Usina de mandril	Cano de linha Cano comercial Tubagens para caldeiras Canalizações perf. e forjamentos		Estiramento a quente	
					Estiramento a frio	Tubagens de precisão Tubos para caldeiras Tubos para cambrados

pos de usinas são entre 12,5 e 100 mm. Existe um número de processos diferentes de soldagem que podem ser utilizadas para a produção de tubagens. Um dos métodos mais antigos, e ainda largamente empregado, é o processo Fretz-Moon em que os rebordos de uma tira estreita de qualidade rebordante são aquecidos para temperaturas de soldagem numa fornalha tipo de tunel longo. As tiras são formadas depois com a configuração de um tubo antes de se proceder a soldagem. Durante a fase de soldagem os rebordos das tiras são passados com ar comprimido para limpar os rebordos da superfície antes de ter lugar a configuração final e a soldagem. As tiras passam depois através de um cavalete de soldagem entrando para um bastidor de soldagem onde as pontas são soldadas face a face, sobre pressão.

Alternativamente, a fonte térmica para soldadura pode ser aquecimento por indução. Neste processo uma retorta elétrica cerca o tubo antes da tira ser formada na sua configuração final de tubo. A corrente de alta-freqüência aquece localmente os rebordos da tira que são seguidamente postos em contato sob pressão por um par de rolos e forjados conjuntamente. O aquecimento na zona de soldagem pode ser aplicado, alternativamente, por uma resistência de aquecimentos antes da configuração final do tubo. Estas usinas são capazes de produzir tubos à razão de 50 a 375 metros por minuto. A fim de tornar o processo absolutamente contínuo são ligadas umas às outras várias bobinas usando um soldador de tiras à face e um dispositivo de circunvalação.

Tubagens de diâmetro maior podem ser produzidas por um processo não-contínuo de enrolamento em 'U' ou 'O'. Neste método os comprimentos das pranchas são formados progressivamente com a configuração do tubo por tarrachas numa prensa longa que tem pelo menos uma capacidade de 20.000 kN. Antes de se proceder à pressão se faz a preparação para a soldagem do rebordo correto com uma máquina de planificar o rebordo. Depois de preparado o rebordo, os rebordos são ligeiramente dobrados para assegurar que a configuração final do tubo seja absolutamente circular. Depois deste processo, a prancha é formada com a configuração da letra 'U' entre um par de tarrachas. As tarrachas percorrem todo o comprimento da prancha. Depois de ser feita a configuração em 'U' a prancha semi-formada é transferida para outra prensa que tem duas tarrachas semi-circulares. A capacidade requerida da prensa para esta operação pode bem ser de 200.000 kN ou superior. A configuração final do tubo é praticamente um círculo fechado que é seguidamente soldado. A soldagem pode ser feita por um número de métodos, destes o mais comum sendo o de arco submerso. Durante a soldagem o tubo é mantido numa configuração completamente circular por uma série de chumaceiras de rolo à parte externa do tubo. Normalmente as soldagens interna e externa são feitas separadamente. Para fazer a soldagem interna, a cabeça de soldagem é montada num braço arqueado comprimido e o tubo é levado à parte superior da cabeça de soldagem.

19.3 Tubagem sem costura

O primeiro estágio na produção de tubos sem costura é a perfuração do tarugo ou do bloco aquecidos. Este processo se pode fazer de muitas maneiras mas os processos abaixo descritos para fabricação de tubos sem costura são comuns a todos.

A carga pode ser de tarugos fundidos ou de lingotes laminados, por alimentação contínua. Primeiramente são aquecidos para uma temperatura pré-determinada

para laminagem antes de serem perfurados.

Quando quente, o tarugo (ou bloco) pode ser perfurado por laminagem passando numa verruma por forma que a perfuração se faça ao mesmo momento que se dê uma rotação simultânea. O perfurador rotativo pode ser de um desenho para dois ou três rolos. Cada um tem rolos de configuração de tambor inclinado com uma verruma cônica localizada entre os rolos. A medida que os rolos revolvem o tarugo avança sobre a verruma e se forma assim um bloco ôco. Embora a precisão das dimensões do bloco não sejam críticas, a concentricidade do orifício perfurado é de importância porque dela depende a concentricidade final do tubo.

Alternativamente, se o tubo for produzido por extrusão ou por um alongador ou usina perfurante, o tarugo ou bloco aquecidos podem ser perfurados usando um pilão hidráulico para perfurar a carga que é constringida pela tarracha cilíndrica para limitar o efeito borbulante que, de contrário, teria lugar.

Depois de feita a perfuração do tubo parcialmente formado esse tubo pode ser subsequentemente processado por uma variedade de métodos. A escolha do processo depende, em grande parte, do uso final a que o tubo se destina como se mostra na Figura 19.1. Entretanto, os processos alternativos podem ser, em termos gerais, classificados entre duas e três usinas de laminagem.

As usinas Diescher de mandril, de verruma e de endelidores e de banco impulsor usam duas configurações de rolos enquanto que a usina Assel e os seus derivativos fazem uso de um sistema com três rolos. O número de bastidores, a inclinação dos rolos e o tipo de mandril ou de verruma diferem consoante cada processo. Por exemplo, a usina de mandril tem entre oito a doze bastidores de dois passes e o bloco perfurado recebe o mandril dentro da perfuração para controlar o seu diâmetro interno. O mandril atravessa a usina e é extraído depois do tubo se encontrar formado. A usina de verruma faz uso de um único bastidor de dois passes com rolos canelados. A verruma é mantida estacionária entre a abertura do rolo, e, geralmente, o tubo é passado duas vezes através de uma única abertura, com o tubo rodando 90° durante as passagens. A usina de emplidores usa também rolos configurados que reduzem, estendem e dimensionam o tubo sobre o mandril móvel. O tubo é rodado continuamente a medida que passa através da usina. A usina Diescher é usada para a produção de tubos de tolerâncias muito precisas; os rolos principais são suplementados por dois rolos de discos dimensionantes de grande dimensão de faces ocas que se comprimem contra o tubo a ser formado. Os rolos de discos formam um passe por assim dizer quase fechado, produzindo tolerâncias excelentes tanto externas como em espessura. A bancada impulsora é de operação semelhante à da usina de mandril exceto no fato de que o tarugo ou o bloco ocas estão fechados numa das extremidades e o mandril interno empurra a carga através de uma série de rolos de disco.

A usina de Assel de três rolos reduz o diâmetro e a espessura da parede da carga perfurada por laminação para um mandril. A espessura da parede do tubo produzido corresponde muito de perto àquela do produto acabado e com seleção do diâmetro de mandril e ajustamento radial dos três rolos de alongamento, se pode produzir com grande precisão, qualquer espessura e qualquer diâmetro.

19.4 Outros desenvolvimentos em produção de tubos

Extrusão

Extrusão tem sido usada desde os meados do século dezenove para a produção de tubos não-ferruginosos. Os problemas de um desgaste muito elevado das tarrachas devidos a lubrificantes inadequados não foram resolvidos enquanto não se deu o advento de lubrificantes de grafita. Desde então para cá se tornou viável a extrusão em produtos de alto valor como por exemplo aços de ligas altas e inoxidáveis mas o processo continua a sofrer o fato de ter uma produção baixa em comparação com outras usinas para tubos.

A introdução do processo Ugine-Sejournet de lubrificação a vidro da peça a ser trabalhada tornou possível considerar produção em grande escala de tubagens extruídas. O processo, normalmente, faz uso de tarugos perfurados aquecidos que são metidos na prensa de extrusão conjuntamente com o vidro. Durante a extrusão o vidro em contato com a tarracha é por assim dizer sólido enquanto que o tarugo é viscoso. Durante a extrusão, se dá a maior parte do esforço de cisalhamento no vidro e não na superfície do tarugo, ao contrário do que sucede com extrusão lubrificada.

Desde há mais ou menos dois anos que se encontra funcionando uma instalação nova em Tubacox, Llodio, na Espanha, onde blocos fundidos por processo contínuo com 180 mm quadrados são perfurados e extruídos em tubagens e canalizações que vão de 25 a 250 mm de diâmetro, presentemente a um regime de 5.000 toneladas por mês; todavia, com capacidade térmica adicional esta produção poderia ser elevada para entre 8.000 e 10.000 por mês. Uma segunda instalação, ainda maior, foi instalada no Japão pela Kobe Steel em Nadahama para uma gama com diâmetros externos de entre 25 a 300 mm.

Este processo tem tido até a data particular aplicação na produção de tubos de aço inoxidável e de liga alta numa gama de dimensões de entre 50 a 150 mm de diâmetro, com uma relação entre diâmetro e espessura até 30:1. Tubagens com diâmetro maior, até 250 mm, podem ser produzidas por extrusão, mas quando se atingem tais dimensões o processo se torna menos atraente porque o desgaste da ferramenta é elevado e excessivamente alto o número de tubos defeituosos.

Os desenvolvimentos recentes acima referidos permitem custos competitivos para aço com carbono e permitem uma vasta gama de dimensão de produto produzido por uma única operação, enquanto que outros tipos de equipamento restringem a gama de produto de uma única unidade. Dado que o processo permite a produção de tubagem com paredes leves e pesadas, o produto pode ser usado para uma vasta gama de aplicações como, por exemplo, tubagens alimentadoras, tubagens de perfuração, tubagens para petroquímicos para maquinarias e para várias outras aplicações industriais.

Tais extrusões podem ser também usadas para a produção de configurações especiais que não podem ser produzidas em usinas laminadoras.

Extrusão hidrostática tem sido recentemente a matéria de muita investigação e trabalho de desenvolvimento. O uso de pressão hidrostática em processos de

extrusão produz tensões triaxiais compressivas, enquanto que com a extrusão convencional os componentes estão sujeitos a esforços tensíveis biaxiais. A extrusão hidrostática, portanto, elimina a possibilidade de que defeitos normais na superfície se tornem maiores durante o processo de extrusão.

Este processo se encontra ainda em primeiras fases do seu desenvolvimento mas parece assegurado que no futuro os problemas existentes serão vencidos tornando este o processo aquele que será o comum para a produção de configurações completas em aços de ligas altas.

Outros processos

Se estão desenvolvendo outros processos para a produção de tubos e produtos tubulares, como por exemplo, processos metalúrgicos de pó. Neste processo, o tubo é formado de pó de aço, compactado e, seguidamente, concrecionado. Este processo é correntemente usado para a formação de produtos especiais como, por exemplo, filtros e partes retentoras de lubrificantes e tem sido aplicado para tubos até 50 mm de diâmetro. Se considera que, embora se trate de uma técnica importante e que se está desenvolvendo rapidamente, é mais natural que venha a obter os seus próprios mercados de preferência a constituir um substituto para qualquer dos processos já existentes para a produção volumosa.

Têm sido feitas tentativas para produzir blocos ocos de fundição contínua. Isto evidentemente reduziria o custo total do capital e os custos de operação porque eliminaria as operações iniciais de perfuração da manufatura de tubagem sem costura. Todavia, os problemas metalúrgicos e mecânicos de tal processo ainda têm de ser vencidos e, provavelmente, levará ainda bastante anos antes de que esta técnica seja suficientemente desenvolvida para poder ser aplicada em regime volumoso.

19.5 Processos de acabamento

Os métodos básicos para a manufatura de tubagens, acima descritos, produzem tubagens que são adequados para certas fabricações específicas, como se descreve na Figura 19.1 e 19.2. Todavia, devido à limitação da gama de mencionamentos que cada uma das usinas pode produzir, as tubagens têm de ser posteriormente processadas para modificar as suas dimensões finais ou para possuírem determinadas propriedades específicas na superfície. Uma usina para tubagens sem costura é, com frequência, instalada para produzir uma gama muito limitada de dimensões, e a gama de mencionamento pode ser aumentada ainda mais usando um dos processos seguintes.

Redução de distendimento

Uma vez formado o tubo sem costura ele é reaquecido e seguidamente passado por uma usina redutora de distendimento, que é semelhante em construção à usina de mandril. Geralmente é constituída por doze bastidores de dois passes com bastidores adjacentes colocados em intervalos de 90° entre si. Cada bastidor tem o seu motor individual de velocidade variável. Os bastidores individuais são acionados a velocidades que aumentam progressivamente ao longo da linha a partir do bastidor de entrada. Portando laminando sobre a tensão produzida pelo aumento na velocidade dos rolos, este fato diminui tanto o diâmetro como a espessura da parede sem haver

necessidade de usar o mandril.

Usinas de enrolamento em carretel e de dimensionamento

A usina de enrolamento em carretel faz uma retificação das superfícies interiores e exteriores do tubo e um dimensionamento preciso do mesmo. A operação da usina é semelhante a do processo de perfuração rotativa exceto em que se faz uso de rolos cilíndricos até 1 metro de diâmetro. Os rolos se encontram inclinados a um ligeiro ângulo em relação ao eixo do tubo e o enrolamento tem lugar sobre o mandril cilíndrico com a configuração de um torpedo. A abertura do rolo é regulada a um ponto ligeiramente inferior àquele do diâmetro do mandril e os rolos são engrenados conjuntamente e rodam à uma velocidade de superfície de aproximadamente 5 metros por segundo.

Se, em seguida ao processo de enrolamento for necessário fazer o dimensionamento do tubo este é feito com o uso de dois ou três bastidores de dois rolos. A laminagem poderá ser feita tanto a quente como a frio e assegurará dimensionamento uniforme e uma cilíndricidade ao longo de todo o comprimento do tubo ao mesmo tempo que reduz ligeiramente o diâmetro do tubo.

Expansão

Expansão de pressão tem sido usado há um certo tempo para corrigir tanto a configuração como o dimensionamento de tubos. Neste processo ambas as extremidades do tubo estão seladas e o tubo é cheio com um fluido, verbalmente água, que é submetida à pressão. O tubo é depois configurado livremente para o feito e dimensão corretos.

A expansão de tubos sem costura fazendo uso de uma verruma num êmbolo hidráulico é um processo comparativamente nova que é usado para aumentar o volume de resistência do tubo formado. Uma extremidade do tubo é paquinada antes de ser aplicada à verruma. A verruma de expansão é depois forçada através do tubo por meio de um êmbolo hidráulico de alta pressão. As verrumas de expansão são, regra geral, do mesmo diâmetro exterior do tubo, e o tubo é, portanto, expandido por aproximadamente a mesma medida daquela que tem a espessura da parede.

Estiramento à quente e à frio

Estes dois processos são considerados conjuntamente como princípios básicos e são semelhantes exceto no quanto diz respeito à temperatura de operação. Antes de ser feito o estiramento a extremidade do tubo é afilada para permitir que passa através da tarracha ou dos rolos. O processo de bancada de estiramento é constituído por um quadro pesado com uma tarracha montada à sua parte superior. O tubo afilado é metido na tarracha e a extremidade reduzida bem firmada por garras. O tubo é estirado através da tarracha por uma corrente de elos de sem fim. O diâmetro interno do tubo é controlado por um mandril fixo. O efeito deste processo é de redução tanto do diâmetro como da espessura do tubo.

Redução a frio

A laminação de redução a frio de tubos é normalmente usada quando é necessária uma redução elevada do diâmetro de tubos cujo diâmetro é pequeno. O pro-

cesso obtém uma redução simultânea do diâmetro do tubo e da espessura da parede por uma ação de cunhamento a frio. O processo é feito sobre compressão mais do que sob tensão no processo convencional de estiramento e, conseqüentemente, a resistência tensil não constitui uma limitação sob o montante de redução que possa ser obtida.

As tarrachas rotativas usadas no processo são discos com uma configuração complexa, com ranhuras emparelhadas semi-circulares moquinadas dentro das suas faces curvadas. Em operação, uma tarracha se encontra localizada acima da outra o fim de que o emparelhamento semi-circular das ranhuras forme um passe circular. As tarrachas são engrenadas entre si para que façam uma rotação circular convergente que é traçada pelas ranhuras da tarracha. Quando um tubo se mantém estacionado na linha central de um passe, o curso convergido das ranhuras da tarracha reduzem no seu diâmetro. O mandril estacionado de cabeça cônica é mantido na linha central do passe que controla o diâmetro interno. O tubo é progressivamente reduzido e alimentado aos rolos de trabalho durante o curso intermediário.

19.6 Experiência de tubagens

Depois do dimensionamento final do tubo este é inspecionado individualmente para verificar se existem defeitos na superfície ou pequenas falhas antes de ser sujeito à experiências hidráulicas se tais experiências forem julgadas necessárias. Experiências hidráulicas são usadas quando o tubo se destina a trabalhos sob alta pressão. Ambas as extremidades são bloqueadas e o tubo é cheio com água a qual se aplica uma pressão hidráulica. A pressão aplicada pode ser tão baixa como 30 kg/cm² até 1050 kg/cm², dependendo do tipo do tubo, da sua dimensão, e do serviço a que este tubo se destina. As máquinas de experiência são altamente automatizadas e cupuzes de experimentar cerca de 20 tubos por hora.

19.7 Camadas de proteção

Galvanização

O processo de galvanização por banho a quente é muito usado para aplicação de camadas de zinco à tubagens de aço de pequeno diâmetro para proteção contra a corrosão. Antes de serem metidos no banho a quente, os tubos são muito bem limpos para serem removidos todos os óleos ou graxas existentes. Seguidamente é dissolvido num ácido mineral diluído e quente para remover ferrugem e escamas e, seguidamente, é lavado. A superfície é depois sujeita à embebição numa solução quente de amônio clorídrico de zinco levando o tubo até a temperatura do banho. Seguidamente é metido no banho de zinco que se mantém a uma temperatura de 550°C. O tubo é removido vagarosamente numa posição inclinada para permitir que escorra o zinco excedente. Se aplica depois mais tratamento de superfície para se preservar o brilho da camada metálica de revestimento da superfície.

Têm existido desenvolvimentos neste processo para o acelerar fazendo com que passe a ser um processo contínuo. Os tubos são metidos continuamente no banho e retirados usando uma série de rolos canelados em espiral e inclinados. Este desenvolvimento pode trabalhar tubos entre 12,5 e 50 mm de diâmetro, continuando os tubos de maiores dimensões a serem processados pelo método de banho.

Camadas betuminosas

Estas camadas baseadas em alcatrão, asfalto e seus derivados são aplicadas a tubos como revestimento de proteção contra a corrosão. São particularmente usadas para aplicações quando os tubos se destinam a trabalhos subterrâneos, porque não têm boas características de resistência às condições climáticas quando expostos à luz do sol. Os revestimentos podem ser aplicados na forma de uma massa espessa ou na forma de demãos muito finas, umas sobre as outras, algumas vezes na forma de uma emulsão diluída em água.

19.8 Custos de produção

Os custos da manufatura de tubagens dentro da classificação generalizada de tubagens sem costura e tubagens soldadas, dependem em grande parte da dimensão dos tubos que se estão produzindo e do processo escolhido dentre as várias alternativas que são tecnicamente capazes de produzir um determinado tipo e dimensionamento de tubagem.

Custos típicos de produção para instalações de tubagens soldadas e sem costura se mostram na Figura 19.3. Estes custos incluem os encargos capitais mas não incluem os elementos gerais de serviço. Se verificará que quando se obtêm as economias totais de escala para cada uma das instalações, nesse caso o custo de conversão para produzir tubos soldados é aproximadamente idêntica àquela a dispender para tubos sem costura. Todavia, quando o custo da carga é tomado em consideração, produção de tubos sem costura com este dimensionamento é mais econômica do que a de tubos soldados a outros regimes de produção.

Regra geral à medida que a dimensão do tubo diminui a vantagem do custo de produção passa de tubos soldados para tubos sem costura.

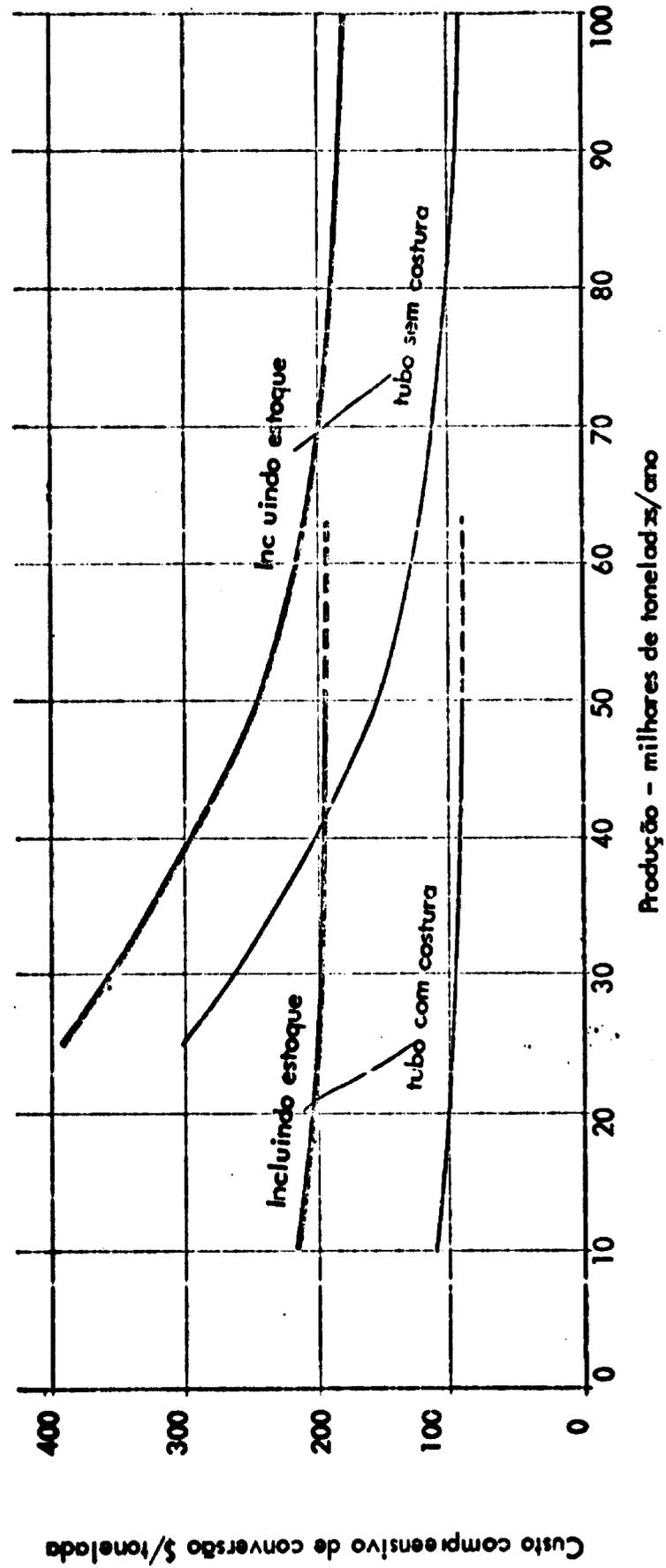


FIGURA 17.3 - CUSTOS COMPREENSIVOS DE CONVERSÃO DA PRODUÇÃO DE TUBOS SEM COSTURA E DE TUBOS COM COSTURA (150 - 200 MM DIÂMETRO)

CAPÍTULO 20 - REVESTIMENTOS

20.1 Produtos revestidos

O revestimento de produtos planos finos para propósitos de proteção ou de decoração tem sido sempre de grande importância na indústria siderúrgica. Os revestimentos tradicionais baseados em estanho e em zinco continuam a ser melhorados ao mesmo tempo que começam a aparecer novas camadas de revestimento como por exemplo o alumínio e os plásticos que estão ganhando importância de dia para dia. Nos parágrafos que se seguem mostramos quais as mais importantes alternativas que existem hoje no mercado:-

Fôlha de Flandres

A produção de folha de flandres atingiu hoje em dia uma fase de desenvolvimento sofisticado em engenharia em que a velocidade de operação, a produtividade e rendimentos obtidos têm aumentado enormemente, e a procura existente pelo utilizante de folha de flandres para obter um produto aceitável e de preço económico tem sido largamente satisfeita. O regime de produção das linhas mais rápidas de estanhamento é hoje em dia três vezes maior do que o eram as linhas há dez ou quinze anos passados, e as limitações correntes em velocidades máximas resultam de problemas de fornecer à linha com bobinas a sua remoção na extremidade de acabamento e as limitações no processo para puxar a solução de estanhamento em linhas de alta velocidade.

Aço não estanhado

Aço sem estanho (TFS) está presentemente a ser um concorrente da folha de flandres, devido ao seu preço relativamente económico. Os revestimentos de TFS fazem uso de camadas ultra finas de cromo e de óxido de cromo, e são completamente intermutáveis com folha de flandres em, por assim dizer, todas as aplicações. O uso destas camadas tem vantagens sobre uma camada de estanhamento porque o preço do cromo tem sido muito mais estável do que o preço do estanho. Isto levou os produtores de latas nos EUA, que são os maiores utilizantes de folha de flandres, a aumentarem cada vez mais a sua demanda de TFS; por sua vez esta demanda forçou muito dos produtores de folha de flandres a instalarem linhas de produção de TFS. As linhas de TFS são muito semelhantes às linhas modernas de estanhamento e a maioria das linhas de estanhamento presentemente a serem instaladas são capazes de produzir tanto folha de flandres como TFS.

Chapas Galvanizadas

Produtos planos galvanizados têm tradicionalmente sido produzidos em vastas quantidades para utilizações gerais de chaparia e de revestimento de telhados. O método mais comum de produção é por imersão à quente; todavia, se produzem em menores quantidades chapas eletro-galvanizadas. Este último método produz um revestimento muito fino que não é geralmente aceitável pela maioria dos utilizantes de chapa galvanizada mas pode encontrar aplicação em mercados que estão usando presentemente chapas não-revestidas, por exemplo, para certas partes manufaturadas para a indústria automobilística.

Camadas orgânicas

Camadas orgânicas em tiras galvanizadas estão tendo hoje em dia um mercado cada vez maior sobretudo como decoração para as faces laterais de paredes. A sua vantagem é uma grande longevidade sem necessidade de manutenção, em alguns casos essa longevidade atingindo 15 anos ou mais.

20.2 Folha de Flandres

Preparação de carga

Tiras à quente para a folha de flandres são feitas frequentemente com 1000 mm de largura. Para obter um perfil melhor é, de preferência, laminado em um trem de 1500 mm com uma coroa de rolo de aproximadamente 0,075 mm.

A tira quente, usualmente com uma espessura de 0,175 - 2,5 mm, é seguidamente desencrustada por desoxidação quer em hidróclorídrico ou em ácido sulfúrico, embora o ácido hidróclorídrico possa produzir um material mais limpo. Existe uma tendência para o uso do ácido hidróclorídrico nas linhas de desoxidação em parte porque permite maior velocidade nas linhas e em parte devido ao elevado custo da recuperação do ácido sulfúrico (\$0,24 · 0,36 por tonelada de tira desoxidada).

Como processo de descamar se tem examinado também o princípio de desferimento de pelotas mas sistemas abrasivos são muito dispendiosos. Sem dúvida os processos a ácido se manterão como sendo os normais durante os próximos cinco a dez anos. Laminagem em atmosferas controladas pode bem vir a ser num futuro mais distante de maior importância do que atualmente e se assim for, tornará desnecessário o uso de desoxidação.

Uma vez feita a desoxidação a tira laminada à quente é laminada à frio. A maioria da redução à frio, para 0,0175 - 0,0190 mm é feita em 5 ou 6 trens de quatro passes com rolos de operação de 450 a 625 mm de diâmetro e rolos de apoio de aproximadamente 1250 mm de diâmetro. Para pequenos rendimentos se usam trens singulares reversíveis Sendzimir.

Depois da redução a frio a folha de flandres é limpa de óleo por passagem por um produto alcalino e temperada.

Muitas linhas de folha de flandres ainda operam hoje com instalações de têm-

pera lotada, mas estas instalações estão sendo substituídas rapidamente pelo processo de têmpera contínua. Nos EUA entre 50 a 60 por cento das tiras estanhadas são produzidas por processo de têmpera contínua enquanto que no Reino Unido essa cifra é apenas de 30 por cento. Se reconhece que a capacidade para a têmpera representa uma grande dificuldade na produção presente.

Têmpera por processo contínuo oferece várias vantagens de produção sobre a têmpera lotada. É possível fazer uso de bobinas de qualquer dimensão e desaparecem os problemas que existem com a têmpera lotada que são a colagem e a avaria nos rebôrdos das tiras.

Aços de qualidade para estiramento que precisam ser muito macios continuam a ser, regra geral, temperados em lotes. Existe, todavia, uma tendência para substituir a têmpera de empilhamentos mútuos por um simples empilhamento; isto se deve a necessidade de bobinas maiores que simplificam as operações contínuas que se seguem.

Embora a têmpera contínua seja, claramente, mais econômica, existe por vezes um conflito com as demandas dos produtores de latas porque alguns dos produtores preferem folha de flandres muito macia com têmpera lotada porque este método simplifica os processos de maquinaria nas suas fábricas de latas.

Antes de passar para a linha de estanhamento, a tira é laminada por têmpera num trem de quatro passes muito semelhante em construção aos trens de redução à frio.

Estanhamento

Antes de proceder ao estanhamento as bobinas são soldadas umas às outras porque estanhamento eletrolítico é um processo inteiramente contínuo. Existem dois processos principais de estanhamento eletrolítico. O processo "Ferrostan" faz uso de tanques verticais nos quais a tira desce para o tanque entre eletródios, circula em torno de um rolo inferior e sobe de novo entre os eletródios. Se faz uso de um eletrólito de ácido fenossulfônico.

O segundo, um método mais moderno, é conhecido pelo nome de processo "Halogen", que emprega tanques horizontais nos quais a tira corre ao longo do tanque acima dos eletródios e é níquelada apenas em um dos lados. Se faz uso de um eletrólito de fluoreto/clorido. Em ambos os processos, a tira passa através de um número de tanques em sequência - em algumas instalações até oito tanques, e no processo Halogen os dois lados são revestidos voltando a tira mais ou menos a meio caminho ao longo da linha. Espessuras diferentes de níquelagem e niquelagem diferencial, em que uma camada em um dos lados é mais espessa do que a do outro lado não constituem problemas nas modernas linhas Halogen; para mudar a espessura basta apenas fazer uso do marcador da espessura requerida.

Presentemente, aproximadamente 70 por cento dos estanhamentos eletrolíticos mundiais são feitos em instalações Ferrostan, mas parece existir uma tendência para o uso de instalações Halogen embora estas sejam mais dispendiosas mas, todavia, bastante mais rápidas. As instalações Halogen mais rápidas operam a aproximadamente 11 metros por segundo e as instalações Ferrostan a aproximadamente 8-9 metros por segundo.

O estanhamento é seguido por lavagem e por uma operação de aquecimento contínuo em que o branco matt do estanho eletro galvanizado é derretido por indução ou por aquecimento de resistência para uma temperatura imediatamente acima do ponto de fusão do estanho. Instalação de aquecimento da resistência é a mais comum por ser consideradamente mais barata do que a de aquecimento por indução.

A operação de galvanoplastia é concluída pela passivação em tanques de ácido crômico e depois com uma passagem de óleo eletrostático. O filme muito fino de óxido de crômio faculta a proteção adicional e assiste nas operações de pintura. A tira acabada pode ser cisariada ou bobinada consoante as necessidades do cliente.

Os regimes de estanhamento têm aumentado progressivamente durante os últimos anos à medida que têm sido implementados os novos avanços de engenharia nas instalações recentemente construídas. Instalações Ferrostun são agora capazes de produzirem camadas de aproximadamente $250 \times 10^4 \text{ m}^2$ por semana comparado com aproximadamente $150 \times 10^4 \text{ m}^2$ por semana apenas há poucos anos atrás. As instalações Halogen instaladas recentemente são ligeiramente mais rápidas que as instalações Ferrostun podendo operar a aproximadamente $300 \times 10^4 \text{ m}^2$ por semana. A velocidade da linha está limitada pelo problema do arrasto do eletrólito que parece aumentar em relação ao quadrado da velocidade da linha. Presentemente as técnicas não se encontram suficientemente desenvolvidas para permitir velocidades maiores das linhas, e não é de esperar que as velocidades das mais modernas linhas em existência mudem muito durante os próximos 5 anos.

Quando se fazem instalações de linhas de estanhamento eletrolítico é prática comum deixar aberturas na linha para que se adicione estágios adicionais quando os mesmos se tornem necessários. Desta forma é possível expandir gradualmente a capacidade da instalação para uma vasta gama de rendimentos e evitar os problemas encontrados na produção de ferro e de aço no caso de unidades de grandes dimensões.

Folha de Flandres de dupla redução

Folha de flandres de dupla redução (DRTP) foi evoluída para satisfazer a necessidade de uma chapa de grande resistência mas de pouca espessura e, consequentemente, de baixo custo. A diferença principal entre a folha de flandres DRTP e a folha convencional é que em vez de ser laminada à têmpera antes do estanhamento a tira de redução dupla é sujeita à uma redução à frio de um terço a fim de levar a resistência do rendimento máximo a cerca de 7 kg por cm^2 a uma espessura de aproximadamente 0,150 mm. A tira tem propriedades de configuração bastante mais baixas mas continua a ser adequada para a manufatura de latas. Folha de flandres de redução dupla está tendo cada vez maior importância no mercado.

20.3 Aço não estanhado

O processamento de aço não estanhado é basicamente o mesmo como o do com revestimento de estanho. Entretanto, porque a camada é menos espessa (1/20 - 1/40 micron) exerce maiores demandas no acabamento da superfície da tira. Existem vários métodos para produzir um filme, todos eles envolvendo a disposição eletrolítica de metal de crômio ou óxido de crômio ou de ambos, o método de revestimento a óxido sendo aquele que é mais simples.

A maioria das linhas de aço sem estanho são, de fato, linhas de folha de flandres de propósitos duplos e linhas de TFS. Algumas têm facilidades para usar os mesmos tanques para ambas as soluções tendo, todavia, sistemas separados de canalizações. Este método é inferior e a longo prazo, mais dispendioso do que o de emprego de tanques separados correndo a tira acima dos tanques que não estão sendo utilizados. Mudança de folha de flandres para TFS leva apenas umas oito horas com o sistema de tanques separados mas levará entre 24 - 30 horas com o sistema de tanque comum.

Ao fazer a instalação de uma linha de revestimento a estanho se deve tomar em consideração a necessidade de deixar aberturas suficientes que permitam as partes necessárias para uma linha TFS serem instaladas mais tarde se for requerido. Estanho é um produto em pouca quantidade e é, largamente, impossível de recuperar de produtos de sucata. Eventualmente o seu preço deverá aumentar a um ponto em que o TFS seja o processo a ser adotado na maioria das partes do mundo mas isto não acontecerá, presumimos, dentro da próxima década. Se considera que uma das razões que levou ao crescimento muito rápido de TFS nos EUA foi o fato dos produtores de estanho terem permitido que o preço do estanho flutuasse enormemente. Sem dúvida TFS resultou na estabilização de preços de estanho.

É também possível que existam vantagens em instalação de um moíno de redução à frio em vez de um moíno de têmpera em que será possível se tornar necessário, a uma data posterior a existência de estanho de dupla redução.

No Quadro 20.1 se dá uma lista das instalações de aço sem estanho nos EUA e no Canadá.

20.4 Tira Galvanizada

A fabricação de tira galvanizada não sofre relativamente de condições de superfície e de partidas ou de abandonos da especificação do aço. Muito aço é rejeitado porque os elementos de liga não se encontram dentro dos limites requeridos, mas isto, geralmente, não é de importância em aplicações que requeiram tira galvanizada e muitas vezes instalações de galvanização fazem uso de tiras rejeitadas.

A maioria da galvanização é feita por imersão à quente e não parece suscetível que se dê uma mudança neste processo durante o futuro mais previsível. A tira, geralmente mais espessa do que para folha de flandres (0,40 - 0,625 mm), é temperada e depois arrefecida até ao ponto em que obtenha um equilíbrio com banho de zinco quente. O período de imersão é curto, à volta de entre 2 a quatro segundos, e a espessura do revestimento é controlada por rolos de contato de emergência ou, em linhas mais modernas por jatos de ar comprimido ou jatos de vapor. Em linhas modernas a atmosfera de tratamento térmico é ajustada para que seja removido o óleo de lubrificação mas a superfície da tira não é oxidada. Para controlar a distorção se usam agora nas extremidades finais da linha niveladores de distensão.

Distorção da chapa, carência de adesão do zinco e encruzamento dos rebordos causam dificuldades em instalações galvanizadoras por imersão à quente, mas em geral, não é necessário nível de pericia para obter resultados satisfatórios.

Enquanto linhas antigas podem, possivelmente, trabalhar a um regime de 0,5

QUADRO 20.1 - INSTALAÇÕES SEM ESTANHAMENTO - EUA E CANADÁ

Companhia e instalações	Linha	Número de passes de galv.	Amp. por loco por passe	Galvanizag. total amp/V	Tratamento Químico oimp/V	Velocidade nominal linha, mpm	Propó-sito simples	Propó-sito duplo
Bethlehem Steel Corp. Instalação Burns Harbor Chesterton, Ind.	No.1 ELT	7	6000	84.000/40	24.000/50	500 (sobrevoltagem 2200)		X
Instalação Sparrows Point Md.	No.4 ELT	5	3000	30.000/30	12.000/30	250 (sobrevoltagem 1000)	X	
Instalação Sparrows Point Md.	No.8 ELT	8	3750	52.000/30	15.000/30	460 (sobrevoltagem 1800)	X	
Instalação Sparrows Point Md.	No.3 ELT	4	8000	64.000/36	16.000/36	400 (sobrevoltagem 1700)		X
Dominion Foundries and Steel Ltd. Hamilton, Ontario	No.2 ELT	5	4500	45.000/40	5.000/40	300 (sobrevoltagem 1250)		X
Kaiser Steel Corp. Fontana, Calif.	No.1 TFS	7	4000	56.000/36	8.000/36	360 (sobrevoltagem 1550)	X	
National Steel Corp. Div. Midwest Steel Parage, Ind.	No.1 ELT	8	3750	60.000/40	20.000/40	460 (sobrevoltagem 1700)		X
Div. Weirton Steel Steubenville, Ohio	No.2 ELT	4	7500	60.000/40	15.000/40	420 (sobrevoltagem 1800)		X
Weirton W. Va.	No.1 TFS	8	4500	72.000/36	18.000/36	500 (sobrevoltagem 2000)	X	
United States Steel Corp. Fábrica Fairless Fairless Hills, Pa.	No.1 TFS	3	3200	19.000/30	6.400/30	250 (máximo 1150)	X	
Fábricas Gary Gary, Ind.	No.1 ELT	3	4500	36.000/39	5.000/39	220 (sobrevoltagem 250 a 500)		X
Wheeling-Pittsburgh Steel Corp. Yorkville, Ohio	No.1 TFS	9	1 ^{os} 2000 Bel. 4000	68.000/30	10.000/25	225 (sobrevoltagem 1000)	X	
Youngstown Sheet & Tube Co. Indiana Harbor (Fábrica) East Chicago, Ind.								

TFS = Aço sem estanho

Fonte: Iron & Steel Engineer, setembro de 1972

ELT = Linha de galv. eletrolítico

metros por segundo, linhas de instalação recente operam à cerca de 1,6 metros por segundo. O efeito de todos os desenvolvimentos correntes pode bem vir a ser o aumento eventual da velocidade da linha para 3 - 4 metros por segundo, mas é pouco natural que instalações deste teor venham a ser construídas dentro dos anos mais próximos. É possível obter por baixo custo instalações simples e de baixa velocidade.

A produção de chapas eletrogalvanizadas está aumentando, mas não é tão rápido o seu aumento como aquele do produto por imersão à quente. Eletrogalvanoplastia é um processo custoso que dispense muita eletricidade. O processo resulta num depósito de cerca de .0075 mm de espessura, e apenas um terço daquele no caso de galvanização por imersão à quente. Existe a possibilidade de aço eletrogalvanizado vir a substituir aço não revestido em algumas aplicações, possivelmente em várias partes utilizadas pela indústria automobilística.

A galvanização de tubagem e de canos se encontra discutida no Capítulo 19, Artigo 19.7.

20.5 Revestimentos Orgânicos

Revestimentos orgânicos são assentados numa base de galvanização por imersão à quente. Estas camadas combinam a atração de um acabamento do colorido com a resistência à corrosão oferecida pela galvanoplastia. Em condições atmosféricas moderadas durará pelo menos 15 anos antes de haver necessidade de ser feita uma pintura e desde que sejam pintados cada cinco anos os produtos devem durar indefinidamente. Muito da produção é usada pela construção civil em aplicações externas, pelo menos 60 por cento no Reino Unido, 75 por cento nos EUA, e 85 por cento no Japão. O crescimento de revestimento orgânico tem sido particularmente rápido no Japão onde se encontram presentemente a funcionar 26 linhas que produzem uma grande multiplicidade de produtos.

O processo começa com o escovamento severo da folha galvanizada com fio plástico reforçado com nylon ou aço inoxidável para remover parte do revestimento de zinco. Esta operação é seguida por um enxaguamento crômico para passivar o zinco exposto. Se aplica seguidamente a primeira demão de tinta fazendo uso de um rolo de pintura essa mão sendo parcialmente cozida a entre 200-220°C durante 10 ou 15 segundos. Depois a camada superior é rolada de novo e a totalidade é curada durante 35 segundos a uma temperatura de entre 200 a 220°C. O acabamento é depois arrefecido e, possivelmente também, estampado.

No Reino Unido geralmente se faz uso de plásticos PVC - com uma espessura aproximada de 0,25 mm, mas nos EUA a maior exposição aos efeitos dos raios de sol levou ao uso de revestimentos acrílicos com uma espessura aproximada de 0,025 - 0,050 mm.

Muitas das linhas existentes trabalham a uma velocidade aproximada de 0,5 metros por segundo, mas a maioria das linhas modernas operam a entre 1 - 3 metros por segundo. Não existem motivos tecnológicos que impeçam as linhas de trabalhar a velocidades muito mais rápidas e se antecipa dentro dos anos mais próximos que novas linhas trabalharão a velocidades de entre 4 a 5 metros por segundo

Como é natural o mercado de revestimentos orgânicos exige uma multiplicidade de cores. Mudança de cores na linha é uma operação que leva muito tempo pois é essencial limpar muito bem todas as partes componentes desta linha. Este fato produz considerável perda de produção e grandes variantes no rendimento diário.

Operação bem sucedida destas linhas com base em líquido demanda uma grande pericia da parte dos operadores. Como sucede em parte da indústria de tintas, a equalização de cores é melhor obtida por comparação visual da parte de um artífice especializado; com experiência o homem com estas qualidades técnicas pode mesmo produzir um acabamento novo que se comparará com perfeição com um produto que já está um pouco descorado pelo serviço.

Cerca de 80 a 90 por cento do aço revestido com produtos orgânicos é produzido por processos que fazem o uso de líquidos. A restante percentagem é feita por laminagem de uma tira preformada numa base adesiva do aço. Este último método, de que 'Stelvetite' é um exemplo, é mais dispendioso devido ao custo da tira preformada, mas permite uma vasta gama de desenhos no produto acabado, e é fácil de mudar de cor. Os processos à base de líquido é mais natural que sejam aqueles a crescer com maior rapidez do que no caso daqueles baseados em chapa preformada.

Revestimentos orgânicos para canalização e tubagem foram discutidos no Capítulo 19 Artigo 19.7.

20.6 Outros revestimentos

Chumbo

O revestimento a chumbo, conhecido no Reino Unido pelo nome de 'Terne', tem a sua principal aplicação nos tanques de gasolina para automóveis. A tecnologia é praticamente a mesma usada no revestimento a zinco e não é de esperar que mude grandemente no futuro mais próximo.

Alumínio

Chapas de aço aluminizadas ou revestidas a alumínio têm boa resistência à corrosão a altas temperaturas em ambientes atmosféricos sulfurosos. Este produto tem encontrado grande aplicação na produção de radiadores para sistemas de aquecimento central, para sistema de escape em veículos automóveis, e para componentes de fornalhas de alta temperatura. Revestimentos de alumínio se encontram também em uso cada vez maior em outras aplicações para ar livre como por exemplo revestimentos de curativos em cujo caso tem uma longividade de 3 ou 4 vezes maior do que o equivalente revestimento galvanizado em idênticas condições de corrosão.

O processo de imersão à quente contínua é o mais geralmente usado não obstante os grandes esforços feitos para desenvolver métodos alternativos de produção. O problema mais importante que se tem encontrado em imersão à quente é a formação de um composto quebradiço Fe-Al na interface com a substrata que pode causar problemas durante a formação subsequente. A Armco evoluiu um processo que resolve muitos dos problemas de imersão à quente. Neste processo a tira é primeiramente aquecida à cerca de 450°C numa atmosfera oxidizante para queimar todas

as gorduras e outros contaminantes e, ao mesmo tempo, para formar uma camada muito fina de óxido. A tira é passada seguidamente para uma fornalha de redução com uma temperatura de cerca de 800°C usando amônia desintegradora como um redutível. Isto converte a camada de óxido numa camada de ferro com reação mais elevada. Ainda sujeita a uma atmosfera de redução a tira ARE é arrefecida e passa através de um banho de alumínio. A tira abandona o banho se deslocando verticalmente e passando através de um par de rolos, de jatos de ar, ou de limpeza a gás, para controlar a espessura da camada.

A técnica usada na linha mais moderna da BSC em Shotton é baseada em investigações levadas a cabo pela BISRA em depósitos secos de pó de alumínio a que se seguiu o concrecionamento. Este processo permite uma maior flexibilidade como, por exemplo, revestimentos diferenciais no produto produzido, e ao mesmo tempo resolve os problemas da inter-face quebradiça de Fe-Al.

Um número de produtores faz uso de linhas de aluminização - galvanização de funções duplas, mas tais instalações estão longe de ser as ideais devido à necessidade de mudar o banho de metal derretido, as velocidades da linha e outros parâmetros do processo.

Existem entre 10 a 15 produtores mundiais de tira de aço revestido a alumínio ou com aluminização contínua. Muitos destes produtores se encontram nos principais países de produção siderúrgica - na França (a Ziegler) no Japão (a Nippon, Nisshin e provavelmente a NKK), no Reino Unido (a BSC e a Coated Metals), nos EUA (a Armco, a Inland e a USS) e na República Federal Alemã (a ATH, a Hoesch e a Wickeder). Existe uma aceraria na América Latina - a Armco Argentina Saic. A capacidade total instalada de linhas aluminizantes é cerca de um milhão de toneladas por ano*. Se bem que esta capacidade seja pequena comparada com aquela das linhas de revestimento mais tradicionais indica a importância que tem sido dada a este produto no período relativamente curto em que tem existido comercialmente, e se sabe que um número de outras companhias siderúrgicas estão investigando a possibilidade de construir instalações de aluminização.

20.7 O futuro a longo prazo

Aço galvanizado e aço sem estanho são tecnologicamente os mais avançados processos de revestimento e os procedimentos para a sua manufatura são muito semelhantes. É necessário, hoje em dia ligar a planificação da produção de aço estanhado e aço sem estanho e mesmo nos casos onde não existam planos imediatos para a manufatura de aço sem estanho, necessidades futuras devem ser consideradas quando se faça a instalação de uma linha de estanhamento.

No caso dos mercados que não estão prontos para aceitar aço sem estanho ou em que existam outros motivos que levem à preferência do aço estanhado, as semelhanças entre a produção de TFS e de estanho torna possível investir bastante na produção de folha de flandres, com a certeza de que a instalação pode ser facilmente utilizada para a produção de TFS quando chegar o momento desejado.

O fator mais crítico da manufatura tanto de folha de flandres como de aço TFS é a condição da superfície da tira de aço que é fornecida para revestimento. O desenvolvimento de técnicas de melhor qualidade para preparação de superfícies

é portanto de esperar que tenha lugar num futuro não muito distante.

Num futuro mais distante é natural que sejam evoluídas camadas ultrafinas para revestimento de aço e se está explorando a possibilidade de mercados para chapa de 0,025 mm. Esse matéria seria provavelmente tratado termicamente para produzir uma robustez muito elevada. Não se espera que este desenvolvimento tenha qualquer importância significativa dentro dos dez anos mais próximos.

* Metal Bulletin Monthly, julho de 1972

CAPÍTULO 21 - PRODUÇÃO DE AÇOS ESPECIAIS

21.1 Produção de aço líquido

Os processos mais importantes para a produção de aço comuns foram discutidos em pormenor nos capítulos 11 e 12. Todos esses processos, com exceção dos processos básicos Bessemer ou Thomas, podem ser usados também para produzir aços especiais. O outro processo que é particularmente apropriado para dimensões muito pequenas é o de fornalha de indução elétrica.

A totalidade de aços especiais produzidos pertencem à categoria de aços inoxidáveis austeníticos (cobertos pela série 300 AISI) que contém uma quantidade apreciável de níquel. Estes aços desde muitos anos que são manufaturados em fornalhas de arco elétrico e este processo é particularmente adequado para a manufatura de aços inoxidáveis. Crescimento na sua procura levou a investigações em processos alternativos para produção em bruto e tem sido utilizado o processo BOF para produzir certas qualidades de aço inoxidáveis austeníticos e alguns aços das séries 400 AISI com elevado teor de cromo*, enquanto alguns dos aços criogênicos com elevado teor de níquel têm sido produzidos em fornalhas Siemens-Martin. Todavia, o recente crescimento na dimensão de fornalhas de arco elétrico bem como o grande aumento na potência elétrica tem reduzido os custos capitais da produção de aço em bruto por arco elétrico. Estes desenvolvimentos foram originalmente relacionados com a produção de aços vulgares onde é mais natural uma produção em grandes lotes e altas capacidades. Se encontram construídas e em funcionamento instalações de arco elétrico cuja capacidade excede um milhão de toneladas por ano. Identicamente se tem construído vastas instalações desenhadas especialmente para produção em bruto de aços inoxidáveis em países onde a demanda para aço inoxidável tem crescido muito como, por exemplo, na Europa. O uso de instalações para produção de aço por arco elétrico e pelo processo BOF bem como de um processo duplex são mais aplicáveis para fabricação de aços especiais. O processamento de aços especiais no processo BOF demanda um longo ciclo de operação para se obter o controle necessário da composição do metal. Uma vantagem do processo duplex é que não existe necessidade de demoras no processamento BOF. O processo BOF serve como pré-refinação e o aço líquido é depois carregado a uma fornalha de arco elétrico para refinação final. Pequenas quantidades de aços especiais podem ser feitas em vastas instalações que produzam aços ordinários a baixo custo usando esta técnica de preferência ao uso de uma instalação de fornalha normal de arco elétrico. O consumo de corrente

* R.F. Carlson e R.B. Shaw, *Iron and Steel Engineer* 49, 53 (1972)

elétrica é baixo, por exemplo, numa instalação duplex de 60 toneladas Lorraine, na França, é de 120 kWh por tonelada de aço.

O fator mais importante que influencia o método a escolher para a manufatura de aço é, geralmente, a quantidade e dimensão do lote a produzir, mas enquanto que a variação no custo de conversão é um ponto focal na seleção de processos de manufatura de aço no caso de aços comuns, é menos importante no caso de muitos aços especiais devido ao elevado custo dos materiais. Além disso, na manufatura de aços especiais a refinaria tem uma importância muito maior devido às especificações muito perfeitas que são exigidas. Conseqüentemente, a escolha de um processo de refinagem apropriado para aços especiais é menos influenciada pelo custo de operação da instalação do que pelas demandas técnicas. Estas, por sua vez, são ditadas principalmente pelas condições da sua mercantilização devido às necessidades em qualidade e em quantidade, e também parcialmente, pela disponibilidade de instalações para produção de aço e para fundição.

As discussões que se seguem abrangem vários aspectos da refinação que podem ser aplicáveis a aços comuns e a aços especiais mais comuns, bem como a técnicas que só são aplicáveis a aços altamente especializados.

21.2 Refinação de aços

As quantidades de elementos de liga dissolvidos, gases dissolvidos e inclusões e as formas em que este se apresenta no produto final aos fatores que determinam as propriedades de um aço. Estas propriedades serão influenciadas por todo o método do processo, mas são em grande parte controladas quando o aço líquido é refinado. Refinação tem lugar usualmente num colheirão mas pode ser feita enquanto o aço se encontra na fornalha e no caso de aços especiais feita na fornalha de indução ou mesmo no molde como no caso de aço desgasificado e moldado para lingotes.

Duas operações distintas, mas que com frequência se sobrepõem uma a outra, se dão na refinação do aço para assegurar que o produto final tenha a composição desejada. A primeira é a redução para o nível desejado daqueles elementos que se encontram presentes em excesso, e a segunda é a adição daqueles elementos de que não existe quantidade bastante.

Estas operações podem requerer os seguintes tratamentos:

Adição de elementos de liga

Adição de desoxidante

Extração física de gás

Remoção de inclusões não-metálicas

Remoção de elementos metálicos e não-metálicos

Estes tratamentos são abordados um a um nas páginas que se seguem.

21.3 Adição de elementos de liga

O material contendo os elementos a serem adicionados pode ser carregado no banho da fornalha ou adicionados ao aço no colheirão, ou em ambos os processos dependendo que elementos têm de ser adicionados e que processo de manufatura de aço se está utilizando.

Para aços de qualidade ordinária e baixas ligas, são adicionadas relativamente poucas quantidades de carbono, manganês, silício e cromo ao aço no colheirão na forma de ligas de ferro ou carbono. Algumas das necessidades de manganês podem ser adicionadas ao banho durante a manufatura do aço na forma de manganês ao ferro de baixa graduação, o restante, necessário, sendo adicionado ao aço no colheirão. A ação de remeximento obtida despejando o aço super-aquecido no colheirão aliado à convexão, é usualmente suficiente para misturar e dissolver muito bem as adições que foram feitas.

Quando são necessários maiores quantidades de elementos de ligas, é necessário também fazer o seu carregamento na fornalha a fim de que se derretam e misturem muito bem antes de se proceder à fornada. Alguns elementos como, por exemplo, cobre e níquel, são invariavelmente carregados na fornalha porque a perda em escória é muito pequena ou nenhuma. Outros elementos como, por exemplo, o cromo produzem uma alta perda na escória mesmo que tome cuidado para se reduzir ao mínimo esta perda.

O custo de adições na fornalha pode ser grandemente reduzido por seleção da fonte mais econômica do elemento a ser carregado mesmo que ele possa se encontrar contaminado com elementos que, subsequentemente, terão de ser removidos. Exemplos do que aqui se diz, são a adição de cromo ao ferro com alto teor de carbono e minério cru de cromo para produzir um aço de alto teor de cromo, e, recentemente, o uso de óxido de níquel e de concreção de níquel para carregar a uma fornalha de preferência a níquel metálico se bem que o processo, nesse caso, requeira a redução dos óxidos em relação ao elemento metálico. O rendimento de elementos metálicos, isto é, a percentagem do elemento adicionado que acaba por ser incorporado no aço líquido é, em grande parte, afetado pelo grau de oxidação do aço quando na fornada e a quantidade de escória que se mantém no aço quando no colheirão bem como, o momento no processo em que são feitas as adições.

21.4 Adição de desoxidantes

Desoxidantes são primordialmente adicionados para combinar com o oxigênio a fim de impedir ou reduzir a libertação de monóxido de carbono durante sua edificação do aço, os desoxidantes mais comuns são o silício e o alumínio que reagem com o oxigênio e com outros elementos para formar silicatos e aluminatos complexos que, porque são insolúveis no aço formam inclusões não-metálicas e embora removam o oxigênio reduzem também a "limpeza" do aço. Um número de elementos de liga são também bons desoxidantes e formam também compostos insolúveis, conseqüentemente reduzindo o rendimento dos elementos de liga. É portanto de importância capital um controle metódico da oxidação antes de proceder a aplicação de ligas ou desoxidação no caso de produção de aços especiais sobretudo

quando tenha sido especificado um alto grau de limpeza.

21.5 Extração física de gás

A combinação de oxigênio dissolvido com desoxidantes pode ser considerado como um método químico para remoção de oxigênio. Métodos físicos para remoção de oxigênio e outras gases foram desenvolvidos e são agora tendo cada vez maior aplicação particularmente no caso de aços especiais porque produzem um produto "limpo". Estes métodos são a degasificação a vácuo de que existe um grande número de variações e o desengatamento a gás.

----- Degasificação a vácuo

Degasificação a vácuo foi desenvolvida para degasificar grandes quantidades de aço depois da mudança da prática de produção de aço com óxidos para o princípio básico Siemens-Martin de que resultou a produção de aço contendo maiores quantidades de hidrogênio que era muito prejudicial à produção de forjagens de grandes dimensões. Degasificação a vácuo provou ser de valor incalculável no tratamento destes aços e a técnica simultaneamente demonstrou a sua capacidade para remover oxigênio, para reduzir o número de inclusões presentes e para poupar em desoxidantes sólidos e adições de ligas.

Uma vez realizado o potencial da degasificação a vácuo foi evoluída uma gama de instalações com facilidades para aquecimento, remeximento e ligas de aço enquanto estavam passando por tratamento de vácuo. Os rápidos melhoramentos na tecnologia de bombagem permitiram a aplicação do processo numa escala comercial à volta de 1955, e nos dez anos seguintes foram construídas cerca de 250 instalações de degasificação. O crescimento no uso de degasificação a vácuo prosseguiu, embora existam agora mais de uma dúzia de tipos de instalações diferentes, estas podem ser classificadas entre 4 grupos especiais - degasificação por colheirão, degasificação no curso do processo, degasificação na circulação e degasificação do lingote.

Degasificação no colheirão:

A este processo, o colheirão de aço está colocado numa câmara de vácuo que tem meios para fazer adições ao colheirão, e o aço é aquecido e remexido pelo uso de bobinas de indução. Alternativamente, o aço pode ser remexido por um caldeal de gás inerte, usualmente argone. Remeximento adequado é importante para assegurar uma mistura perfeita e uma solução de elementos de liga, e para se obter uma temperatura uniforme no aço para impedir extratificação. A agitação assegura também que o aço fresco continue a vir a superfície e a ser sujeito à ação do vácuo.

O exemplo é o processo ASEA-SKF que foi desenvolvido para produzir aços para bronze com qualidades equivalentes daquelas produzidas pelo processo Siemens-Martin é ácido. O sistema tem sido amplamente adotado nos Estados Unidos da América, na Suécia, no

Brasil e na Itália; outras instalações estão previstas para a Grã-Bretanha e para a Espanha. O processo ASEA-SKF tem sido usado em conjunção com a fornalha dupla SKF-MR (capítulo 13, artigo 13.2) na instalação SKF em Hallfors na Suécia desde 1971.*

Desgasificação da linha:

Neste grupo de processo o aço é despejado numa linha sujeita à ação de vácuo. O corrimento de aço se quebra em dois descimentos para o vácuo que aumenta o regime de desgasificação expondo uma ampla área de superfície. Os processos de desgasificação mais recentes por este método requer a recolha do aço diretamente da fornalha para um colheirão de furjamento vazio, portanto, dispensando com a câmara normal de vácuo. O aço de uma fornalha é despejado a um regime controlado em um vaso situado no topo da tampa vidação do colheirão. Seguidamente passa através de um conjunto com bocal e tampa diretamente para o colheirão vazio, do qual é depois produzido em lingotes pela forma normal. Alternativamente o aço pode ser desgasificado diretamente nos moldes do lingote que se encontram em uma câmara de vácuo.

Desgasificação da circulação:

Os dois processos principais de que se faz uso são Dortmund Hürder ou processo DH e o Rheinstahl Hüttenwerke ou Processo RH. No processo DH se faz uso de uma câmara de vácuo equipada com uma vara barométrica vertical. Quando a vara é descida para o aço que se encontra no colheirão, o aço levanta a vara que corre para dentro da câmara onde é desgasificada. A subida e descida da câmara neste processo é repetida com cerca de 25 por cento de aço que entra a câmara em cada ciclo. Se obtém uma boa mistura com o aço correndo repetidamente de novo para o colheirão. No processo RH o aço circula de novo para a colheirão numa base contínua. O aparelho faz uso de duas varas barométricas ligadas à câmara de vácuo. O aço é induzido para correr ao longo de uma vara na câmara, onde é quebrado em porções mais pequenas regressando de novo ao longo da outra perna para o colheirão. Se introduz argone na perna de subida para ajudar ao corrimento do aço por descida de densidade nesta via. O regime de caudal pode atingir 20 toneladas por minuto ambos os processo podem desgasificar uma fornada de aço em cerca de 20 minutos e ambos têm facilidades que permitem adições de ligas e para o aquecimento do aço durante o processamento. Num outro processo de circulação, denominado "desgasificação contínua", o aço corre através da câmara de vácuo ao longo de duas vias barométricas e depois diretamente para o molde do lingote ou para a máquina de furjamento contínuo. O tempo levado a fazer a fundição incorpora o tempo de desgasificação

* Iron and Steel, april 1972

e é o mesmo levado para aquecimentos ordinários de fundição.

Desgasificação de moldes para lingotes:

Se tem verificado que este processo possui apenas aplicações limitadas mas pode ser particularmente útil na produção de pequenas quantidades de aço desgasificado à vácuo, porque o custo capital do equipamento é baixo para produções reduzidas. Neste processo, os moldes individuais são montados numa tampa de vácuo que é selada depois do aquecimento do lingote. A tampa é seguidamente ligada ao sistema de bombagem do vácuo que mantém uma pressão reduzida sobre o lingote durante a sua edificação.

Custos da desgasificação à vácuo:

As instalações de desgasificação por circulação demandam um custo capital que varia de entre EUA \$ 5 mil por tonelada de capacidade de colheirão para instalações de colheirões de 100 toneladas, até EUA \$ 3 mil por tonelada de capacidade de colheirão para instalações com colheirões de 400 toneladas. O custo capital de instalações de desgasificação do colheirão variam amplamente consoante ao tipo e dimensão da unidade. O custo mínimo para uma unidade processar aços em bruto é a volta de EUA \$ 0,25 milhão subindo até EUA \$ 1,25 milhões para uma unidade de grandes dimensões.

Os custos de operação também variam muito devido à utilização e na diferente forma de se fazer a sua operação. Para unidades circulatórias com produções de 500 mil toneladas por ano e superiores, o custo de operação é a volta de EUA \$ 1 a EUA \$ 3 por tonelada ou ainda superior para aço forjado recolhido pela forma normal. Esta cifra leva em consideração o rendimento reduzido e o benefício alcançado pela menor necessidade de adições de colheirões. Um custo típico de operação para instalação de um colheirão de 100 toneladas seria de EUA \$ 2 por tonelada para produções superiores a 100 mil toneladas por ano. O custo capital de uma instalação desta natureza seria na ordem de EUA \$ 0,6 milhão e, conseqüentemente, o custo compreensivo do tratamento, incluindo despesas capitais, seria na ordem de EUA \$ 3 por tonelada.

Enxaguamento a gás

Além do uso de técnicas de vácuo para extrair fisicamente os gases foi evoluído um método muito mais econômico, o enxaguamento a gás em que o argone é aplicado em forma de bolhas através do aço que se encontra no colheirão. O refinamento deste processo especificamente desenvolvido para o processamento de aços inoxidáveis é um método de descarborização argone-oxigênio em que uma mistura de argone-oxigênio, pode ser continuamente variada sendo usada para descarborizar aço inoxidável no colheirão com uma perda muito pequena de crômio.

A descarborização argone-oxigênio foi evoluída nos Estados Unidos da América pela Union Carbide Corporation em 1969. Quando o produto derretido deixa a fornalha de arco elétrico é analisada e a escória é removida antes de se fazer a

passagem para a instalação de descarborização. Nesta unidade a mistura de argone e oxigênio é superada para o metal fundido através da parte inferior lateral. Inicialmente a mistura contém 75 por cento de oxigênio, mas quando existe carbono suficiente já oxidado para que o crômio comece também a ser oxidado a mistura de gases muda, primeiramente, para metade e mais metade e, depois, para dois terços de argone. O teor final de carbono é inferior a 0,05 por cento. Processos adicionais removem qualquer oxigênio remanescente e o crômio é reclamado do escório. A British Steel Corporation converteu uma fornalha de arco elétrico, que está instalada em Panteg, na Gales do Sul, para descarborização de argone-oxigênio.*

O processo de refinação a vácuo Alleghany (AVR) de descarborização a vácuo consiste em enxaguamento de oxigênio abaixo da superfície enquanto o metal derretido se encontra à pressão reduzida numa atmosfera de monóxido de carbono.**

21.6 Remoção de inclusões não metálicas

As propriedades físicas do aço são afetadas pelo número e pela dimensão das inclusões não metálicas que se encontram presentes, isto é, a pureza do produto e também a configuração de tais inclusões. A contagem de inclusões é apenas especificada para certos aços especiais, mas isto não significa que a pureza de aços de qualidade ordinária não seja também importante. Como todos os aços arrefecem de fora para dentro a partir das faces laterais, se dá segregação de alguns elementos e compostos no centro do produto fundido, e como resultante, se podem dar concentrações de inclusões não metálicas que são inaceitáveis nos lingotes.

As origens de inclusões no produto forjado variam consoante a manufatura do aço, a refinação e os processos de forjamento utilizados, e é também de importância evitar a formação de inclusões no aço como é a remoção de tais inclusões uma vez se encontrem presentes. Como todas as inclusões não metálicas são inferiores em densidade aquelas do aço líquido, dado o período suficiente de tempo, essas inclusões flutuarão para a superfície e, portanto, o tempo permitido para a refinação na fornalha ou no colheirão tem um efeito importante no teor das inclusões.

Inclusões de grande dimensões, que são geralmente consideradas mais prejudiciais do que inclusões de pequenas dimensões, flutuam mais facilmente para a superfície e, portanto, tendem a ser menos comuns do que as inclusões pequenas, especialmente quando o tempo de paragem do aço líquido é considerável. A maioria de pequenas inclusões são resultados de desoxidação e, conseqüentemente, muito afetadas pelo nível de oxigênio do aço antes de serem feitas as adições. Refinação cuidadosa na fornalha de manufatura de aço e na desgasificação a vácuo para reduzir o teor de oxigênio são duas formas para obter menos teor de inclusões. Além disso, o período prolongado de refinação em processos de desgasificação também ajuda a remover inclusões.

* New Scientist, 23 March 1972

** V.P. Ardito e R.B. Shaw, Iron and Steel Engineer 49, 58 (1972)

Circulação no colheirão, resultante de convexão natural ou induzida, pode reduzir significativamente inclusões enquanto se encontra presente a camada líquida de escória para reter as partículas pequenas não metálicas. Lavagem de escória (processo Perrin) em que escória preparada e despejada no colheirão antes ou ao mesmo tempo que se faz o despejamento do aço, é usada basicamente para remoção de enxofre e fósforo e para a desoxidação, mas uma grande redução no nível de inclusão se obter também com o uso deste processo.

21.7 Remoção de elementos indesejáveis metálicos e não-metálicos

Aço líquido em fornalhas de fabricação de aço possuem vários parasitas dissolvidos nos líquidos, os ditos elementos e sua concentração dependendo da fonte da carga e da forma como o aço é fabricado. A dificuldade de remover estes elementos quando introduzidos na carga através de sucata ou de ferro gusa contaminado é tão grande que em muitos casos a solução mais econômica é de fazer uma compra cautelosa dos materiais a utilizar selecionando a sucata a fim de limitar o nível de elementos parasitas carregados na fornalha.

O aço líquido pode ser processado no colheirão a fim de reduzir substancialmente os elementos nocivos dissolvidos no aço. Reações com adições sólidas no aço ou com escória fervente como se menciona acima no processo Perrin fará compostos que nessa altura abandonam a solução, flutuam na superfície e são retidos pela escória durante a mistura.

21.8 Técnicas especiais

Para produzir aços com cifras de muito alto rendimento em deformação lenta, resistência tênsil, resistência à fadiga, resistência ao embate, etc., é necessário refinar o aço a um grau muito mais elevado de pureza do que aquele que é obtido por qualquer um dos métodos acima descritos. Para satisfazer estas necessidades se desenvolveram várias técnicas especiais. Estas técnicas são dispendiosas de operar, e, em geral, como o grau de pureza do aço aumenta, também aumenta a custo da sua produção. Se descrevem seguidamente quatro destas técnicas, as duas primeiras, a derretimento a vácuo e a re-derretimento, e a refinagem por eletro-escória estão em uso relativamente comum enquanto que as outras duas, derretimento por arco de plasma e raios eletrons são processos recentemente desenvolvidos.

Derretimento a vácuo e re-derretimento a vácuo

Em derretimento a vácuo uma fornalha de derretimento com indução à alta frequência é colocada numa câmara de vácuo que está equipada de forma a permitir adições ao colheirão e à recolha de amostras e leitura de temperaturas. O aço produzido é forjado num móvel de lingotes que se encontra também situado numa câmara de vácuo. Por seleção meticulosa dos constituintes da carga e por extração de gás podem se produzir aços com uma liga muito pura. As principais desvantagens do processo são que enquanto as capacidades das instalações na Grã-Bretanha, por exemplo, se encontram limitadas nos dias atuais a 10 toneladas, com produções correspondentemente pequenas, lingotes convencionais são produzidos com todas as desvantagens

associadas com a segregação em ligas complexas.

Uma grande proporção do rendimento deste processo é re-derretido, quer em fornalhas de indução a vácuo para produção de lingotes e de forjamentos ou pelo processo de derretimento de arco elétrico a vácuo com eletrodo consumível (CEVAM). Este último processo, em que um arco DC é produzido entre o eletrodo consumível do lingote e o aço num móvel de cobre arrefecido à água sujeito a vácuo, foi desenvolvido originalmente para re-derretimento de ligas de titânio e foi adotado para a produção de lingotes de aço especial na parte final do quartel de 1950. Lingotes até 1500 mm de diâmetro e 3000 mm de comprimento podem ser produzidos mas o processo é lento levando até 12 horas para os lingotes maiores, e, portanto, as produções são também limitadas.

Lingotes re-derretidos por arco a vácuo têm uma estrutura homogênea e não possuem qualquer segregação. O teor de oxigênio pode ser reduzido em mais de 50 por cento durante o re-derretimento e inclusões acima de 10 micrones de diâmetro podem ser, mais ou menos, removidas da maioria das qualidades de aço. Inclusões mais pequenas podem ser reduzidas em mais de 50 por cento. Enquanto os aços resultantes revelam melhoramentos em todas as suas propriedades físicas normalmente medidas, o benefício mais importante é a consistência e os lotes de reprodução de aços especiais.

Refinação por eletro-escória

O processo de refinação por eletro-escória (ESR) foi desenvolvido nos Estados Unidos da América há cerca de trinta anos, mas só recentemente foi utilizado em qualquer quantidade de volume. O aço a ser refinado na forma de eletrodo consumível é derretido num banho de escória baseado em fluoreto de cálcio por uma corrente que passa do eletrodo através da escória e do aço refinado para um molde de cobre. O aço é derretido pelo aquecimento vindo do poço de escória e forma pingamentos que se infiltram através da escória. A refinação tem lugar na escória e os pingamentos se solidificam num molde de cobre arrefecido à água. A forma como se forma os lingotes por solidificação contínua na inter-face curva líquida - sólida entre o aço e a escória - produz um aço que, ao contrário dos outros, é isotrópico nas suas propriedades físicas.

Regra geral o nível de oxigênio, enxofre e inclusões não-metálicas são todos reduzidos enquanto que aquelas inclusões remanescentes são consistentemente pequenas ou distribuídas bem por igual. O processo foi recentemente beneficiado pelo uso de moldes móveis, que se deslocam ao longo do lingote à medida que está sendo feito o forjamento. Isto é um desenvolvimento do processo de soldagem eletro-escória evoluído pelos russos em que o metal aglutinante derretido é contido dentro de dois vasos móveis de cobre arrefecidos à água. Podem ser produzidos por este processo lingotes até 24 toneladas e 1100 mm de diâmetro.

Até 1970 cerca de 3 quartas partes da capacidade mundial do processo ESR estava concentrada na URSS mas, recentemente, os países ocidentais adotaram este processo para substituir certas operações de refinação e de refinação a vácuo. O produto não é desoxidado tão completamente como na refinação de arco a vácuo,

mas se pode obter contagens semelhantes de inclusões.

Derretimento por arco de plasma

Jatos de plasma, produzidos por gases de aquecimento, como, o argone, à temperaturas extremamente elevadas por meio de arcos elétricos podem ser usados para conduzir altas correntes na carga de uma fornalha. Desta forma, a carga pode ser derretida numa atmosfera inerte. Quando este método é aliviado à fundição por indução numa fornalha de indução de arco de plasma, se afirma que pode produzir aços iguais ao dos padrões do processo de indução a vácuo. O processo foi desenvolvido na URSS para a produção de ligas de super performance.*

Derretimento por feixes de eletrons

Esta é uma outra técnica especializada aplicada à fundição e refinação de aços que depende do derretimento e do super-aquecimento do ar em condições de vácuo. A mais recente versão comercial derrete o ar numa fornalha de indução que faz o despejamento para uma fornalha de retenção. A fornalha de retenção, por sua vez, despeja o aço a regime controlado para uma cascata de fornos e seguidamente para um vaso alimentador do molde do lingote. Toda a operação elevada a cabo em condições de vácuo intenso e os feixes de eletrons são usados para elevar a uma grande temperatura a superfície do aço nos fornos bem como para manter a topo do lingote derretido enquanto se procede à fundição contínua.

A focagem de feixes de eletrons na superfície do aço facilita, segundo se diz a volatilização de elementos metálicos nocivos, em particular de chumbo e de estanho. Segundo se diz o processo reduz também a conta de inclusões a um nível extremamente baixo, e presentemente, pode produzir lingotes até 10 toneladas.

Custos e escolha de processos

O custo compreensivo do re-derretimento de lingotes a arco e vácuo é muito idêntico ao custo do processo ESR; ambos custam, aproximadamente, EUA \$ 360 por tonelada de produto. Esta cifra inclui despesas capitais e outras despesas suplementares. O custo entre estes dois processos, portanto, depende da qualidade dos produtos alternativos e dos usos a que os produtos sejam submetidos. O processo por eletro-escória é provavelmente o melhor para forjamento de lingotes de maiores dimensões e é de esperar que o custo capital por tonelada anual de produção nas novas instalações de molde móvel diminua à medida que se constroem instalações de maior produção. Uma outra vantagem do processo ESR é que para algumas qualidades de aço lingotes forjados em fornalhas de aço elétrico mas não sob a aço de vácuo podem ser usados eletrodos, e isto é consideravelmente mais barato do que o uso de lingotes derretidos por indução a vácuo.

Não existem estatísticas do custo de derretimento por arco de plasma ou por feixe de eletrons. Derretimento por feixe de eletrons parece ser ainda mais dispen-

* Metal Bulletin, 5750, 36, 14 Nov. 1972

dioso do que refinação pelo processo eletro-escória e, conseqüentemente, este processo só é natural que seja usado para produzir um número limitado de aços que não podem ser feitos por outros métodos.

21.9 Tendências em processos de refinação de aços inoxidáveis

Durante o período entre 1955 a 1971 a maioria dos aços inoxidáveis foram produzidos numa fornalha elétrica pelo processo de redução oxidação. A produção anual mundial de lingotes de aço inoxidável atingiu 4,96 milhões de toneladas em 1970 declinando para 4,35 milhões de toneladas em 1971.

O desenvolvimento bem sucedido de processos pneumáticos para a fabricação de aço inoxidável está rapidamente a função da fornalha elétrica; presentemente, a fornalha elétrica está constituindo uma parte integrante das práticas duplex para produzir cargas de ligas derretidas para refinação, usando argone-oxigênio e processos de reação por recarburização a vácuo e bem assim para o processo BOF. Em alguns casos, são usadas fornhalhas elétricas para derretimento de minérios e forno de fundição ou de cúpula para produzir uma carga derretida. A fornalha de indução sem núcleo é um método alternativo para produzir uma carga de liga derretida mas, até a data ainda não foram instaladas grandes fornhalhas de indução com o propósito de manufatura de aço.

O estudo efetuado em 1971 (publicado em 1151/E/602/4) indica as seguintes tendências na produção de aço inoxidável por processos pneumáticos:

<u>Processo</u>	<u>Produção anual de lingotes (toneladas)</u>	
	<u>1970</u>	<u>1975 (prevista)</u>
1. Fornalha elétrica* - BOF (oxidação-redução)	222.000	320.000
2. Cúpula - BOF (oxidação-redução)	3.700	90.000
3. Cúpula - BOF - descarburização a vácuo	20.000	45.000
4. Alto-forno - BOF - descarburização a vácuo	45.000	435.000
5. Fornalha elétrica - descarburização a vácuo	6.800	1.110.000
6. Fornalha elétrica - descarburização Ar/O ₂	63.000	1.635.000
7. Derretimento por indução, refinação ou descarburização a vácuo	40.000	75.000

* Fornalha elétrica de fundição e derretimento

Pelas previsões para 1975 se pode deduzir que descarburização a vácuo em fornalha elétrica e descarburização argone-oxigênio em fornalha elétrica devem aumentar a sua popularidade em meados do quartel desta década.

21.10 Forjamento de aços especiais

O forjamento de lingotes de aços especiais em câmaras de vácuo já foi mencionado anteriormente. Um método alternativo para evitar entrada de oxigênio é proteger o fluxo de metal com gás redutível ou inerte na sua passagem para o molde do lingote. O número de aços especiais, todavia, tolerará um grau normal de recolha

de oxigênio e estes podem ser forjados nos moldes em ar pela forma normal. Porque praticamente todos os aços especiais são mortos e são mais valiosos do que aços ordinários, são usualmente forjados em moldes com aquecimento à parte superior e podem ser cobertos com compostos isotérmicos para reduzir ao mínimo a perda de rendimento.

Virtualmente todos os aços especiais são adequados para forjagem contínua e o melhor rendimento obtido é de particular interesse devido ao valor dos produtos.

E respectivamente do fato do aço ter sido desgasificado ou não, proteção contra efeitos atmosféricos durante forjagem contínua é da maior importância. Os métodos usados para assegurar esta proteção são uma combinação de coberturas refratárias submersas que atuam, de fato, como extensões das boqueiras, como coberturas para escória nos vasos e nos moldes e como proteção para o gás argônio nos vasos e nos moldes. É importante manter a temperatura do aço a ser forjado tão constante quanto seja possível e o aquecimento resistente no vaso tem comprovado ser um método eficiente e prático de obter este resultado.

Para aços especiais se preferem geralmente moldes direitos a moldes curvos particularmente, porque estes últimos produzem um teor mais elevado de inclusões em aços mortos por silício. Amplas boqueiras e conjuntos de tampas e exaguamento de boqueiras por argônio são usados para controlar o despejamento de aços mortos a alumínio, se fazendo uso de cobertura de escória do aço líquido nos móveis para retenção das inclusões. Como uma alternativa para produção de pranchas de grande dimensão e de blocos forjados é o despejamento a pressão (discutido no capítulo 15) em que usam moldes de grafite de alta precisão.

21.11 Aços especiais para laminagem

A maquinaria mecânica de aços especiais depois da forjagem segue, de uma maneira geral, o padrão adotado para qualidades ordinárias, mas que sempre existam diferenças, estas resultam num regime mais baixo de produção no caso de aços especiais do que no caso de aços ordinários. Porque estes regimes mais baixos são cumulativos, as produções finais podem ser muito pequenas. As diferenças principais entre os métodos adotados para os dois grupos generalizados se relacionam com os rendimentos requeridos e com os que foram produzidos e com a energia que se torna necessária. A maioria dos aços especiais são produzidos em quantidades muito pequenas comparados com a dimensão do lote de aços de qualidades ordinárias, e portanto, não justificam o uso de usinas semi-contínuas ou de usinas contínuas. As necessidades em energia elétrica são, de uma maneira geral, mais elevadas para aços especiais porque muitos são bastante mais rijos mesmo as elevadas temperaturas de laminagem. Isto leva à pequenas correntes de ar quando se procede à laminagem de aços especiais em usinas desenhadas para a produção de aço de qualidade ordinária de que, correspondentemente, resultam produções mais baixas.

Além de uma produção mais baixa devido a menores correntes de ar e velocidades de laminagem, as dimensões mais curtas produzidas resultam em rendimentos mais baixos com a correspondente redução na produção global. O efeito mais pronunciado

em produção é todavia, que os lotes de menores dimensões requeridos e a correspondente reduzida disponibilidade da usina devido a se ter de repetir a mudança dos rolos. Um exemplo típico é a produção regular de uma usina para mais de dois mil lotes por ano com uma dimensão média de lote inferior a duas toneladas.

Os custos reais de operação por tonelada nestas usinas abrangem uma gama extremamente ampla porque, as elevadas percentagens nos custos fixos influenciam em muito os custos compreensivos quando se considera a vasta gama de rendimentos obtidos para os diferentes produtos.

Produtos planos em aço inoxidável

A laminagem de tiras de aço inoxidável e de chapas leves é feita, idealmente, numa usina de tiras a quente de tipo semi-contínuo. O elevado rendimento de uma usina deste tipo em relação à demanda em muitos países significa que a usina não pode ser normalmente cheia apenas com aço inoxidável e outros aços especiais. Todavia, uma proporção cada vez maior de tiras de aço inoxidável produzida no mundo está sendo feita em usinas semi-contínuas de laminagem à quente, usualmente por contrato com firmas laminadoras ou métodos equivalentes. Porque se trata de um material de alto valor o custo de transporte de aço inoxidável sobre distâncias apreciáveis pode representar um proporção relativamente pequena do custo total, o que permite uma certa flexibilidade no quanto respeita à manufatura de pranchas em uma localidade, laminagem à quente em outro local e até mesmo laminagem à frio e tratamento térmico numa terceira localidade.

Todavia, existe um número de usinas de tiras à quente que são adequadas para pequenos rendimentos e, conseqüentemente de interesse para aço inoxidável.

Estas usinas se discutem no capítulo 17. Embora opiniões possam diferir, se considera que enquanto a usina quente de tipos planetários Sendzimir pode ter utilidade para larguras estreitas, é menos adequadas para aquelas larguras em que o aço inoxidável é mais geralmente laminado. Além disso, parece estar limitada a respeito das especificações metalúrgicas em que pode laminar com êxito.

A usina de tira à quente de reversão e bastidor único Steckel desde há muitos anos que tem sido usada para laminação à quente de grande parte das tiras de aço inoxidável produzidas no mundo. À medida que o mercado aumenta nos Estados Unidos da América e na República Federal Alemã, tem havido uma tendência para subcontratar a laminagem com usinas contínuas e semi-contínuas. Todavia, no Reino Unido, na Suécia, no Canadá e até certo ponto no Japão se continua trabalhando com laminagem quente Steckel. De fato, a usina à quente Steckel acaba de ganhar recentemente uma vida nova no quanto respeita à sua capacidade. A sua deficiência anterior residia em que, devido ao seu método de reaquecimento da bobina em "caixas quentes" em um ou outro dos lados da usinas, as extremidades da bobina recebiam menos redução devido à variações de temperatura, que, não obstante o uso de um controle automático de intervalo, levava a "extremidades pesadas" e variações de bitola na banda quente para além da compensação possível na subsequente laminagem à frio. Esta situação parece agora se ter alterado radicalmente pela aplicação

de um controle moderno hidráulico de grande precisão para regular o intervalo numa usina deste tipo aliado aos últimos tipos de equipamento de controle automático da bitola. Por exemplo, a Dosco no Canadá converteu recentemente uma usina Steckel para controle hidráulico do intervalo utilizando equipamento moderno de regulação da bitola. Segundo esta firma diz toda a sua produção de banda quente em aço inoxidável se encontra agora dentro da bitola nominal mais ou menos 0,13 mm o que está sem dúvida dentro da capacidade de correção das usinas de laminagem à frio.

A demanda para aço inoxidável plano em espessuras de chapas está aumentando continuamente para a fabricação de vasos para as indústrias químicas, de gás e alimentícias e as usinas acima discutidas podem produzir um proporção deste produto dentro de uma gama de largura que, as usinas de tiras existentes podem aceitar. Todavia, chapa mais larga necessita de ser laminada em usinas de chapas e é normalmente laminada de lingotes ou pranchas fornecidas pelo produtor, por sub-contrato.

Para laminagem à frio de tiras de aço inoxidável a usina bem condensada Sendzimir, com os seus rolos de trabalho muito pequenos, provavelmente não tem paralelo.

Chapas para transformadores

Quanto aqui se tem dito a cerca de laminagem de tiras de aço inoxidável se aplica também, de uma maneira geral, à tiras de aço silício orientadas para granulação para a manufatura de chapas para transformadores com baixa perda de corrente elétrica. Embora as chapas de aços silícios deste tipo sejam geralmente feitas por um processo patenteado que é propriedade e licenciado pela Armco, estamos convencidos de que equipamento de usina para laminagem à quente e as linhas iniciais para temperatura e desoxidação podem ser as mesmas utilizadas para aços inoxidáveis e que os dois produtos podem constituir parte de uma simples operação até este ponto. Todavia, se não considera boa prática laminar à frio aços inoxidáveis e aços silícios na mesma usina e, sem dúvida, não é boa prática usar as mesmas facilidades de corte e de rasgamento para os dois tipos devido ao risco de contaminação por resíduos e por poeiras.

Produtos não planos

Uma grande proporção de aços especiais é fundida em lingote e a laminagem destes lingotes até ao produto semi-acabado é muitas vezes feita em laminadoras normais de aço numa base de sub-contrato especialmente no caso de lingotes de maiores dimensões.

Vergalhões e barras de aço inoxidável são geralmente produzidas em usinas com configurações de circunvalação. Todavia, existe uma necessidade especial de laminagem de precisão em vergalhões em ligas de aço, não só porque o cliente normalmente demanda precisão para os propósitos que tem em vista, mas também porque o próprio produto tem grande desejo em controlar a seu rendimento com

precisão devido ao elevado valor do material. Para se obter esse propósito, tem sido dada grande preferência a usinas para vergalhões de liga de aço com bastidores de laminagem pré-distendidos e chumaceiras de precisão porque podem produzir vergalhões e barras com alto grau de precisão. Companhias Suecas, em particular, tem desenhado usinas de circunvalação altamente sofisticadas com desenhos repetidores e técnicas de controle muito mais avançadas do que aquelas conhecidas em outros países. Todavia, para justificar este tipo de novo investimento será necessário racionalizar a produção das usinas existentes mais pequenas. Esta racionalização se fez em anos recentes com algumas das usinas de laminagem de vergalhões no Reino Unido.

CAPÍTULO 22 - MINI-ACERARIAS

22.1 Definição

Uma mini-aceraria é uma fábrica de aço de capacidade limitada (normalmente com uma produção anual de entre 70.000 a 300.000 toneladas) que produz uma gama limitada de produtos sob condições de ambiente especializadas. Os produtos, que são na sua maior parte barras, são invariavelmente laminadas a quente de tarugos, e o processo é usualmente o de fundição de sucata em fornalhas de aço elétrico se seguindo um processo de forjamento contínuo.

O aspecto comercial de uma mini-aceraria é um de centralização do conceito. Uma mini-aceraria obtém uma posição de concorrência comercial porque emprega um número de vantagens secundárias para contrabalançar as desvantagens de um custo de conversão equivalente compreensivo e mais elevado em acerarias de maior capacidade integradas ou semi-integradas. Estas vantagens são:

- i) utilização de sucata local ou outras fontes econômicas de fornecimento de sucata
- ii) o custo mínimo de transporte e de promoção de vendas porque serve um mercado localizado - usual tipicamente dentro de 150 quilômetros de distância da aceraria
- iii) obtenção de uma elevada eficiência operacional e despesas mínimas (administração, desenvolvimento e mercantização) porque produz apenas uma gama limitada de produtos simples em aços ordinários, isto é, barras reforçantes
- iv) o uso de instalações relativamente simples com baixo custo de investimento de capital instalações que são, todavia, muito bem desenhadas para a gama de produtos que produzem e para a sua interrelação.

Os principais pontos mais fracos duma mini-aceraria é a sua sensibilidade aos preços de sucata, e a necessidade imperiosa de energia elétrica de baixo custo. Em alguns países em desenvolvimento as condições do mercado são apropriadas para mini-acerarias e existe o potencial necessário em energia elétrica de baixo custo provindo de centrais hidroelétricas mas a sucata não é tão fácil de adquirir. Isto levou ao interesse em ferro poroso (consultar o Capítulo 11) como um substituto para a sucata.

Deve ser frisado aqui que nem todas as acerarias pequenas se enquadram no conceito de mini-acerarias conforme discutidas neste capítulo. Relaminadoras, isto é, acerarias que fazem uma vasta gama de produtos ou que produzem apenas tarugos, e a maioria das acerarias com capacidades semelhantes mas métodos diferentes de processamento daqueles que acima se indicam, não serão classificadas como verdadeiras mini-acerarias.

22.2 Estudo das mini-acerarias existentes

O desenvolvimento de mini-acerarias pode ser ilustrado fazendo referência à sua posição na Itália e nos EUA.

Itália

Na Itália a maior parte da capacidade de produção nacional de aço cru de 23 milhões de toneladas anuais provém de unidades pequenas. Das 124 acerarias em operação em 1969, 116 tinham uma capacidade inferior a 0,5 milhões de toneladas por ano. Todavia, 22 acerarias italianas representando uma capacidade anual de 2,6 milhões de toneladas (média 115.000 toneladas anuais) foram classificadas como mini-acerarias em 1970, representando uma proporção relativamente elevada de 11 por cento da capacidade total de aço cru. Todas estas mini-acerarias empregam o processo de fundição por arco elétrico e forjamento contínuo; todas produzem barras de reforçamento, algumas em perfis 'estruturais' ligeiros, mas apenas três fazem manufatura de outros produtos (tira estreita e fio máquina).

Um exame aos usos industriais do aço na Itália nos dão uma idéia clara do êxito da mini-acerarias italianas. Durante a última década a indústria de construção civil da Itália tem tido uma atividade excepcional e das 14,8 milhões de toneladas de produtos de aço acabado entregues em 1969, 2,6 milhões de toneladas foram usadas em construções e em engenharia civil estrutural. É de justiça pois comparar esta posição com a posição da Alemanha (que tem uma população semelhante) onde de um total de 35,2 milhões de toneladas de produtos de aço acabado, apenas 1,3 milhões de toneladas foram entregues para uso na indústria de construção e existem apenas 6 mini-acerarias conhecidas.

O crescimento de mini-acerarias na Itália foi, provavelmente, encorajado pela configuração geográfica do país; as atividades de construção estão relativamente dispersas e isto permite que muitas das acerarias sirvam mercados locais sem sofrerem competição de acerarias de capacidades maiores que existam nas suas proximidades. Por outro lado, todavia, o vasto uso de sucata para a indústria siderúrgica levou a grandes importações de sucata - 5,1 milhão de toneladas em 1969 - o que, fatalmente, significa que muitas das mini-acerarias não podem obter os benefícios de aquisição de sucata local a baixo preço.

EUA

Nos EUA existem também numerosas acerarias de pouca capacidade. Se conhece a existência de mais de 40 'mini-acerarias' com capacidades individuais de até 300.000 toneladas e uma capacidade total de cerca de 6 milhões de toneladas anuais (média geral de 140.000 toneladas). Contudo, estas mini-acerarias representam menos de 4 por cento da capacidade total de aço cru dos EUA. Se não conhece o número

QUADRO 22.1 - AÇERARIAS 1955 SUA PRODUÇÃO ANUALS INFERIORES A 200.000 TONELADAS

Companhia e Localização	Metal quente	Capacidade anual aproximada em toneladas	Data da instalação	Produto laminado à quente e barras de reforçamento	Companhia e Localização	Metal quente	Capacidade anual aproximada em toneladas	Data da instalação	Produto laminado à quente e barras de reforçamento
Allison Steel Wf. Co. Tempe, Arizona	3-20SE	125,000	-	Barras de reforçamento	LeTourneau, Inc. Longview, Texas	3-27SEF	180,000	-	Placas e pranchas
Anaco Steel Corp. Sand Springs works Tulsa, Okla.	1-70SE *	125,000	1915	Laminados à quente e barras de reforçamento	Mississippi Steel Corp. Jackson, Mississippi	2-10SEF	70,000	-	Laminados à quente e barras de reforçamento
Bonair Steel Rolling Mills, El Paso, Texas	2-25SE	125,000	-	Laminados à quente e barras de reforçamento	North Star Steel Co. St. Paul, Minnesota	1-50SEF*	90,000	1907	Laminados à quente e barras de reforçamento
California Steel Div. Fontana, Calif.	2-30SE*	100,000	1967	Barras laminadas à quente, feixes estruturais e especiais	Northwest Steel Rolling Mills, Inc. Seattle, Washington	1-30SEF	90,000	-	Laminados à quente e barras de reforçamento
Commonwealth Steel Div. H.A. Porter Birmingham, Alabama	3-20SE	180,000	1954	Barras estruturais e parafusos	Oregon Steel Mills, Portland, Oregon	3-20SEF*	190,000	1970	Barras laminadas à quente, pranchas
Edwards Steel Producers Exchange, California	2-70SE 2-10SE*	135,000 60,000	-	Barras laminadas à quente e vergalhões e barras de reforçamento	Queen Electric Steel Co. Cayce, S.C.	VA	VA	-	Laminados à quente e barras de reforçamento
Florida Steel Corp. Tampa, Florida	1-25SE*	190,000	1965	Barras laminadas à quente e estruturais	Pollock Steel Co. Marion, Ohio	1-30SE*	90,000	1953	Laminados à quente e barras de reforçamento
Georgetown Steel Corp. Georgetown, S.C.	2-35SE*	180,000	1963	Fio máquina e laminados à quente	Roanoke Electric Steel Roanoke, Va.	1-12SE*	90,000	1962	Laminados à quente e barras de reforçamento
Harrisburg Steel Co. Harrisburg, Pa.	3-50SE 1-15SE	70,000 40,000	-	Blocos de forjamento	Roolin Steel Corp. North Tonawanda, NY	2-25SE 2-25SE*	125,000	1964	Laminados à quente e fio máquina
International Steel Corp. Norfolk, Virginia	1-25SE	40,000	-	Laminados à quente e barras de reforçamento	Southern Electric Steel Birmingham, Alabama	1-15SE*	50,000	1965	Laminados à quente e barras de reforçamento
Judson Steel Corp. Emeryville, California	3-50SE	70,000	-	Laminados à quente e barras de reforçamento	Southwest Steel Rolling Mills Inc., L.A. Calif.	2-12SE 1-15SE	130,000	-	Laminados à quente e barras de reforçamento
Knox Steel Electric Steel Kankakee, Illinois	1-15SE	60,000	-	Barras de reforçamento	Structural Metals, Inc. Seaford, Texas	2-25SE	40,000	-	Laminados à quente e barras de reforçamento
Northwest Electrical Steel Quality, Kentucky	2-15SE	120,000	-	Barras estruturais e parafusos	Tennessee Forging Steel Harrihan, Tennessee	1-20SE*	60,000	1967	Laminados à quente e barras de reforçamento
Novaville Iron Co. Knoxville, Tenn.	2-15SE 1-25SE	90,000	-	Laminados à quente e	Texas Steel Co. Fort Worth, Texas	1-25SE	100,000	-	Barras de reforçamento laminadas à quente e barras de aço
					Warburton Wire Co. Phillipsdale, R.I.	1-12SE 2-25SE	100,000	-	Barras laminadas à quente e vergalhões, barras e fio
					Capacidade total		3,400,000		

* Forjamento contínuo

+ Forjamento a pressão

total de acerarias existentes presentemente nos EUA mas, em 1967, existiam 90. Acerarias nos EU com uma capacidade de menos de 200.000 toneladas por ano se encontram no Quadro 22.1.

Ao ser feito um exame às especificações destas acerarias se percebe que elas desempenham um papel ligeiramente diferente do das acerarias na Itália e que, sem dúvida, algumas delas não são de fato mini-acerarias dentro do conceito descrito. No caso de quase todas as acerarias produzindo barras de reforçamento e muitas produzem também barras laminadas à quente, a gama total de produção da aceraria é muito mais ampla do que no caso das mini-acerarias da Itália. Cerca de 75 por cento destas acerarias são de forjamento contínuo.

A diferença entre as mini-acerarias na Itália e as mini-acerarias nos EUA provém provavelmente, do ambiente e do momento em que o seu desenvolvimento teve lugar. Os EUA são exportadores de sucata, e a grande disponibilidade de sucata localizada permite um ambiente favorável para mini-acerarias. O ímpeto que levou ao desenvolvimento de mini-acerarias nos EU foi o programa federal de construção de rodovias nos últimos anos do decênio de 1950 e nos primeiros anos no decênio de 1960 e, neste período, virtualmente todas as mini-acerarias serviram à indústria de concreto reforçado. O forjamento contínuo ainda não existia na altura em que essas acerarias foram construídas. Com o programa de rodovias agora praticamente completado as mini-acerarias se viram forçadas a procurar áreas diferentes no mercado, e as principais autoridades dos EUA têm afirmado que não é de esperar que se dê qualquer crescimento no número de mini-acerarias.

22.3 Custos e localização de mini-acerarias

Custo capital

As mini-acerarias têm um custo capital inferior por tonelada de produção anual do que o custo atribuído a uma produção equivalente numa aceraria integrada de capacidade maior, e um custo capital comparável, ou possivelmente mais baixo, do que o de uma grande instalação para fundição de sucata. Por exemplo, uma mini-aceraria pode ser construída à base de \$120 e \$180 por tonelada de produção anual e algumas acerarias foram mesmo construídas por um preço inferior à \$100 por tonelada. O custo capital de uma aceraria integrada à base de minério poderia ser entre \$180 e \$300 por tonelada, enquanto que o custo capital atribuído à produção de barras é natural que seja 20 ou 30 por cento mais elevado do que em mini-acerarias equivalentes.

As mini-acerarias alcançam este custo relativamente baixo com a escolha muito meticulosa da sua maquinaria. O trem de laminagem é normalmente o item mais dispendioso mas maquinarias sofisticadas são reduzidas ao mínimo e devido à gama limitada de produtos e as vastas tolerâncias normalmente permitidas, o período de produção pode ser reduzido ao mínimo e consequentemente a produção e o rendimento são elevados. Para reduzir uma vasta utilização de capital algumas mini-acerarias têm sido, de fato, construídas com instalações adquiridas em segunda mão.

Para operação eficiente é importante equalizar a fornalha e as capacidades de forjamento com a capacidade da aceraria. Pode-se afirmar que invariavelmente se especifica forjamento contínuo de tarugos para novas mini-acerarias mas, ao

contrário do que sucede à acerarias maiores, não são fornecidas, normalmente, facilidades de reserva de fundição. Assim, acerarias maiores fazem uso com frequência de duas fornalhas de arco elétrico, idênticas, mas algumas das acerarias menores se servem apenas de uma única farnalha se bem que isto não permita a igualização tão perfeita da fundição contínua.

As mini-acerarias permitem economias de grande vulto no custo de 'serviços instalados' porque reduz ao mínimo a necessidade de oficinas, armazém, laboratórios e escritórias, e, em matéria de serviços, devido ao seu desenho metuculoso e muito compacto, distribuição e facilidades de transporte.

Outra diferença importante entre as acerarias de grande capacidade e as mini-acerarias reside no tempo que estas últimas levam a construir, a arrancar e a obter produção máxima. Em vez de 3 - 4 anos para construir e arrancar, acrescidos de mais 2 anos de 'aprendizagem' como é o caso numa grande aceraria integrada, uma mini-aceraria pode ser construída e entrar em operação máxima em metade desse tempo. A diferença provém da simplicidade inerente de uma mini-aceraria e do fato de que a sua maquinaria é normalmente equipamento Standard bem comprovado e não maquinaria mais sofisticada como é o caso nas maiores acerarias integradas. Esta diferença é de muita importância na êxito de uma mini-aceraria porque leva menos tempo a serem obtidos os lucros o que melhora o perfil do fluxo de dinheiro em caixa a que justifica o valor de recuperação de capital mais baixo e conseqüentemente menores encargos sobre o capital necessário.

Porque a instalação é de tipo standard e simples, as necessidades de sobressalentes, especialmente em países em desenvolvimento, pode ser reduzida ao mínimo e isto ajuda, em muito, a manutenção de uma baixa necessidade de capital para operação.

Localização das mini-acerarias

Os encargos mais baixos sobre o capital no caso de mini-acerarias em comparação com os encargos necessários em acerarias integradas são geralmente anulados por custos mais altos de operação, mas estes custos são poderosamente influenciados pela operação comercial de uma mini-aceraria. Uma mini-aceraria só pode competir com acerarias maiores integradas e semi-integradas em condições favoráveis e, conseqüentemente, a sua localização é de importância primordial, porque tanto as receitas como os custos de operação são muito influenciados pela localização das instalações. Os fatores de localização podem ser considerados pela forma seguinte:-

- i) Proximidade dos mercados.
- ii) Localização da concorrência.
- iii) Proximidade de fontes constantes de sucata pouco dispendiosa.
- iv) Existência e custo de energia elétrica.
- v) Disponibilidade e custo da massa operária.
- vi) Ambiente fiscal.

As mini-acerarias têm que planificar a sua produção de forma a servir o mercado

adequado, e é importante que a gama de produtos seja limitada e que, regra geral os produtos sejam simples. Isto reduz tanto as despesas de produção direta como os custos (custos técnicos e de mercantilização). A maioria das mini-acerarias têm por objetivo vender a maior parte da sua produção dentro de 150 km de distância da fábrica e, frequentemente, servem ainda um mercado que está muito mais localizado. Não esperam também serem os fornecedores de todo o seu mercado local - preferem limitar a sua cota no mercado a fim de evitar a estagnação nos custos locais ao mesmo tempo que ajudam, desta forma, a que seja mantida uma utilização completa da sua aceraria. Uma situação instável ou sujeita à rápidas mudanças no mercado não seria atrativa para as acerarias porque uma mini-aceraria só tem uma possibilidade limitada de mudar para a sua gama de produtos.

A consideração mais importante a cerca de sucata é que esta seja mantida a um preço de entrega baixo. Dependendo do sistema de marcação de preços do produto que esteja em vigor e da natureza e localização da concorrência tanto para o mercado como para a aquisição de sucata, as fontes locais de sucata podem bem ser mais importantes do que os mercados locais propriamente ditos. E também no interesse das mini-acerarias assegurarem que não façam uso de toda a sucata que exista localmente porque isto tenderá a elevar o preço do produto e a restringir a escolha da qualidade. Considerando o mercado local e a sucata existente é geralmente vantajoso para uma mini-aceraria de se encontrar localizada bem afastada de todas as acerarias da concorrência usando os efeitos benéficos de custos de transporte para poder obter uma vantagem comercial sobre a concorrência.

Custos de operação

O Quadro 22.2 mostra um desdobramento dos custos de uma mini-aceraria internacional hipotética produzindo barras de reforçamento. O preço do produto acabado se compara bem com aquele produzido por acerarias grandes integradas; sob condições menos favoráveis o preço do produto acabado poderia ser tão elevado como \$250 por tonelado. Mesmo a estes níveis de custo, mini-acerarias podem bem ser apropriadas em países em desenvolvimento se puderem eliminar a necessidade de importar certos tipos de produtos de aço. O efeito no custo do produto acabado de mudança nos custos individuais de maior vulto se encontra ilustrado no Quadro 22.3.

QUADRO 22.2 - CUSTOS COMPREENSIVOS DE MINI-ACERARIAS

Custo	\$ por tonelada - produto
Comprado em sucata	29
Ferro gusa	7
Eletrodos, cá, adições	9
Elettricidade *	8
Massa Operária *	7
Consumíveis, outros custos de conversão *	15
Encargos capitais *	22
Encargo de capital de movimento	4
Custo total do produto	<u>100</u>
* Inclui todos os serviços na aceraria. Baseado em um custo capital de \$140 por tonelada de produto	

Se verificará que o preço do produto é muito sensível ao preço da sucata, e que alguns dos fatores que influenciam o preço da sucata se encontram discutidos no Artigo 22.4. O preço do produto é sensível também aos encargos sobre o capital e, conseqüentemente, aos encargos capitais da aceraria, sua utilização e o custo do capital propriamente dito. Apesar disso, o custo do produto não é tão sensível à utilização da instalação como no caso das grandes acerarias integradas, e a mini-aceraria tem a possibilidade de diminuir os efeitos adversos de um baixo nível de rendimento por intermédio de uma política de compras de sucata bem adequada.

A produção anual de uma mini-aceraria pode ser tão elevada como 1.000 toneladas por homem, se bem que cifras à volta de 500 toneladas sejam aquelas presentemente mais comuns. Conseqüentemente, o custo do produto não é particularmente sensível aos vencimentos da massa operária ou à produtividade. Uma grande proporção de massa operária é empregada em produção direta e não como pessoal de apoio e a existência de massa operária adequada pode bem ser mais importante do que a verba que lhes seja paga por hora. Frequentemente, uma aceraria nova treina localmente o seu pessoal de preferência a tentar atrair operários siderúrgicos especializados vindos de outras localidades.

QUADRO 22.3 - SENSIBILIDADE DOS CUSTOS COMPREENSIVOS EM MINI - ACERARIAS

- A. Percentagem de mudança em custo requerida para mudar o custo do produto em um por cento, assumindo que todos os outros custos se mantêm constantes.

Item	Percentagem de mudança
Custo de sucata	3
Encargo capital	5
Encargo de eletricidade	11
Custo de operariado	13

- B. Mudança em parâmetros para alterar o custo do produto de \$3 por tonelada, assumindo que todos os outros parâmetros se mantêm constantes.

Parâmetro e Unidade	Nível de parâmetro para custo de produto de:	
	\$97/tonelada	\$103/tonelada
Preço de sucata \$ por tonelada	\$26	\$32
Eletricidade \$ por kW-h	\$0.007	\$0.015
Custo médio de operariado \$ por homem por ano	\$2500	\$5700
Custo capital de maquinaria \$ por tonelada de produto	\$123	\$157
Utilização média da instalação percentagem da capacidade	100%	80%

O Quadro 22.3 mostra também que variações normais em custo de eletricidade não têm uma grande influência no custo do produto embora haja não esquecer que em circunstâncias especiais podem existir grandes variações entre os preços em diferentes localidades. É também possível que a magnitude máxima exigida pela indústria siderúrgica tipicamente 25 MVA possa afetar os locais e serem considerados para ser construída uma mini-aceraria.

22.4 Disponibilidade de sucata e seu preço

O preço da sucata é poderosamente influenciado pela procura e num mercado livre diferenciais locais refletem pura e simplesmente as diferenças em custo de transporte. As mini-acerarias têm que competir com os outros fabricantes de aço na compra de sucata existente no mercado e experiência tem revelado que a menos que

seja empregado e utilizado um certo acordo de unificação de preços o custo de sucata a curto prazo é imensamente volátil e as existências limitadas. Isto é particularmente verdade no caso de sucata de processamento que poderia bem constituir uma das fontes mais importantes para a não circulação de sucata num país em desenvolvimento. A vantagem da sucata para a manufatura de aço e, conseqüentemente, o seu preço depende grandemente da sua composição química e também é influenciado pela sua forma física. Sucata para processamento demanda um preço mais elevado porque a sua composição é conhecida e por esta razão muita da sucata para processamento é devolvida à sua fábrica original. Porque, usualmente, produz apenas aços ordinários, uma mini-aceraria pode aceitar um nível muito mais elevado de elementos parasitários do que muitas das grandes acerarias integradas, particularmente aquelas cuja produção é concentrada em produtos planos. Isto permite que uma mini-aceraria utilize graus mais baratos de sucata para os quais a procura não é tão grande. Isto é especialmente verdadeiro quando a procura é escassa porque existe mais tempo para refinar o aço e, sob estas circunstâncias, sucata de ferro pode ser usada como uma fonte de carbono em vez de ferro gusa.

Os custos de transporte para a sucata são semelhantes aos custos de transporte para produtos acabados e, podem bem ser 1,0¢ por tonelada quilômetro. Conseqüentemente uma entrega a uma distância superior a 400 quilômetros pode adicionar \$4/tonelada ao custo da sucata, aumentando o custo do produto em uma soma semelhante. Isto ilustra a importância da disponibilidade existente de sucata local. Por este motivo mini-acerarias normalmente evitam localização onde existam uma forte concorrência para a sucata porque tal competição aumentará o seu preço. O efeito deste preço elevado pode ser ainda maior do que aquele que à primeira vista possa parecer. Por exemplo, consideremos uma pequena fonte de sucata isolada, situada a 400 quilômetros de um mercado de sucata volumoso e bem estabelecido em que o preço seja de \$29 por tonelada. Uma pequena aceraria adjacente à fonte isolada poderia comprar sucata a \$25 por tonelada, isto é, \$29 por tonelada menos o transporte diferencial. Por outro lado, se existe uma concorrência vigorosa para a sucata nas vizinhanças da fonte isolada o preço tenderá a subir para \$33 por tonelada (isto é, \$29 mais o custo do transporte desde o mercado de sucata) - um aumento de \$8 por tonelada.

Os modernos processamentos de sucata se estão transformando em um método que é bastante intensivo em despesa capital e isto tende a concentrar o processamento de sucata em áreas onde existam vastas quantidades. Estas áreas são aquelas em que frequentemente existem outras acerarias mas, evidentemente, uma mini-aceraria colocada perto de acerarias integradas não necessita de estar em competição para a compra de sucata desde que a mini-aceraria possa usar graus de sucata que não são de interesse para as acerarias integradas.

22.5 Desenvolvimentos futuros em mini-acerarias

Porque as mini-acerarias fazem uso de maquinaria tipo standard não se encontram na vanguarda dos desenvolvimentos tecnológicos. Por outro lado, acompanham muito de perto os avanços tecnológicos, em parte para poderem adaptar-se a esses avanços e as suas próprias instalações uma vez estes estejam bem comprovados, e em parte porque tais avanços afetarão a posição dos competidores das mini-acerarias.

O avanço mais importante que pode ter interesse direto nas mini-acerarias é a

possibilidade de substituição de produtos pré-reduzidos por sucata, desde que tais produtos existam no mercado a um preço de concorrência.

Existem várias vantagens no uso de ferro poroso nas fornalhas elétricas. O material pré-reduzido pode ser carregado continuamente e apresenta menos problemas de elementos parasitários do que a sucata. Todavia, misturas de ferro poroso e de sucata oferecem, presentemente, uma promessa maior. Uma carga mista produzirá um ciclo de tempo mais rápido e menor potência e consumo de eletrodo do que uma carga de 100 por cento de sucata ou 100 por cento de ferro poroso. Estas vantagens anularão uma parte do custo adicional de material pré-reduzido, e uma voz muito autorizada calcula que material pré-reduzido possa ser competitivo quando o preço por tonelada de material contendo 90 por cento de ferro metálico seja cerca de \$5 mais elevado do que o preço da sucata.

Uma tendência a longo prazo que terá uma influência no papel das mini-acerarias é o aumento relativo no custo de coque comparado com o custo de eletricidade. Isto tenderá a encorajar a manufatura de aço por arco elétrico relativamente ao alto-forno/BOF. Por outro lado, reduções relativas no custo de transporte provenientes do uso de contentores e melhores facilidades de manuseamento reduzirão o ponto em que as mini-acerarias se manterão isoladas, por distância dos seus competidores.

Em termos de futuro mais distante existe uma tendência para aumentar a proporção de produtos planos e para a manufatura de produtos mais sofisticados; até mesmo no mercado de barras de reforçamento estão sendo afetados pela demanda sempre crescente de aço de maior densidade. Estas tendências podem bem limitar o desenvolvimento do tipo de mini-aceraria descrito neste artigo, mas, em contrapartida, poderá encorajar o desenvolvimento de acerarias orientadas para um mercado pequeno produzindo artigos especializados em volumes de pequena proporção.

CAPITULO 23 - POLUIÇÃO

23.1 A necessidade de controle de poluição

Um poluente do ambiente é qualquer substância, ou combinação de substâncias, cuja presença reduz o estado de saúde ou a qualidade social do ambiente. O controle de poluição pode, em qualquer eventualidade, ser local, nacional ou mundial dependendo do tipo de poluente ou onde se façam sentir os seus efeitos. As consequências legislativas do controle de poluição, em grande parte, dependem do grau até que as populações aceitam a redução em qualidade nos seus ambientes de trabalho e residência, resultante de poluição incontrolável.

Ao ser considerado o controle de poluição numa indústria siderúrgica há que tomar em consideração o nível de poluição produzido por outras indústrias que se encontrem próximas. Sem dúvida, seria inaceitável permitir altos níveis de poluição provenientes de uma aceraria numa área em que as indústrias vizinhas mantêm um ambiente limpo de poluição. Identicamente, não é razoável esperar melhor controle de poluição do que aquele que predomina nos melhores padrões da nação em geral.

Este capítulo discute as várias formas de controle de poluição usados na indústria siderúrgica e faz a sua relação com o custo da qualidade do dito controle.

23.2 Legislação presente para controle de poluição

A legislação para controlar emissões de poluente foi iniciada originalmente com o simples propósito de aliviar os graves efeitos locais de efluentes industriais de natureza altamente perigosa ou agressiva. Todavia, com o crescimento da indústria, começaram a aparecer outros poluentes menos óbvios. A combinação de nevoeiro, dióxido sulfúrico e elevado teor de poeiras na atmosfera que se tem verificado em muitos países, e os efeitos nocivos que infligem sobre as populações humanas é um fator bem conhecido.

O controle de poluição é invariavelmente uma atividade que não dá proventos financeiros e que requer consideráveis despesas monetárias e, por isso, é muitas vezes feito com relutância. Este é especialmente o caso numa situação altamente competitiva onde as margens de lucro possam ser muito baixas. Onde existe legislação sobre poluição é crucial que a indústria tenha confiança numa implementação

consistente e justa das leis vigentes por parte das autoridades responsáveis pela sua implementação. Sobre este ponto, é importante que a legislação seja feita numa base nacional ou mesmo internacional a fim de impedir o aparecimento de áreas de "poluição à solta" onde baixos padrões de controle de poluição, são a ordem do dia, com o propósito de atrair investimento industrial.

Não é possível apresentar padrões quantitativos por forma concisa porque, com o método de licenciamento largamente empregado, os limites de descarga são, frequentemente, calculados para casos individuais numa base do volume descarregado, concentração do poluente, concentração secundária, temperatura de descarga e métodos de descarga.

O grau de controle de poluente depende de:

- (a) A autoridade governamental empenhada
- (b) Quem, ou o que será protegido pelo controle
- (c) Onde será descarregado o efluente.

Governos em um número de países industrializados estabeleceram padrões aceitáveis para o nível de poluentes comuns como, por exemplo, metais tóxicos, claretos, óleos, sólidos suspensos, etc. Estes níveis podem variar dependendo do ponto de descarga do efluente.

Existe uma preocupação cada vez maior, em todo o mundo, com a poluição do ambiente e, em consequência, pressão por parte do público sobre os respectivos governos para introdução de legislação efetiva para controlar a poluição. Está aparecendo uma tendência nos países europeus para a constituição de uma organização legislativa que abarque todos os problemas de poluição numa base de medidas cientificamente estudadas relacionadas com as viabilidades técnicas e condições nacionais e locais. Seria de interesse para os países que possuem presentemente baixa atividades industrial, possivelmente com poucas ou nenhuma restrições na descarga de efluentes, ou tomarem boa nota das tendências no controle de poluição seguidas pelas nações altamente industrializadas. Não obstante a aparente vasta capacidade de ambiente para absorver poluentes, o desenvolvimento de vastos complexos industriais causará inevitavelmente uma deterioração séria nas condições locais de trabalho e de habitação a menos que sejam tomadas medidas preventivas desde o princípio.

23.3 Revista dos métodos de controle de poluição pelas indústrias de ferro e do aço

Fornos de Coque

Carbonização de refugos de carvão na geração de vastas quantidades de alcatrões e de poeiras que constituem, potencialmente, um considerável problema de poluição e fornos de carvão têm sido grandes poluidores da atmosfera. No passado, produtos que causavam poluição eram canalizados para um forno adjacente; atualmente, é praticamente mais comum equizar o carro de transporte de carvão com lavadoras mecânicas ou de venturi, úmidas. Um sistema de controle de poluição mais

aperfeiçoado emprega um método de carga de fogões por canalizações que utilizam um sistema central úmido de lavagem. Este sistema abrange também o pó de carvão que se escapa da preparação de carvão e da secção de pré-aquecimento. Depois de ser feita a carbonização o coque é encharcado com jatos de água, de que resulta a produção de grandes quantidades de vapores e componentes odorosos. A melhor forma de evitar poluição da atmosfera é colocando uma torre de encharcamento, com batentes, para irrigação simples que retem os pingamentos de vapor e as poeiras.

Uma alternativa que parece oferecer maior redução em poluição do ar, resultante das operações de impelimento e de encharcamento, é a mesa rotativa contínua de ensopamento. Neste processo o coque é descarregado numa mesa rotativa onde é encharcado numa camada rasa antes de ser descarregado do ensopador. A unidade completa é selada à porta do forno durante o impelimento. Em controle de poluição provinda de fogões de coque, devido aos processos úmidos de lavagem existe o problema da disposição das substâncias removidas dos gases anteriormente poluídos. A água de lavagem pode estar fortemente contaminada com amoníaco, cianeto, tiocianeto, sulfídicas, etc. Práticas modernas para a purificação de efluentes aquosos demandam tratamento biológico usando grupos específicos de bactérias para oxidar os contaminantes.

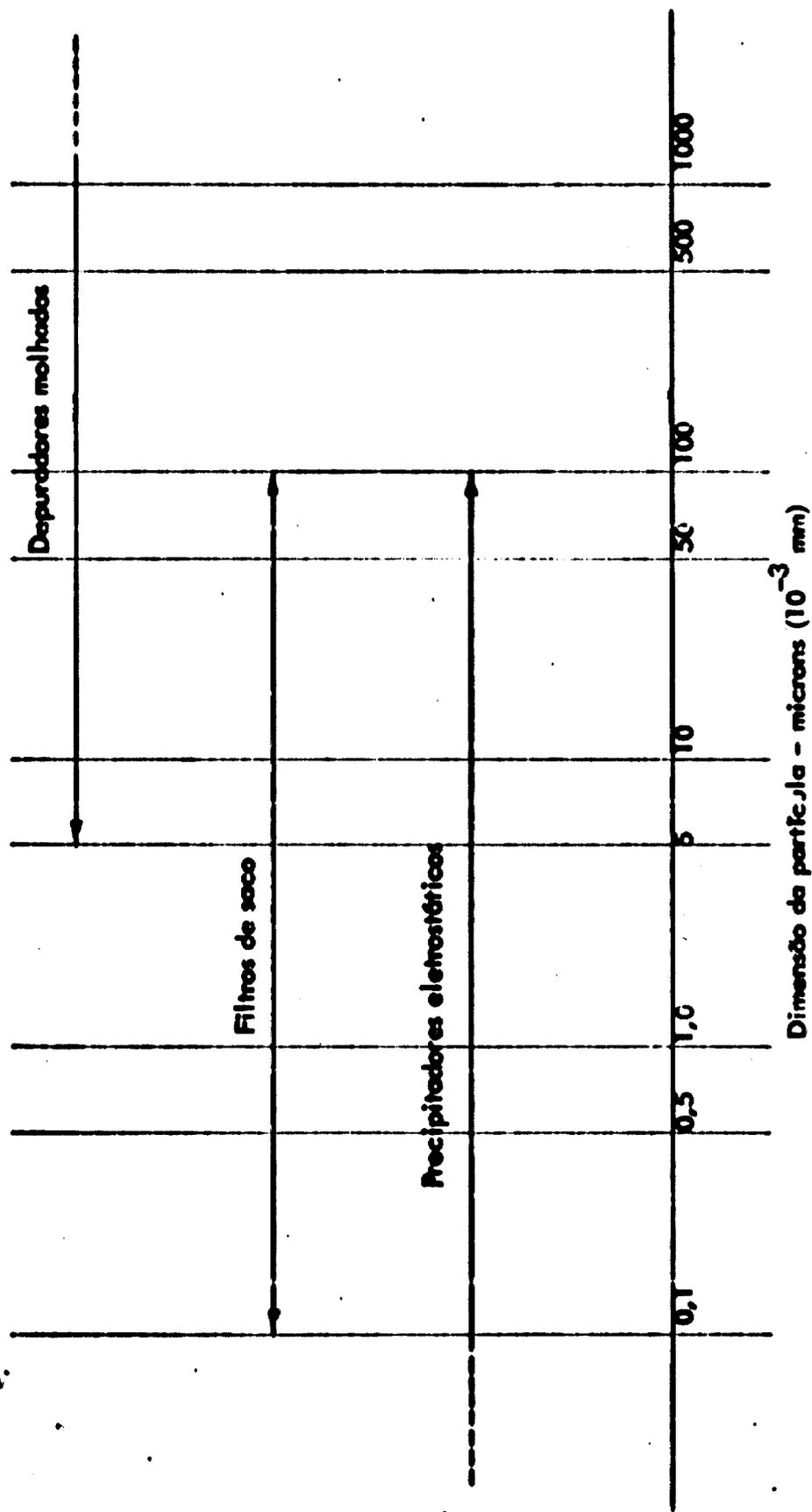
Os custos de tratamento de efluentes provindo de fogões de coque variam, evidentemente, dependentes do grau do tratamento feito. Como exemplo, podemos afirmar que o custo de limpeza de gás é da ordem de 25 centavos por tonelada de produto de coque mais 4 centavos por tonelada se for incluído o tratamento biológico da água.

Preparação da carga

A manipulação e tratamento de materiais secos e crus produzem vastas quantidades de poeiras. A poeira produzida pelo esmagamento e peneiramento de minério de ferro e de coque pode ser suprimida usando métodos tão simples como a técnica de espargimento de água ou tão sofisticado como o do encerramento de toda a área onde é produzido o pó, ou ainda, montando escapes para o ar e retentores de pó. A escolha depende totalmente daquilo que o operador está disposto a pagar ou aquilo que está pronto a aceitar em termos de limpeza.

Em trituração molhada e concentração os produtos finais podem conter, por exemplo, elevados teores de compostos nocivos. Tais sólidos são geralmente removidos por assentamento. Os produtos finais são normalmente ensopados deixando que a água se evapore para que os sólidos fiquem no fundo, em forma de um bolo. Em certas condições como, por exemplo, quando haja falta de água, pode ser usado um sistema de recirculação.

Em instalações de pelletização e de concrecionamento o pó gerado pode ser recolhido por uma variedade de métodos como, por exemplo, ciclones, lavadores umedecidos, precipitadores eletrostáticos e filtros de tecido, cujas características se mostram na figura 23.1. A escolha pode ser feita tanto pelo custo como pela preferência dos operadores. No processo de concrecionamento, se tem dado desen-



Tipos de retentores de pó - eficiência mínima 90 por cento

FIGURA 23.1 - APLICABILIDADE DOS DIFERENTES TIPOS DE RETENTORES DE PÓ EM RELAÇÃO À DIMENSÃO DA PARTÍCULA

volvimentos no arrefecimento de ramais permitindo o emprego de técnicas de recolha de pó muito mais simples.

Os custos de controle de poluição dependem do grau de redução de poluentes que se pode obter dos processos existentes e da escala da operação. Para controle de pó em áreas de preparação de matérias primas, os custos totais podem ser tão baixos com 15 céntimos por tonelada para filtros de saco e até 25 céntimos por tonelada para escovadores molhados de baixa energia, para instalações de concrecionamento, de dimensões semelhantes os custos para a mesma instalação de tratamento variam de entre 23 céntimos por tonelada e 37 céntimos por tonelada.

Operação de alto-forno

O maior problema de poluição em operações de altos-fornos tem lugar quando se faz o tratamento do gás antes de este ser queimado. Lavagem molhada é um método popular para o tratamento deste gás mas a resultante água contaminada tem de ser depois purificada. No passado foi usado laços de construção simples para este propósito mas devido ao espaço que é necessário, está aumentando o uso de clarificadores mecânicos e de filtros.

A manipulação de matérias primas na sua marcha para os altos-fornos cria poeiras idênticas às anteriormente descritas na secção de preparação da carga e se pode usar processos semelhantes contra a poluição.

Manufatura de aço

Manufatura de aço produz quantidades de fumos de óxido de ferro fino e poeiras. Fornos Siemens-Martin e manufatura de aço por arco elétrico produzem poeiras que, outrora, eram consideradas como uma inevitabilidade industrial. Todavia, com o advento de manufatura de aço por sopramento de oxigênio as emissões de poeira aumentaram para níveis inaceitáveis, aproximadamente de 1,5 por cento do peso total da carga. As instalações tiveram, portanto, de ser construídas com dispositivos para o controle de poluição, eficientes bastantes para reduzir esta percentagem. Um dos mais importantes problemas no controle de poeira de instalações BOF é elevada temperatura do gás, que é do teor de entre 1.400° e 2.000°; este gás contém gases combustíveis que podem ser utilizados para produção de vapor.

Existem de uma maneira geral, três métodos básicos para limpar gases de descarga em instalações BOF:

- (i) Uso de precipitador eletrostático equipado com um sistema de capuz pressurizado.
- (ii) Uma instalação de lavagem molhada com uma garganta variável e sistema de capuz pressurizado.
- (iii) Processo de recuperação de gás de oxigênio Yawata (OG).

Enquanto que os dois primeiros sistemas queimam os gases desperdiçados com uma quantidade muito vasta de ar e os limpam num precipitador eletrostático ou numa

instalação de lavagem molhada o terceiro sistema trata os gases quando não queimados. Existem dois tipos de precipitador eletrostático, o de placa molhada e o de placa seca. Comparando com o sistema de placa seca, o precipitador de placa molhada é operado à temperaturas mais baixas de gás de admissão (cerca de 80°C), de que resulta haver menos volume de gás a limpar; o sistema de placa molhada é também mais eficiente, por unidade de área de recolha, do que o sistema de placa seca. O efeito cumulativo destes dois fatores é que o precipitador de placa molhada pode ser de menor dimensão do que os seus equivalentes em placa seca.

Portanto, um sistema de placa molhada parece ser uma instalação mais económica até se considerar o problema de disposição da lama de óxido de ferro e o custo capital da necessária clarificação da água e a instalação para recuperação de poeiras. Todavia, para uma instalação de limpeza de gás em uma aceraria integrada onde já existe capacidade para manuseamento de lama molhada, um precipitador de placa molhada, constitui uma proposta atraiante. Deve ser notado que quando uma instalação BOF possui incorporado um sistema de caldeira de aquecimento de refugo, precipitadores de placa molhada não são apropriados. A alimentação auxiliar a óleo de gases, cria consideráveis problemas de corrosão quando os fumos são arrefecidos para condições de neblina.

O precipitador de placa é desenhado para uma temperatura de admissão de gás de entrada de entre 260° a 300°C . Tanto os sistemas molhado como seco requerem uma secção de arrefecimento para refrigerar os gases que abandonam as cobertas de aproximadamente 1.000°C para temperatura de tratamento.

O processo de lavagem molhado compreende um ensopador de venturi com um lavador variável com garganta de venturi, em que os gases sujos são limpos numa carga de salda de pó não excedendo 1g por 50m^3 de gás seco.

Os gases que abandonam a secção de arrefecimento da cobertura passam no ensopador de venturi, onde são arrefecidos a aproximadamente a 80°C . Os gases de ensopamento entram imediatamente para um cotovelo separador onde a maior parte é separada da alimentação de gás. Cada fornalha está equipada com um ensopador com o seu cotovelo associado. Dois condutos separados, em refratário, levam os gases dos cotovelos para os lavadores de venturi, que removem os fumos remanescentes.

Um exemplo do processo de lavador de garganta variável é o IRSID-CAFL, na forma instalada na Aceraria de South Teeside da British Steel Corporation. O sistema foi desenvolvido em França pelo Instituto Francês de Investigações (IRSID) e pela Compagnie des Ateliers et Forges de La Loire (CAFL) nos fins do quartel de 1950. A primeira instalação comercial foi em Dunquerque, na instalação da Usinor, em 1963.

O processo OG de recuperação de gás foi estabelecido no Japão em 1961. A primeira instalação comercial OG começou a operar na Tobata No. 2, da Yawata Iron and Steel Co. Ltd. Em 1969 foi arrancada a primeira instalação europeia, a de Abbey, da Divisão da Gales da Steel Company, da British Steel Corporation. O

O sistema de ventilação secundário, desenhado principalmente para recolher fumaças sujas emitidas durante o carregamento de metal quente, tem também uma função de utilidade na remoção de pequenas quantidades de fumaça e de gases que se escapam da aba de recolha e da cobertura durante o período de sopramento. A quantidade de pó a ser recolhido aqui é pequena e a maior parte dos métodos de recolha de poeiras são adequados para este efeito.

Os custos capitais dos três processos de purificação de gás, para uma aceraria típica de 2 vasos, se encontram dentro de uma diferença de 10 por cento entre si. Uma pessoa poderia esperar que com a redução substancial no volume de gás tratado no sistema OG deveria haver uma redução nos custos capitais. Todavia, devido às condições de gases não queimados recolhidos se torna necessário uma instalação de limpeza para cada fornalha, o que elimina a vantagem de equipamento mais reduzido.

O sistema de lavamento molhado tem um baixo custo capital que pode ser reduzido ainda em mais 10 por cento se a camada engrossante que corre à parte mais baixa for bombada para a descarga.

Numa oficina de três vasos, tanto no precipitador como no sistema de lavamento, a secção de limpeza de gás é duplicada e este fato se reflete proporcionalmente no custo capital. Todavia, no caso do sistema OG, o número de unidades de purificação de gás é apenas aumentado de dois para três e, conseqüentemente, se torna uma proposição mais atraente.

O sistema precipitador tem custos de operação substancialmente mais baixos do que os sistemas alternativos. Isto se deve às baixas necessidades em corrente elétrica do ventilador de sopramento forçado. O sistema OG tem um custo semelhante de energia para o sistema do precipitador devido ao volume de gás reduzido, mas esta vantagem é eliminada pelo custo do gás de nitrogênio.

Desenvolvimentos recentes em tecnologia OG indicam que o nitrogênio deixou de ser necessário e pode ser substituído por aproximadamente, 0,5 m³ de vapor por tonelada de aço. O custo de operação de OG e do precipitador seriam, neste caso, semelhantes.

Os altos custos comparativos do sistema de lavamento resultam das necessidades de energia para o ventilador de sopramento induzido. A distinção mais significativa entre gás recolhido e sistemas de gases queimados é a afirmação de que operando uma fornalha básica de oxigênio com o sistema de cobertura fechado resulta num aumento substancial no rendimento do lingotes. Resultados obtidos na Tobata Steelworks sugerem que 1 por cento de melhoramento é possível de obter, embora a comparação seja entre fornalhas de dimensões diferentes.

O sistema de cobertura fechada parece ser o mais vantajoso em instalações que possuam uma alimentação de metal quente de baixo teor fosforoso e empenhada na produção de aços de baixo teor de carbono. Isto se deve aos resultados obtidos com metal quente altamente fosforoso em técnicas de escória espumante para manufatura de aço, aliado à colocação da cobertura adjacente à boca da fornalha durante

o período de sopramento ser uma operação arriscada.

Um desenvolvimento recente é o uso de poeira retida na instalação de purificação de gás para a manufatura de pelotas. A Kawasaki Steel Co. tem uma instalação na sua aceraria em Cuba desde 1968, capaz de processar 6.000 toneladas de poeira por mês. Uma instalação nava a ser construída na aceraria da Kawasaki Mizushima produzirá 600 toneladas por dia de bolas verdes com um teor de ferro em excesso de 75 por cento; a Kawasaki afirma que o teor de zinco e de chumbo será reduzido em 0,02 por cento e 0,01 por cento, respectivamente.

Laminagem

Na laminagem de aço são usadas vastas quantidades de água, tanto para arrefecimento como para remoção de resíduos. Os resíduos aliados ao óleo são os maiores contaminantes. A água é normalmente limpa por uma série de sistemas, sendo o primeiro fossas de escamas, em que podem ser removidos 75 por cento dos resíduos. Tratamentos subsequentes podem consistir de clarificação e floculação ou filtragem à pressão dependente da pureza requerida para a água recirculada. Os sistemas empregados são simples e efetivos.

No processo de tiras, todavia, é onde se dão os maiores problemas de poluição. Ácidos, sulfúrico e hidrocloreídrico, podem ser usados para desoxidação, e é no tratamento destes licores utilizados que se tem de empregar um maior esforço no controle de poluição. A forma mais simples de tratamento pode bem ser uma alta diluição para reduzir o teor de ácido a níveis aceitáveis. Simples neutralização com cal ou outros alcalinos resulta na formação de grandes volumes de lama hidróxida que é difícil de separar e diluir, embora exista bastante terra para fazer lagoas e a secagem e, portanto, se possa favorecer este processo.

Tendo sido feito um esforço considerável para desenvolver processos para a recuperação de ácido sulfúrico e de sulfatos ferruginosos sólidos de licores de desoxidação e vários processos servem também para a recuperação de sal. Estes métodos são adequados para o tratamento de efluentes de grandes instalações de desoxidação de resíduos embora as econômicas dependam, em grande parte, do mercado para sulfatos ferruginosos recuperados.

O problema crescente do tratamento de resíduos de ácido sulfúrico tem incitado ao desenvolvimento da tecnologia de desoxidação por ácido hidrocloreídrico não obstante o elevado custo deste material. Processos para a completa regeneração do ácido de licores usados torna o seu uso mais econômico. Licores usados são sujeitos à concentrações por evaporação e depois torrados por espargimento para separar o clorídrico férrico para se obter óxido férrico e clorídrico de hidrogênio. Este último é absorvido em água ou enxaguado em água com ácido diluído para se obter ácido hidrocloreídrico para reciclo.

Licores complexos de descarga provindo de outros processos de desoxidação como, por exemplo, os usados em aços inoxidáveis contêm níquel e crômio, e requerem um tratamento muito cauteloso. Estes licores são tratados, normalmente, com cal e os grandes volumes de lamas são tolerados devido à alta toxicidade do licor não tratado.

Utilidades nas instalações e esgotamentos

Água recirculada pode necessitar de arrefecimento antes de ser usada de novo e a sedimentação dos sólidos contidos se obtém, muitas vezes, ao mesmo tempo. Para este fim, o mais usado são torres de água, com água com cal-soda para amolecimento das críticas águas de arrefecimento. Quando a água é descarregada em rios ou riachos a temperatura é também crítica porque se pode afetar a vida marinha e os peixes de água doce.

Para facultar água potável pode bem ser necessário tratar a água existente. Se tem feito uso de vários processos para clarificação, amolecimento e desalinação, todos eles produzindo lodos inofensivos que podem ser deitados fora com a maior segurança.

Esgotos domésticos têm de ser tratados antes de serem deitados fora. Tratamento biológico produz um lodo tratado adequado para deitar fora ou para incineração, ou um líquido efluente em condições de poder ser lançado em cursos de água. Em áreas de falta de água o tratamento pode ser ampliado economicamente por filtração fina e cloração para produzir um efluente aceitável para reciclo nos circuitos de água de arrefecimento.

23.4 Custos totais do controle de poluição

Como se mostrou nas secções precedentes o controle de poluição existe mas custa dinheiro. É responsabilidade do operador da instalação equilibrar os seus métodos de controle de poluição com os métodos adotados nacionalmente. Embora estes padrões tenham de ser realizados, é de seu interesse que sejam obtidos por um custo mínimo. Onde não existem regulamentos sobre poluição fica à consciência do operador decidir que nível de poluição permitirá nas suas instalações.

Sejam quais forem os regulamentos, controle de poluição custa dinheiro e esse custo é proporcional à sua efetividade. O custo total aceitável para um excelente controle de poluição em instalações para produção de ferro e de aço se estiver dentro de entre \$1,30 a \$2.00 por tonelada de produto numa aceraria nova e o dobro das cifras acima mencionadas em acerarias já em funcionamento.

23.5 Tendências em técnica de recuperação e de reciclo

Desperdícios sólidos provindos de instalações de controle de poluição podem conter quantidades substanciais de materiais valiosos, por exemplo, resíduos da usinagem, ácido hidrocloreto, etc.

A maioria dos sólidos recuperados contém óxidos de ferro e/ou coque que podem ser recirculados para a instalação de concrecionamento. Resíduos grossos vindos das usinas podem ser, identicamente, carregados na instalação de concrecionamento ou na fornalha de manufatura de aço. A escória do alto-forno, embora não seja um polutante por definição, é muitas vezes tratada para produzir empedrados para

calçadas ou lastro para trilhos nas estradas de ferro ou pode ainda ser granulado, transformado em esponjoso sintético ou convertido em lá de escória para uso na construção civil.

O reciclo da água depende, evidentemente, em grande parte, da disponibilidade tanto em escala local como nacional. Onde não haja muita água ou esta custe um preço elevado, se devem fazer todos os esforços para a tratar e voltar a recircular. A indústria siderúrgica requer uma vasta quantidade de água, aproximadamente 65 m³ por tonelada de produto acabado. Tem sido provado que é possível reduzir o montante de água requerido do valor típico de 15 m³ por tonelada para cerca de 5 m³ por tonelada com um controle bem adequado do seu uso.

O custo do processo de recibo da água deve ser comparado com o custo da compra de água já processada, quer as existências sejam grandes ou não. O incentivo económico de tentar e obter um reciclo total aumentará à medida que aumente o custo da água já processada.

CAPÍTULO 24 - AUTOMATIZAÇÃO

24.1 Aspectos da automatização

Uma das características dos últimos vinte anos tem sido a adoção por parte de organizações, tanto grandes como pequenas, da maior automatização dentro da expressão mais completa da palavra. Uma definição que com frequência se ouve da palavra automatização é que é 'a substituição e a extensão por meio de uma máquina do esforço humano, tanto físico como mental, necessário para analisar, organizar e controlar operações'. O avanço que acelerou a implementação de projetos de automatização foi a produção de computadores digitais poderosos e de grande confiança, depois de se terem melhorado todos os dispositivos eletrônicos conhecidos e de se terem feito grandes avanços em instrumentação analítica.

O computador foi utilizado pela primeira vez no campo da automatização de processos nos fins de 1950, quando várias companhias instalaram computadores digitais para o controle direto das suas fábricas, em substituição aos sistemas de controle convencional. Antes deste período o computador digital era usado como um auxílio de fiscalização ao serviço da administração fazendo o controle de estoque, planificando a produção e fazendo operações de custeio. Estas missões dos computadores digitais continuam a existir mas se encontram independentes dos projetos de automatização do processo e, presentemente, se estão desenhando sistemas integrados para aplicação em computadores que permitem o controle de todas as operações de uma organização a coberto de uma hierarquia de sistemas de computadores.

A indústria de eletrônica se tem desenvolvido muito rapidamente e muitos de seus avanços estão agora incorporados em sistemas de automatização. O uso de controladores ativados eletronicamente para substituir controladores pneumáticos tem aumentado constantemente durante os últimos vinte anos. Isto, por sua vez, significa que computadores digitais podem ser ligados com maior facilidade aos controladores, um arranjo especialmente útil em sistemas de computadores para supervisão.

Os avanços feitos em dispositivos de medição e instrumentos analíticos têm também contribuído para o aceleração na dispersão nos sistemas de automatização. O uso de fontes radio-ativas para fornecimento de medidas de nível e de espessura significou que certas quantidades impossíveis de medir até então, estão hoje sujeitas a um controle muito mais perfeito. Consequentemente se pode medir os revestimentos e aplicações de camadas de um metal sobre outro metal usando raios gama e de-

posições de metal, campos, numa linha de estanhamento.

As análises químicas dos processos em movimento também têm recebido grande atenção. O uso de cromatógrafos a gaz, análises espectro-gráficas, espectrometria por raio X e raio X fluorescente para a execução de análises de produto, dentro de um período de tempo muito curto e com um mínimo de intervenção por parte dos operadores têm encorajado o movimento no sentido de unidade de processamento industrial completamente automatizadas.

A indústria de comunicações tem também desempenhado um papel de grande relevo no desenvolvimento rápido da automatização. A possibilidade atual de transmitir dados a distâncias curtas ou longas, aliada à grande precisão da confiança da transmissão também tem sido outro elemento que levou a um ímpeto tremendo. Presentemente grandes organizações podem controlar os seus programas diários de operações em muitos produtos com a facilidade de tomarem decisões rápidas em níveis de estoques, em gamas de produto, e, acima de tudo, sobre a qualidade do produto.

Os maiores benefícios da automatização são a qualidade do produto, o maior rendimento do processo e uma maior utilização das instalações produtivas. Automatização tem também um efeito sobre as necessidades de pessoal. Geralmente a introdução de métodos automatizados reduz o número de pessoal requerido. Todavia, uma instalação automatizada necessitará de pessoal, de todas as categorias, com uma competência técnica muito mais elevada. Esta maior competência técnica terá de ser introduzida por meio de programas educativos e de treino. Todas as categorias requeridas de pessoal, desde de operadores de processo a engenheiros de manutenção até a gerência de processamento terão necessidade desta educação e compreensão técnica antes que seja possível obter um rendimento global do processo de automatização. O resultado final, incluindo o esforço necessário para o treino, é que os custos totais com o pessoal de operação não são muito diferentes quer o processo seja automatizado quer não o seja.

24.2 Automatização na indústria siderúrgica

Durante a última década se tem feito progresso considerável no uso de controle por computadores em linha direta aos vários processos de manufatura da indústria siderúrgica. A maioria destas áreas, desde a preparação de matérias primas até ao manuseamento da produção do produto acabado - são, pelo menos parcialmente, automatizadas, num ponto ou em outro no globo. Cada uma destas áreas onde automatização tem produzido resultados de muito êxito se encontra descrita a seguir:

Preparação da matéria prima

Numa aceraria a qualidade e a uniformidade das matérias primas é o que determina a qualidade dos produtos durante os processos subseqüentes. Foi dada grande atenção a esta área de produção sobretudo na preparação das cargas para o alto-forno. Uma carga bem uniformizada facilita a operação suave dum alto-forno com conseqüente melhoramento de rendimento da fornalha e em melhor consistência do material quente.

O processo de automatização pode principiar na pesagem inicial e no lotamento das matérias primas e, fazendo uso desta informação, se pode assegurar mistu-

ra correta de produtos. O concrecionamento também tem sido automatizado com muito sucesso; minérios de ferro, calcáreo, chispas de coque e materiais para reciclo são misturados antes de serem colocados na pia de concreção e os processos de concrecionamento podem ser automatizados para controlar a velocidade da grelha, o regime de sucção, o teor de coque, a profundidade da cama e a sua permeabilidade. O objetivo é otimizar a operação da instalação para assegurar que seja produzida uma concreção de boa qualidade mantendo, ao mesmo tempo, o nível mais elevado possível de produção por parte da instalação. Engenheiros de automação estão agora concentrando a sua atenção em peletização mas, enquanto não forem melhor compreendidas as mecânicas de enfiamento haverá necessidade de manter uma supervisão manual do processo.

Fabricação de coque

Desde há muito tempo que se reconhece que o objetivo final na prática de fogões de coque tem que ser a automatização total de todas as máquinas e processos a fim de permitir o uso de números mínimos de pessoal de operação e supervisão e também de se obter uma escala de operação regular e contínua. Em países industrializados já se obteve uma automatização parcial na maioria de instalações de fogões de coque. As vagonetas de carga de carvão já são, por assim dizer, completamente automáticas, operadas por botões de funcionamento elétrico com engrenagens hidráulicas. Têm sido desenvolvidas também, em linhas semelhantes, máquinas impelidoras de coque e muitas destas máquinas impelidoras presentemente em funcionamento já são semi-automáticas.

Máquinas para coque com portas laterais e com gulas já hoje se encontram a funcionar com automatização suficiente que permite uma limpeza completa dentro de um minuto e todas as operações podem ser controladas com uma programação eletrônica se os operadores do transportador de coque forem necessários para outros trabalhos. Vagonetas para a imersão do coque em água já pronto para arrefecimento já se encontram controladas automaticamente, sem necessidade de condutores, tanto nos EUA como na República Federal Alemã e, se prevê, que controle remoto feito por um computador central incluindo sistema de segurança integrado e sistemas de alarme se encontrem em serviço em todo o mundo industrializado durante os próximos dez anos.

Fabricação de ferro em alto-forno

A natureza complexa dos processos físicos e químicos que têm lugar na pia de um alto-forno, combinados com a dificuldade da sua monitorização têm impedido que até a data fornalhas sejam completamente automatizadas. Têm sido evoluídos com êxito sistemas para o controle de fogões a quente e para a mistura e introdução de uma carga pré-determinada. O desenvolvimento de sistemas para o controle da fornalha propriamente dita tem sido centralizado em torno da evolução de modelos matemáticos que representem as reações que têm lugar na fornalha e que façam a simulação do rendimento observado. Uma vez esse modelo esteja aperfeiçoado, a fornalha é controlada medindo todas as admissões contra referências fixas e são ajustadas por referências ao modelo de acôrdo com os rendimentos observados na fornalha.

Automatização de fornos requer controle dos fluxos de ar de combustão, gás

de arrefecimento e sopramentos de ar frio. O uso cíclico dos fogões é posto em sequência pelo computador e, ainda mais, os regimes de fogo e as misturas são controladas para reduzir ao mínimo os períodos de ciclo de aquecimento se mantendo, todavia, a eficiência do combustível. Os elementos dados ao computador para este propósito incluem as temperaturas de cúpula, as condições de derivação, as temperaturas controladoras e as condições do gás.

O sistema de preparação da carga requer o proporcionamento e o peso preciso dos materiais de alimentação. Com frequência se faz uso de programação linear para manter a composição requerida do ferro a produzir com o conhecimento da análise dos materiais alimentados. Uma das características de carregamento de um alto-forno é o controle de sequência para dar diferentes distribuições de carga, bem como controle das carvoeiras alimentadoras a fim de assegurar uma operação suave.

Para o alto-forno propriamente dito, o sistema de controle geraria pontos fixos para pesos de cargas e composição, volume de fundição e umidade, fluxo de óleo combustível e injeção de oxigênio. As entradas para o computador vindas do alto-forno incluiriam condições de fundição à frio e à quente, temperaturas de aza-fana, temperatura da pilha, temperatura do forno, condições do gás de topo e análise, água fria e condições de pulverização da água, posição da carga de vergalhões e temperatura do ferro. Seriam também consideradas entradas para o computador, as análises espectrográficas dos materiais da carga e o metal quente.

A maioria das acerarias com fornalhas modernas tem, pelo menos, uma fornalha equipada com a necessária instrumentação, computadores e equipamento de atuação, para controle automático completo. Os sistemas que operam a mistura da carga e os fogões quente têm que ser operacionais mas o sistema da fornalha principal só é usado sob a supervisão manual e é operado, normalmente, como um circuito aberto, com o computador usado em uma função de registro de dados a fim de poder gerar vistoria do rendimento para assistir na refinação da representação matemática do processo.

Manufatura de aço

Automatização na produção de aço está sendo cada vez mais importante com o advento de processos de manufatura de aço de alta velocidade como são por exemplo, o processo BOF. Nos métodos de produção de aço mais tradicionais como, por exemplo, o método Siemens Martins, o sangramento dura tempo suficiente para permitir o controle manual das fornalhas.

A automatização do sistema BOF pode ser usada para controlar o volume do oxigênio para um determinado peso de carga e bem assim para determinar a qualidade e a quantidade do aço. Análises diretas em linha, feitas pelo computador aos gases dispersados são usadas para regular o fluxo de oxigênio, a altura da lança e adições de conversão, para se obter o teor requerido de carbono e a temperatura do aço. Vulgarmente se empregam sistemas de recolha de amostras de aço para análise metalúrgica, usando a análise espectrográfica alimentada diretamente ao computador.

As técnicas de controle do sistema BOF podem também ser aplicadas às fornalhas de aço elétrico porque se dão reações metalúrgicas semelhantes de forma a que o uso de aquecimento e equilíbrio de massas deram um controle perfeito são possíveis porque o mesmo objetivo básico e o aumento de produtividade. Na manufatura de aço pelo sistema de arco elétrico é de particular importância o controle da demanda máxima de energia. Merce de monitorização contínua do consumo se faz uso do sistema de controle para ajustar as posições do eletrodo a fim de que se mantenha constante a entrada de corrente ou um nível daquele que possa forçar o pagamento de penalidades. Além disso, a sequência aos movimentos do eletrodo, controle superior, movimentos das portas durante as fases de carregamento de sucata e de fundição podem ser incorporados no controle pelo computador. Mais uma vez aqui se faz uso das análises diretas, em linha, do rendimento em produção de aço através do espectrômetro para assegurar uma proximidade estreita à da análise química requerida.

Fundição e laminagem à quente

Tem sido feito uso de automatização na oficina de fundição contínua para

controlar nela, as necessidades de transferência térmica para assegurar o regime de arrefecimento necessário à medida que o aço é removido. E o objetivo é o de produzir o aço requerido com as estruturas corretas de grão e as propriedades físicas necessárias. O regime ótimo de fundição é o devido relacionando este processo à frequência oscilante do molde e o regime do fluxo da água de arrefecimento.

Automatização dos poços de ensopamento é usada para elevar ao máximo a produção e reduzir ao mínimo a admissão térmica. Isto é obtido por tabulação dos lingotes antes da sua colocação nos poços de ensopamento. O controle é exercido pelos cálculos de transferência térmica para cada lingote depois do despejamento para determinar o período requerido de ensopamento. O controle dos poços inclui: período de aquecimento, temperaturas, regimes de combustível - ar, cortes de combustível, temperaturas do recuperador e válvulas de comutação. É também exercido controle sob o regime de subida de temperatura, sobre o aquecimento diferencial dos lingotes em um poço e o controle da atmosfera num poço.

Fornalhas de re-aquecimento são agora automatizadas. Este fato é de particular importância quando o subsequente processo de laminagem é automatizado para se conseguir um sistema de controle. A automatização mais uma vez neste caso tem a forma de correção dos parâmetros da fornalha contra pontos fixos a fim de fornecer cargas a temperatura requerida. Os pontos fixos para as condições da fornalha dependem da condição de carga, e a tendência, hoje em dia, é para programar o computador por forma a que calcule ele mesmo, a admissão térmica para as dimensões individuais de cada carga.

Automatização está também sendo aplicada com grande sucesso ou estágio de laminagem à quente, particularmente no caso de acerarias de tiras quentes; o objetivo é produzir a bitola requerida a um regime máximo de produção. O espaço de laminagem é controlado para se obter a abertura correta em comparação com a tabela de produção e a seqüência da prancha grossa através da aceraria. Cada prancha grossa a ser laminada começa por ter a sua temperatura em dimensões físicas apropriadamente medidas e depois se fixa então a folga de laminagem para o produto requerido. Dependendo da configuração do moinho, isto é, contínuo, semi-contínuo ou de reversão, se faz a regulação das mesas de laminagem e da seqüência das operações. Por exemplo, no moinho de reversão a seleção de passagens para trás é controlada por reversões singulares ou duplas, baseadas na redução requerida e na capacidade das transmissões e dos motores; este processo inclui a necessária seqüência de levantamento e descida dos rolos e reversões das mesas. Quando se faz uso de bastidores de galgas, a regulação da largura será feita automaticamente tomando em conta a largura da chapa grossa. Rolos para desdobramento da escala serão também regulados para remover a escala e a dimensão da prancha grossa.

Descrevendo o processo pela forma mais simples todas essas funções podem ser programadas por um jogo de dados armazenados no computador relacionados com a chapa grossa e com a dimensão do produto. Alternativamente se pode fazer automatização plena por modelos da operação do moinho para controlar as suas funções, esta se baseando na condição de cada prancha grossa individual contra o produto que seja requerido.

Quando as pranchas grossas tenham sido desbastadas a dimensão do produto que sai é medido e usado para regular as condições do moinho de acabamento seguinte. Neste moinho se exercem condições de controle automático existentes naquelas que exerceram nos bastidores de desbastamento com o controle abrangendo também

as enrugadoras. As principais áreas que beneficiam de automatização são:

Desbastamento ótimo na frente e na parte traseira ao ser feito o cisalhamento antes de se chegar ao moinho.

Regulação primária do moinho para condições que satisfaçam a prancha grossa à entrada e dimensões devidamente estabelecidas da bobina acabada.

Controle do retorno das regulações do moinho como controle adaptáveis às dimensões da bitola do produto acabado.

Automatização noutros setores da indústria para além da laminagem a quente de tiras se tem limitado à moinhos que predominantemente produzem um único tipo de produto, por exemplo, moinhos para vergalhões e para barras. Moinhos para perfilados só têm sido parcialmente automatizados devido aos problemas que existem na regulação das funções de controle para uma multiplicidade de produtos. Em moinhos para vergalhões e para barras a tendência tem sido para automatizar as medidas corretivas requeridas para produtos que demandem tolerâncias muito estreitas, por exemplo, o controle do lupe e da tensão entre os bastidores. Como ilustração de uma folha típica de fluxo para controle por computador das operações na indústria siderúrgica se mostra na Figura 24.1 um sistema para o controle completo no moinho de tiras à quente.

Laminagem à frio

Automatização nos moinhos a frio é muito semelhante, na sua forma, à automatização dos moinhos à quente, o objetivo sendo produzir produtos com tolerâncias muito justas a regime mais elevada de produção e produtividade. Automatização é usada para calcular e regular as condições iniciais do moinho, a abertura do rôlo, a velocidade e a tensão. As dimensões do produto dependem grandemente das mudanças das condições de pré-regulação e se faz uso de medida automática de calibração, através de dispositivo de retorno e mecanismos de controle, para corrigir as regulações do moinho a fim de levar o produto para a calibração desejada.

Revestimento

As características de desenho das modernas instalações de revestimento são de ordem tal que a operação dessas instalações é geralmente completamente automática. Todavia, em anos recentes, se evoluiu um número de sistemas de controle muito sofisticado à base de computadores que integram as funções de controle de produção e de qualidade do produto como uma operação contínua.

Automatização tem sido agora usada com grande sucesso em várias instalações de estanhamento. Neste tipo de instalação o critério principal de operação é a fabricação de produtos que tenham um depósito de estanho uniforme e com a espessura desejada. Isto se tem obtido pela aplicação de sistemas de controle automatizados que têm facilitado a operação a um nível ótimo.

Se têm dado desenvolvimentos semelhantes em outros tipos de instalações para revestimentos, por exemplo, automatização das linhas de galvanização tem permitido aos operadores controlar parâmetros como por exemplo as temperaturas dos banhos de zinco para se assegurar uma galvanização perfeita.

24.3 Tendência futura

Automatização depende dos métodos de medição da mudança dos valores da pré-regulação. É, provavelmente, nesta área, que se estão dando desenvolvimentos mais rápidos na produção de instrumentação precisa, robusta e de grande confiança. A um ponto menor, os modelos básicos químicos e físicos da conduta do processo também estão sendo melhorados. Todavia, a base de estabelecimento de relações de conlanga, matemáticas, e empíricas, depende, por sua vez, de medidas muito precisas.

O conceito de automatização completa da indústria siderúrgica ainda se encontra a grande distância no futuro. De momento, a automatização está sendo aplicada em áreas onde se podem adquirir melhores benefícios em matéria de custo. Todavia, existe uma tendência para agrupar processos sob um sistema de controle automatizado; por exemplo, fornalhas de reaquecimento e moinhos de laminação e moinhos de tiras à quente e à fria. Contudo, automatização total de processos desde o manuseamento de matérias primas até o despacho do produto acabado requereria um conhecimento pomenorizado do fluxo de material ao longo das acerarias e a competência de identificar partes individuais dos produtos à medida que vão avançando através das várias secções da aceraria.

Não parece ser de esperar, nos tempos presentes que os custos de um sistema completamente automatizado possam ser recuperados com as economias que provêm de tal sistema, mas sem dúvida, dentro de um sistema total, determinadas áreas serão cada vez mais automatizadas para reduzir a dependência do julgamento e do controle por parte de seres humanos.

Para países em desenvolvimento é importante distinguir entre as funções de julgamento e de controle da automatização. Quando se faz uso de automatização para fins de controle, isso se faz porque as necessidades de controle se encontram para além da capacidade das reações humanas. Se torna pois necessário, seja qual for o estágio do desenvolvimento que o país tenha atingido, a existência desse controle. Se o sistema de controle é instalada para tomar medidas de julgamento, em tal caso provavelmente se justifica numa base do custo de operadores especializados, uma situação que pode bem se aplicar a um país desenvolvido mas não a um país em desenvolvimento onde exista uma tradição de artesanato e portanto, artífices capazes de treinar como operadores bem especializados e de alta competência.

CAPÍTULO 25 - NECESSIDADE DE ENERGIA

25.1 Acerarias Integradas

O termo "acerarias integradas" foi usado originalmente para descrever uma aceraria desenhada para possuir um equilíbrio interno de energia, com coque como o único elemento provindo de fontes externas e, mesmo apesar disso, considerado mais como um redutível do que como um combustível. Embora não seja possível obter um equilíbrio completo em energia, continua a ser um fato que os principais benefícios da integração de acerarias resulta do uso que possa ser feito dentro das suas instalações, dos sub-produtos carburantes, e das economias em energia que se podem realizar pela possibilidade de passar produtos intermediários quentes de um processo para o processo seguinte, reduzindo desta maneira o aquecimento requerido para levar a instalação à temperatura de trabalho. O custo de combustível e energia em um complexo para produção de ferro e de aço absorve uma quarta parte dos custos totais de operação e, conseqüentemente, é necessário usar os combustíveis ótimos e possuir um equilíbrio correto de combustíveis.

O processo normal seguido por uma aceraria integrada moderna é constituído por manufatura de ferro em altos-fornos e sua conversão em aço em fornos básicos de oxigênio. Um processo alternativo para acerarias de menor produção é o de redução direta seguida por fabricação de aço por arco elétrico. As tendências no uso de energia em cada um destes tipos de aceraria são discutidas nos artigos que se seguem.

25.2 Alto-forno - método BOF

No alto-forno, processo BOF, o grosso do combustível é consumido na forma de coque metalúrgico.

O preço de carvão metalúrgico de qualidade é presentemente elevado em relação ao custo de óleo combustível e de carvão não-coqualificante, em termos de sua competência para produzir calor. Em consequência, como se discute nos Capítulos 8 e 10, têm sido feitos esforços para reduzir o teor de coque no alto-forno e, conseqüentemente, as necessidades de carvão metalúrgico de qualidade, principalmente por melhoramentos na preparação da carga e melhores práticas de operação das fornalhas como, por exemplo, o uso de altas temperaturas de operação e altas temperaturas máximas. Têm sido obtidas mais reduções pela substituição de óleo combustível inje-

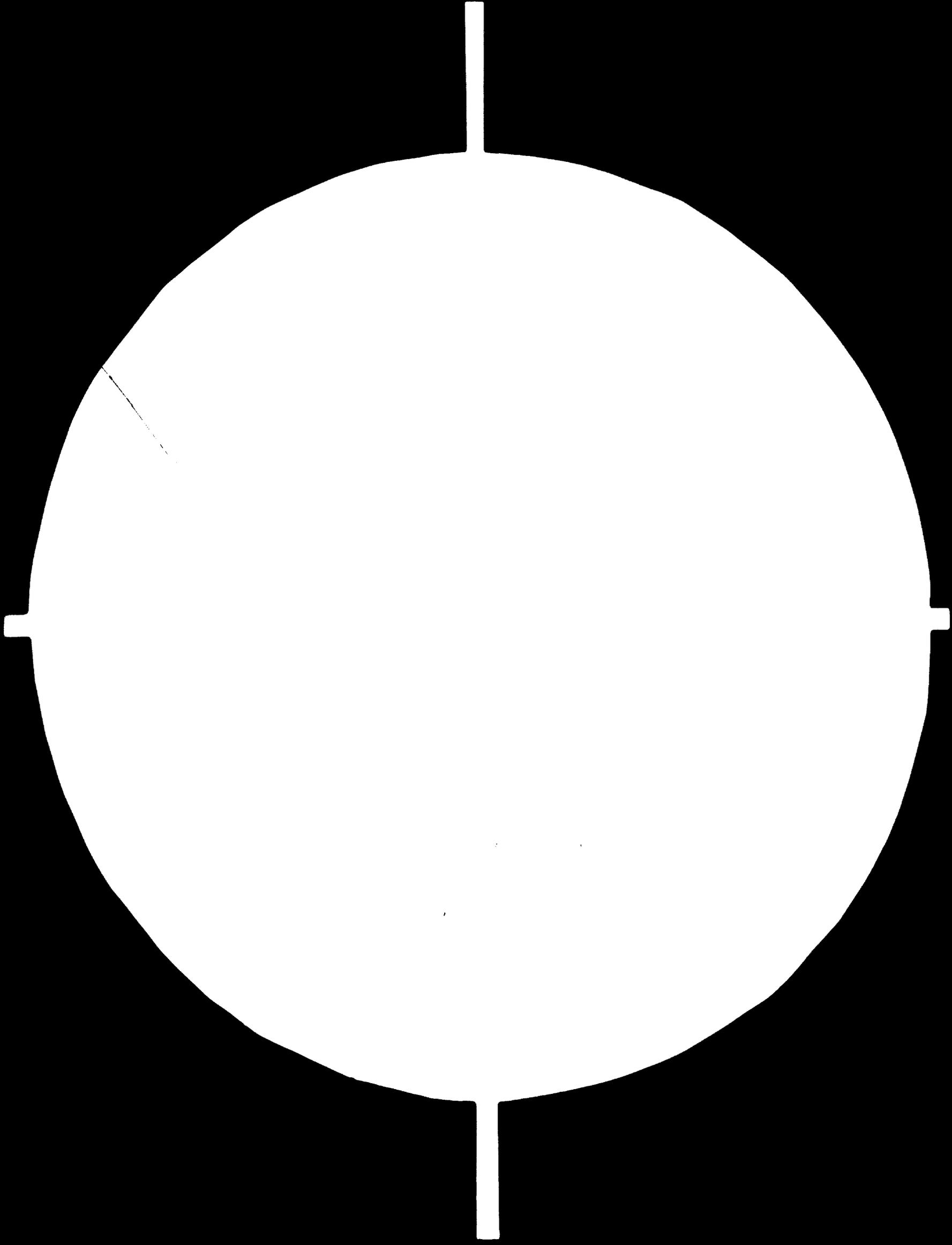
C-583



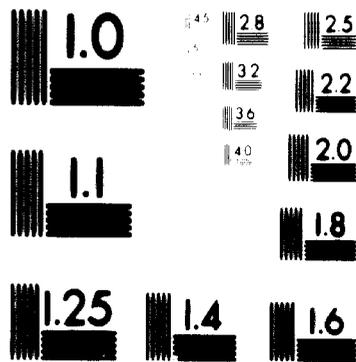
84.12.13

AD.86.07

ILL5.5+10



5 OF 7



MICROCOPY RESOLUTION TEST CHART
NATIONAL BUREAU OF STANDARDS
STANDARD REFERENCE MATERIAL 1010a
(ANSI and ISO TEST CHART No. 2)

24 x F

tado nos altos-fornos. Estas evoluções, sem dúvida continuarão, e previmos que o consumo de coque em altos-fornos seja reduzido em mais 100 ou 150 kg por tonelada durante a próxima década.

Estas economias em coque estão reduzindo a quantidade de gás produzido nas acerarias resultando que a totalidade de energia térmica existente nos fornos de gás de coque e de gás nos altos-fornos deixaram de ser suficientes para as necessidades de acerarias completamente integradas, e as demandas remanescentes, incluindo produção de energia elétrica, têm de ser satisfeitas com outros combustíveis. O combustível a escolher dependerá da sua existência no mercado e no custo relativo da quantidade de calor útil que pode produzir.

Desde que os custos da transmissão não sejam elevados é agora geralmente mais econômico comprar eletricidade à companhia alimentadora da rede geral para a carga geral da aceraria, de preferência a gerar a sua corrente própria. Apesar disso deve ser possível gerar alguma eletricidade localmente. A razão é que é imperativo possuir suficiente energia numa base permanente a fim de apoiar cargas suficientes na eventualidade de uma falha na corrente fornecida pela rede geral. Cargas essenciais são aquelas que permitem a instalação poder fechar com segurança, mas incapaz de manter produção mesmo a níveis grandemente reduzidos. Se não existir muita confiança na alimentação vinda da rede geral, em tal caso, há que possuir equipamento bastante para produção de energia que assegure a operação contínua da aceraria, embora a um rendimento reduzido, quando houver uma falha na rede geral.

Uma indicação da magnitude e efeito destas tendências em uso de energia durante os próximos dez anos é mostrada na Figura 25.1. Na figura se mostram as mudanças no fluxo de energia com um consumo decrescente de gás. Os cálculos são baseados em um grande alto-forno/ aceraria BOF com uma capacidade anual de 5 milhões de toneladas. Se assume um decréscimo de 125 kg de coque por tonelada e o aumento esperado em eficiência nas fornalhas está também incorporado. Ao fazer os cálculos das alterações nas demandas térmicas da aceraria se assumiu que qualquer energia adicional requerida será fornecida por óleo combustível. A economia líquida anual em necessidades de energia são 6100 tera joules e, aos preços correntes de óleo combustível e de coque metalúrgico, esse fato corresponde a uma economia líquida no custo de energia de aproximadamente \$1,5 por tonelada de produto. Existem também outras economias em custo capital que provêm do uso de óleo combustível em substituição de coque, como, por exemplo fornos a coque de menores dimensões e altos-fornos.

25.3 Redução direta - métodos por forno de arco elétrico

Os processos de redução direta não geram gases subsidiários valiosos do gênero existente na manufatura de coque ou na fabricação de ferro em altos-fornos. Quaisquer tendências que possam existir para uso de energia neste método afetará, portanto, cada processo separadamente sem que produza reação em qualquer dos outros processos.

A escolha da fonte de energia para cada processo de redução direta é governado pelas características tecnológicas do processo, mas a existência e o preço dos

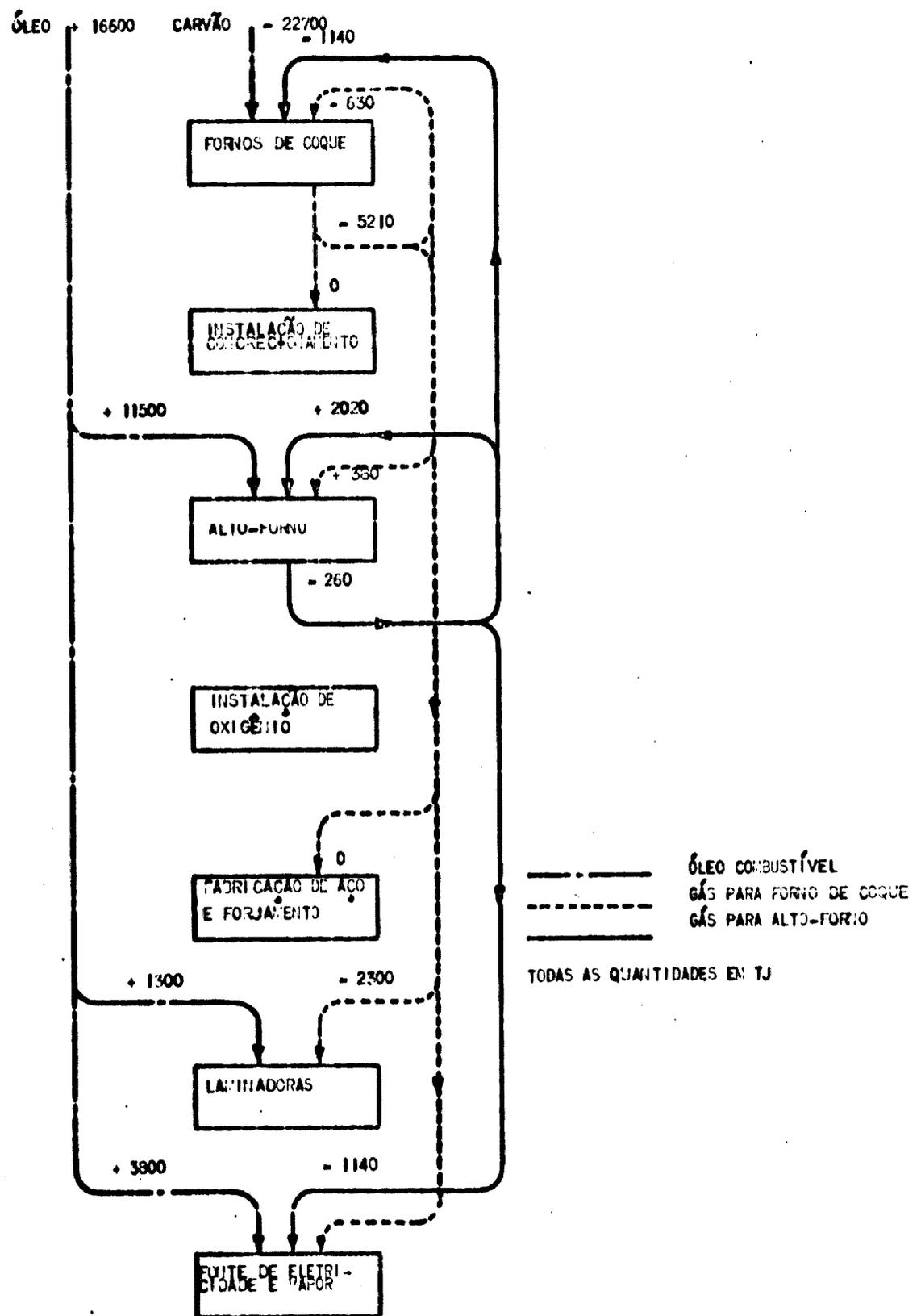


FIGURA 25.1 - DIFERENÇA EM NECESSIDADES TÉRMICAS EM ALTOS-FORNOS/ACERARIAS DOF
(SE ASSUMEM NECESSIDADES ELÉTRICAS IDÊNTICAS)

combustíveis são os fatores que, em grande parte, determinam, o processo a usar. Geralmente, processos de redução direta produzem ferro em forma sólida com a subsequente manufatura de aço em fornos de arco elétrico. Todavia, se a eletricidade for obtida economicamente, o método escolhido pode bem ser fundição elétrica seguida por manufatura de aço pelo método BOF.

Embora a energia elétrica consumida por fornalhas de arco elétrico diminua à medida que a dimensão das fornalhas aumenta, não é de esperar que exista qualquer redução no consumo uma fornalha de uma determinada dimensão durante o período até 1980. As fornalhas da laminadora passarão a ser mais eficientes com a conseqüente economia anual à volta de 85 Tj em uma aceraria de 500.000 toneladas anuais.

25.4 Método por fornalha de arco elétrico à base de sucata

Em uma aceraria não integrada, baseada mais fundamentalmente em sucata do que em minério de ferro, as demandas em energia das fornalhas de arco elétrico são menores do que as das fornalhas carregadas com produtos reduzidos porque se produz menor quantidade de escória. Na prática, a carga compreende sucata e ferro gusa e o consumo mínimo de energia tem lugar quando cerca de 10 por cento da carga é constituída por ferro gusa.

Existe possibilidade de economizar energia elétrica em uma fornalha de arco elétrico à base de sucata por pré-aquecimento da sucata, geralmente a uma temperatura de entre 500-700°C, no colherão de sucata, usando gás ou óleo. Uma economia típica, é de cerca de 145 Tj (80 kWh por tonelada) numa aceraria de 500.000 toneladas por ano. Para se obter esta economia são necessários 310 Tj de gás para fazer o pré-aquecimento da sucata. A primeira vista pode se ter a impressão de que se dará um aumento líquido no consumo de energia, mas há que recordar que a eficiência em geração de energia elétrica é de cerca de 25 por cento; tomando este fato em consideração se produzirá uma economia no consumo de combustível primário, assumindo que este é gás natural, de cerca de 270 Tj por ano.

CAPÍTULO 26 - LOCALIZAÇÃO DAS FABRICAS DA INDÚSTRIA SIDERÚRGICA

26.1 Fatores que afetam a localização

O plano de localização para uma indústria siderúrgica nacional depende de dois grupos principais de fatores: no primeiro grupo se encontram os fatores tecnológicos que afetam o tipo de fábrica, os custos de operação e as econômicas dos transportes enquanto que, no segundo grupo, se encontram os fatores político-econômicos. Os custos sociais e os benefícios que estes oferecem não são possíveis de quantificar em termos gerais, porque se trata de fatores que constituem a preocupação direta da nação que é afetada pelos mesmos. Damos seguidamente os fatores tecnológicos que são de importância:

- (i) A disponibilidade e localização de matérias primas e a localização da dimensão dos mercados.
- (ii) A localização da presente indústria siderúrgica.
- (iii) A existência de várias formas de energia.
- (iv) O posicionamento da atual rede de transporte.
- (v) A existência e a localização duma infra-estrutura capaz de apoiar uma indústria siderúrgica. Esta infra-estrutura inclui a administração competente e operários especializados.
- (vi) Os processos existentes para seleccionamento.

Em alguns casos, os fatores tecnológicos podem efetivamente dominar a localização em certas áreas, e estes fatores, em consequência, devem ser considerados antes de se fazer a avaliação económica das alternativas. Em localizações que sejam viáveis, a decisão de se obter a escolha ótima depende de uma variação metódica do efeito de todos os fatores. Não existe uma resposta generalizada e cada uma das localizações deve ser considerada individualmente e de harmonia com os seus méritos próprios.

26.2 Os antecedentes históricos que afetam localização

No último século as indústrias siderúrgicas européias cresceram em áreas onde existiam os minérios de ferro e carvões coqueificantes e não-coqueificantes dentro desta mesma região. A indústria, que é de fato mercado para produtos de aço, era também alimentada a carvão e, por conseguinte, essa indústria cresceu também nas mesmas áreas. Conseqüentemente a localização de fábricas e indústrias integradas de ferro e de aço não constituiu um problema.

Todavia, por meados deste século, a escassez que começou a existir nas fontes tradicionais adicionada à demanda para minérios de melhor qualidade levou ao desenvolvimento de campos de minérios em lugares mais remotos. Nas últimas duas décadas o desenvolvimento de embarques à granel permitiu também a exploração de campos de minério mais rico do que resultou maior economia na produção de ferro. Em parte porque estes depósitos estão, geralmente, localizados em zonas climáticas desfavoráveis e, em outra parte, porque os terrenos onde existem tais rochas são ecologicamente inadequados para a maioria da fauna e flora, as minas modernas de minério de ferro se encontram em áreas pouco desenvolvidas. Acresce ainda, que estes minérios de melhor qualidade se formaram em rochas muito mais velhas do que as condições geológicas do carvão e, portanto, essas rochas não existem na mesma área geográfica em que se encontra o carvão. Conseqüentemente o fator tradicional que afeta a localização de um complexo para a produção de ferro e do aço, isto é a justaposição de minério de ferro, de carvão e de mercado, deixou de ter significado, e muitas acerarias se encontram agora localizadas bem longe do minério de ferro ou dos fornecimentos de carvão e, por vezes, até longe dos seus mercados comerciais.

Embora geralmente tenha deixado de ser possível a instalação de um complexo para a produção de ferro e de aço adjacente a mais do que um dos três fatores acima referidos, é a econômica de transporte aquilo que representa um papel de maior importância na determinação do local mais econômico para a construção de uma aceraria.

26.3 A herança do passado

Muito do valor potencial da localização de uma aceraria depende daquilo que já se encontra no local. Acresce ainda que em países desenvolvidos e dentro do conceito social e político, a já existência de indústria pesada numa área significa que, possivelmente, existam menos protestos contra as propostas de edificar uma aceraria nova.

Uma das principais vantagens de um local que tenha uma história de produzir de aço ou de abrigar outra indústria pesada é a herança de disponibilidade de pessoal de competência. Isto tem efeito de grande importância no período de aprendizagem e no rendimento final que se obtém numa aceraria nova - fatores que contribuem enormemente para o custo do produto por tonelada. A falta de pessoal competente se torna particularmente evidente quando se dá o arranque de acerarias novas numa sociedade que não é industrializada o que só pode ser parcialmente remediado, com despesa adicional, trazendo pessoal experiente de outras áreas do país.

A presença de serviços externos adequados pode ser também de grande vantagem para acerarias novas. Se na área onde vai ser instalada uma aceraria não

existirem vias de acesso, estradas de ferro, e água e eletricidade instalada, a administração da aceraria terá que arcar com o elevada custo da sua instalação totalmente ou pelo menos parcialmente. Ligações marítimas podem ser especialmente dispendiosas no que diz respeito a problemas de transporte porque a empresa de fabricação de aço terá de construir as suas próprias docas para carga e descarga.

Mais volumosa ainda seria a despesa de construir uma infra-estrutura total que tem de incluir residências, hospitais, escolas e todos os serviços complexos de que a massa operária tem fatalmente de necessitar. Em algumas áreas uma vasta proporção deste custo teria que ser suportada pela administração da aceraria se houvesse necessidade de trazer um grande número de pessoas e não existisse apoio financeiro nem da parte do governo nem da parte das autoridades locais. O custo total de um complexo habitacional para servir uma aceraria integrada com uma produção de 10 milhões de toneladas anuais, incluindo uma rede completa de transporte, seria muito superior ao custo da instalação de aceraria propriamente dita.

26.4 Rendimento operacional

Dois aspectos que têm de ser tomados em consideração quando se faz a escolha de localizações apropriadas são regime de crescimento de produção que se obtém quando se dá o arranque de uma aceraria nova ou quando se amplifica uma aceraria já existente, e o rendimento máximo que se deve conseguir quando a aceraria esteja em produção total. Ambos estes aspectos afetarão o custo do produto acabado e podem, em consequência, determinar a escolha a fazer e a decisão a tomar entre localizações alternativas.

São muitos os fatores que influenciam rendimento operacional, mas, no final de contas, depende da competência dos operários existentes aliada à competência do pessoal da administração. É à administração que compete preparar as fases do trabalho a ser realizado e o recrutamento, treino, e colocação dos homens por forma a que se faça o melhor uso possível da instalação.

Recrutamento de pessoal administrativo de boa qualidade para assumir o encargo e a responsabilidade pelas operações para acerarias novas é mais difícil num país não industrializado do que num país com uma indústria muito avançada. O fato de que pessoal sem preparação em administração sobrevive em matéria de aço é mais difícil de obter localmente em áreas onde o custo capital é elevado devido ao fato de não existir uma herança industrial e onde a força de trabalho não tem experiência em indústria pesada, serve para acentuar as penalidades duma administração inadequada. O arranque de acerarias novas apresenta problemas muito particulares porque impõe uma grande carga em todas as categorias da estrutura da administração e exige competências de organização muitas vezes diferentes daquelas que são necessárias para dirigir uma empresa já estabelecida; é, nesta fase, que consultores ou pessoal contratado temporariamente no estrangeiro pode desempenhar uma parte muito importante em reforçar uma turma de administração local.

A importância de uma boa administração, para exemplificar este ponto de vista, se mostra na Figura 26.1. O caso A é 'a curva de aprendizagem' representando uma subida rápida e eficiente da produção numa aceraria bem administrada. As outras duas curvas ilustram o que pode acontecer se administração for de ca-

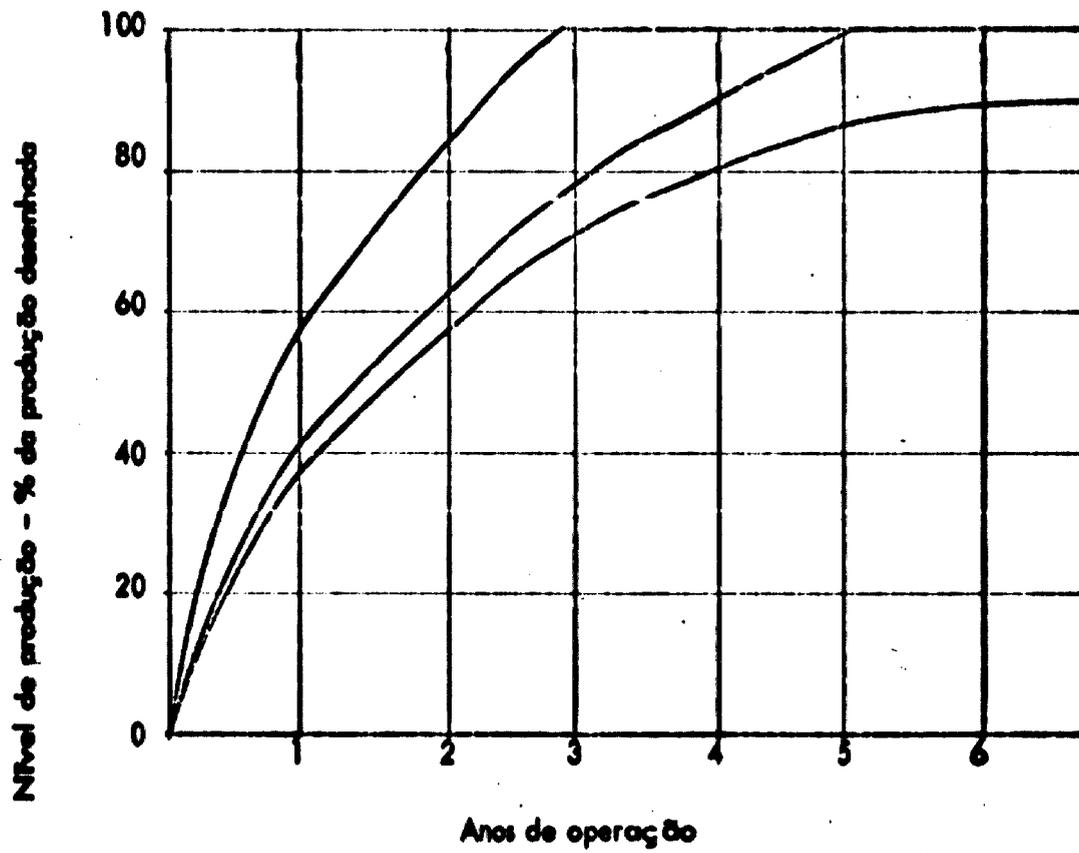


FIGURA 26.1 - EFEITO EM PRODUÇÃO POR ENTRADA ATRAZADA EM SERVIÇO

tegoria inferior. O regime de subida de produção pode ser retardado, atrasando a obtenção de produção global, como se mostra no caso B, em que foram necessários dois anos adicionais e imprevistos para se conseguir o objetivo pretendido. Pode também suceder que nunca seja possível obter o rendimento desejado e que o trabalho seja sempre feito abaixo do potencial máximo da instalação, como se mostra no caso C.

As penalidades que têm de se pagar podem ser calculadas fazendo um estudo ao fluxo de caixa descontado, digamos, durante um período de 15 anos. As cifras obtidas se aplicam a cada tonelada vendida durante toda a existência do projeto. O caso A representa 3 milhões de toneladas por ano com produtos acabados custando \$150 por tonelada. O aumento mais lento, no caso B, elevam os custos para \$162 por tonelada - uma penalidade de \$12. No exemplo mais ineficiente, o caso C se dá um acréscimo de mais \$7 o que eleva o custo do produto para \$169 por tonelada.

26.5 Custos de transportes

Transporte de produto e de matéria-prima

Como se expressa no Artigo 26.2, é agora comum no caso de uma nação produtora de aço importar quer seja carvão ou minério de ferro; e talvez seja necessário algumas vezes importar os dois produtos. Isto implica um custo de transporte de 1,5 toneladas de minério de ferro ou 0,7 toneladas de carvão para cada tonelada de aço produzido o que, por sua vez, tem que ser transportado também para os mercados. Como a densidade do carvão é muito inferior à densidade do minério de ferro, os custos de transporte, de fato por tonelada/km são semelhantes em quaisquer dos casos presumindo que a distância e o meio de transporte sejam idênticos.

Os custos de transporte de um ou de outro (ou de ambos) dos produtos que constituem as matérias-primas têm que ser avaliados conjuntamente com os custos da entrega ao mercado comercial dos produtos acabados, mercados que se podem encontrar espalhados a uma grande distância das acerarias ou, alternativamente, se podem encontrar perto destas. A tendência dos dias presentes é de localizar novas acerarias integradas em áreas costeiras porque, pelo menos, uma das principais matérias-primas tem geralmente de ser importada e portanto pode ser alimentada diretamente à aceraria num ponto onde se possa executar uma descarga do navio em boas condições. Acresce ainda, que um porto de mar bem estabelecido é frequentemente um mercado por si mesmo, com uma infra-estrutura já existente para a construção dum complexo de aceraria, como também já é, de per si, um ramal na rede de transportes nacionais.

Escala de produção e localização do mercado

Se uma aceraria grande pode fornecer um determinado mercado mais economicamente do que um número de acerarias menores dependerá, em grande parte, dos custos dos transportes para os produtos acabados. Onde exista um grande foco de mercados separadas por distâncias relativamente curtas, desde que a rede de transportes seja de boa qualidade, as economias de escala podem justificar a construção de uma grande aceraria central em vez de uma série de acerarias menores

em cada um dos centros desse mercado. O Quadro 26.1 compara os vários métodos para satisfazer um mercado hipotético, mas típico da situação dos países em desenvolvimento. As acerarias maiores parecem ter vantagens reais quando as distâncias médias de transporte que os produtos têm de percorrer não sejam maiores do que 1.500 quilômetros.

QUADRO 26.1 - EFEITO DA DIMENSÃO E LOCALIZAÇÃO DE ACERARIAS SOBRE OS CUSTOS DE PRODUÇÃO

Caso	Custos médios do produto (\$p/tonelada)	
1. Acerarias de 3 milhões de toneladas por ano localizadas no centro do mercado	150	
	Distâncias transportadas (km)	
	1500	2400
2. Acerarias de 6 milhões de toneladas anuais; 3 milhões vendidos anualmente em mercados locais e 3 milhões de toneladas requerendo transporte	150	154
3. Acerarias com 9 milhões de toneladas de produção anual; 3 milhões de produção anual vendida localmente; 6 milhões de toneladas de produção anual vendidas em dois centros mercantis equidistantemente afastados	144	150

Os custos de transporte marítimo são normalmente inferiores aos custos de transportes terrestres; conseqüentemente se o mercado está representado por uma série de pequenos centros ao longo de uma linha costeira, as economias de escala é natural que dominem o custo do transporte. Em tais circunstâncias uma aceraria única, de grandes dimensões, constitui a solução mais econômica, embora as toneladas individuais transportadas para os centros dos respectivos mercados pudessem ser bem menores.

CAPITULO 27 - TENDENCIAS NA PRODUÇÃO DE AÇO

27.1 Fatores que causam mudanças na configuração da produção de aço

Nos capítulos anteriores se discutiram as grandes mudanças que têm sucedido e que estão ainda sucedendo na manufatura de produtos de aço. Dois fatores principais causaram estas mudanças na produção mundial de aço - o aumento em dimensão das unidades produtoras e a configuração no fornecimento e utilização de matérias primas. Estes fatores têm tido uma influência não só nas acerarias e nos seus departamentos individuais de produção mas também na estrutura de toda a indústria dentro de um país e, até mesmo, dentro de uma região Internacional.

Embora exista uma certa indicação de que o regime de aumento da dimensão de unidades de produção está decrescendo, e que em certas áreas as capacidades, agora existentes, estão para além das necessidades de mercado, a configuração no campo de fornecimentos e de utilização de matérias primas ainda tem uma margem potencial para mudança, sobretudo no que diz respeito ao local onde se instalem as acerarias.

27.2 A tendência no sentido de grandes acerarias e suas implicações

Instalações para a produção de aço e de ferro têm aumentado constantemente em dimensão, desde o século passado, mas, mais recentemente, desde a segunda guerra mundial, tem existido um aumento dramático na dimensão máxima. Enquanto que anteriormente acerarias com uma capacidade de cerca de um milhão de toneladas anuais eram consideradas muito grandes e altamente econômicas, estão hoje construindo acerarias com capacidade superior de produção a dez milhões de toneladas anuais.

O rápido aumento em escala nestas acerarias se deveu a um aumento na dimensão das unidades individuais produzidas ao terem sido comprovadas as vantagens econômicas resultantes da produção de unidades maiores e as facilidades para produzir estas unidades foram completadas. E hoje em dia é possível integrar a capacidade produtiva de umas unidades muito mais vastas para se obterem todas as vantagens econômicas da escala projetadas sob uma vasta gama de processos.

O processo chave numa aceraria é o processo que se usa para a produção de aço. Para se obter rendimentos até um milhão de toneladas por ano, o número

e dimensão das fornalhas tinha aumentado durante o quartel de 1950, de que resultou acerarias Siemens-Martins contendo até dez unidades e em fornalhas com dimensões de várias centenas de toneladas de capacidade em oficinas de forno aberto e mais de cinquenta toneladas de capacidade em oficinas Thomas. O advento do sistema BOF com a sua operação basicamente mais simples e mais rápida significou poderem ser construídas usinas só com dois ou três conversores e, conseqüentemente, se tem dado um aumento dramático na capacidade máxima de acerarias em muitos milhões de toneladas por ano.

Simultaneamente com o desenvolvimento de grandes instalações BOF se entrou na fase da fundição contínua sempre que pode ser de confiança suficiente para conseguir uma fundição de lingotes. Com a remoção da necessidade de manuseamento de moldes, a fundição contínua pode reduzir a necessidade de manipulação de materiais em acerarias novas integradas ou diminuir a produção de usinas existentes.

O grande aumento na capacidade de acerarias foi bem emparelhado por um aumento semelhante na produção das usinas de laminagem. As usinas de tipo contínuo estão sendo desenvolvidas, sobretudo para a laminagem de tiras e têm crescido para uma dimensão que é capaz de absorver a produção de uma aceraria gigante de tipo BOF pela altura em que este processo tenha obtido uma aceitação comercial.

No quanto se respeito à produção de ferro, as dimensões dos alto-fornos atuais são tão grandes que a instalação é capaz de alimentar uma aceraria por maior que ela seja de um pequeno de unidades.

O crescimento no rendimento potencial das várias instalações de produção atingiu agora uma fase em que já se abordaram agora ao máximo as economias de escala. A dimensão atual de usinas para produtos planos com unidades otimamente mencionadas parece ser de cerca de seis milhões de toneladas por ano, se bem que seja possível adicionar uma segunda aceraria com capacidade ampliada para a produção de ferro e usinas de laminagem adicionais para duplicar esta produção. Desta forma se podem fazer economias nas facilidades de serviço e com um planejamento calculado, as dificuldades que surgem da manipulação de materiais mais complexos e os problemas maiores que se levantam à administração para dirigir um complexo de tais dimensões podem ser resolvidos com êxito.

No passado, o desenvolvimento de pequenas unidades de produção que eram fornecedoras de mercados locais podiam ser planejadas numa base global, porque era razoavelmente prático para aqueles a quem incumbia tomar as decisões estarem ao fato de todos os problemas que afetavam estas decisões.

Instalações modernas, com unidades de produção muito maiores e necessitando de investimentos muito mais amplos de capital têm que tomar em consideração a demanda de produtos de aço para uma região completa. É portanto imperativo que se dê a maior consideração à forma como construir as facilidades produtoras em relação ao desenvolvimento dos mercados que essas mesmas facilidades irão servir e em relação ao planejamento nacional regional que se tornou necessário para equilibrar o desenvolvimento total, quer as facilidades a serem instaladas se destinem a satisfazer um aumento na procura ou a substituir facilidades antiquadas. O fato de serem

necessárias menos unidades em cada região do planejamento levou ao planejamento co-ordenado, em muitos países, por organizações governamentais, com o propósito de evitar duplicação de facilidades. Este fato, acrescido da influência que muitos governos procuram exercer sobre os preços dos produtos de aço levou a uma posição em que, quer através de nacionalização da indústria quer através de outras medidas, os governos desempenham um papel da maior importância no planejamento estratégico global da indústria siderúrgica em muitos países.

Acresce ainda, que problemas de planejamento e de financiamento estão levando a uma posição de que o planejamento de acerarias está sendo cada vez mais considerado à base de uma companhia multi-nacional ou em uma base internacional. Esta coordenação tem sido aquela seguida desde 1954 pela CEEFA. A interdependência dos países membros da CEE, especialmente no que diz respeito a produtos de aço, demonstra que problemas de segurança nacional deixaram de ser um fator primordial no critério a ser seguido. Comercialização em matérias primas e em produtos de aço, bem como investimento internacional em materiais e sua distribuição, invalidaram fronteiras nacionais como áreas naturais em que se planeje o desenvolvimento do aço.

Todavia, as acerarias de grandes dimensões não são apropriadas para todas as dimensões e lado a lado com este desenvolvimento, se têm dado outros no conceito e nos desenhos de "mini-acerarias" que fornecem uma gama limitada de produtos a uma zona limitada do mercado. Este assunto se discute em pormenor no Capítulo 22,

É suficiente afirmar aqui que devido ao fato das mini-acerarias se servirem das vantagens favoráveis existentes mas não das circunstâncias típicas, estas acerarias nunca podem constituir uma parte dominante da indústria siderúrgica e nunca produzirão mais do que uma pequena proporção da demanda do mercado. Sem dúvida, em alguns países, as mini-acerarias podem bem vir a ser uma fase transitória no desenvolvimento da indústria siderúrgica. Sobretudo, nos casos em que uma indústria se está desenvolvendo rapidamente a partir de princípios relativamente pequenos (como é o caso no Brasil) pode bem ser que com uma indústria siderúrgica bem planejada em que acerarias de arco elétrico e vastas usinas modernas de laminação situadas adjacentes ao mercado, ofereçam vantagens de operação de tal natureza que as vantagens operacionais usadas pelas mini-acerarias em outros países, no momento presente, se não tornem evidentes.

27.3 O efeito de mudanças no uso de minério de ferro

O padrão de manufatura e distribuição de aço está atravessando grande modificações em muitos países devido à mudança em utilização de minério produzidos no país e de minérios importados do estrangeiro. O local de colocação de instalações é uma questão de otimizar por forma a se obterem os mais reduzidos custos de transporte e, uma solução típica para um grande número de países é presentemente o estabelecimento de vastas instalações na linha da costa para as quais o minério de ferro é embarcado diretamente. A velocidade da mudança, todavia, é muito influenciada pelas instalações existentes e bem assim pelos problemas de administração nas localizações geográficas originais em que se encontravam as acerarias anteriores.

O padrão de desenvolvimento do comércio internacional em minérios de alta qualidade se mostra no Quadro 27.1. O minério de ferro mercantilizado constitui mais de um-terço da quantidade total de minério de ferro utilizado, que atinge uns 650 milhões de toneladas por ano. Os países importadores têm a sua escolha

QUADRO 27.1 - COMÉRCIO INTERNACIONAL DE MINÉRIO DE FERRO

(Milhões de toneladas)

Ano (19--)		58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	Pre. 1980
<u>Libéria</u>						3,7	6,4	12,2	15,3	16,5	17,4	19,2	20,6		57
<u>EUA</u>	Importações	27,6	35,0	34,6	25,8	33,4	33,5	43,1	45,8	47,0	45,4	44,6	41,4	45,6	53
	Exportações	3,4	3,0	5,2	5,0	5,9	6,8	7,0	7,0	7,8	5,9	-	5,3	5,5	8
<u>Canadá</u>	Importações	3,0	2,5	4,5	4,1	4,6	5,3	5,2	4,8	4,3	2,4	2,8	2,3	2,2	3
	Exportações	12,4	16,5	16,6	14,9	21,6	23,8	30,5	30,8	30,7	31,4	36,6	28,4	39,3	44
<u>Brasil</u>	Exportações	2,8	4,0	5,2	6,8	7,6	8,2	9,7	12,7	12,9	14,3	15,0	21,5		) 97
<u>Chile</u>	Exportações	3,6	4,3	5,2	6,2	7,2	7,1	9,1	10,7	11,1	9,9	10,5	9,6		
<u>Venezuela</u>	Exportações		17,4	19,3	14,6	15,3	12,3	14,9	17,0	17,0	16,5	15,1	19,0		
<u>Índia</u>	Exportações		2,5	3,4	3,2	3,4	3,8	9,9	10,9	12,3	13,4	13,7	15,7	16,5	33
<u>Japão</u>	Importações	7,6	10,4	14,9	20,9	22,1	26,0	31,2	39,0	44,1	56,7	68,2	83,1	102,0	172
<u>CECA</u>	Importações	23,8	22,7	34,3	34,8	33,1	36,5	47,7	53,8	50,5	55,4	67,1	75,2	84,0	123**
	Exportações	0,8	0,7	0,8	0,7	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,1	0,4	0,9	
<u>Bélgica/ Luxemburgo</u>	Importações	16,9	18,3	20,8	20,7	21,2	19,8	23,0	23,7	21,4	21,9	26,3	27,6	29,2	
<u>Frância</u>	Importações	1,0	1,0	1,5	1,7	1,9	3,5	3,6	3,9	4,2	4,8	5,0	6,9	9,6	
	Exportações	15,3	20,0	27,2	25,0	26,7	21,2	22,1	22,8	18,2	17,5	18,3	10,5	10,0	
<u>Rep. Fed. Alema</u>	Importações	17,0	20,0	33,7	32,7	29,1	27,1	35,1	35,6	31,3	31,9	39,6	43,4	47,8	
<u>Itália</u>	Importações	2,3	1,6	2,6	3,3	4,4	5,2	5,0	7,9	8,1	9,9	10,1	11,0	10,7	
<u>Holanda</u>	Importações	1,0	1,0	2,3	2,3	2,3	2,5	3,1	3,6	3,5	3,6	4,4	5,0	5,4	
<u>Suécia</u>	Exportações	14,8	16,5	19,7	20,3	19,4	20,3	24,3	24,5	22,3	23,1	28,8	31,7	29,0	26
<u>RU</u>	Importações	12,9	13,4	18,0	15,0	12,9	14,3	18,9	19,2	16,2	16,3	17,9	18,5	19,9	
<u>URSS</u>	Exportações	11,9	13,4	15,2	16,3	18,9	20,8	22,6	24,1	25,1	28,7	32,2	33,1		64
<u>Austrália</u>	Exportações	-	-	-	-	-	-	-	0,1	0,3	5,5	12,5	20,4		57
<u>Mundial**</u>	Importações	75,1	84,6	106,3	100,6	106,1	115,6	146,1	162,6	162,1	176,2	200,6	220,7	252,6	351

- * Importações ao, e exportações para terceiros países
 ** EUA, Canadá, CECA, Japão, Sé Reino Unido
 * Incluindo Perú
 ** Incluindo Reino Unido

Fontes: BSC Statistical Handbooks
 The Changing World Market for Iron Ore 1950-1980. G. Manners
 John Hopkins Press, Baltimore and London (1971)

onde é que desejam adquirir o seu minério de ferro. Em tais circunstâncias o padrão de comercialização pode ser considerado como relativamente estável. Como os países fornecedores de minério de ferro se encontram espalhados por todo o mundo o fornecimento total pode ser visto como relativamente insensível à problemas políticos que possam surgir em qualquer uma parte do mundo. Este padrão de mercantilização representa uma grande diferença sobre as necessidades anteriormente aceitas como necessárias e que o aço em países industrializados deveria ser produzido de matérias primas próprias por razões nacionais tanto de segurança como comerciais e militares.

Conseqüentemente a situação em 1980 é de se esperar que seja semelhante à situação presente. A demanda prevista mundialmente para o aço é de cerca de 950 milhões de toneladas o que leva a um consumo de pelo menos 1.000 milhões de toneladas de minério de ferro, e a proporção que é comercializada é de se esperar que seja mais ou menos a proporção existente em 1970, isto é, de aproximadamente 400 milhões de toneladas em 1980. O Quadro 27.1 mostra a comercialização prevista de minério de ferro em 1980 que totaliza 350 milhões de toneladas; esta previsão pode bem vir provar a ser um cálculo conservador.

Um grande número de países industrializados depende agora em grande proporção de minério de ferro importado, sendo um exemplo mais significativo o Japão. A indicação deste fato é que para ser competitivo, tanto no mercado nacional como no mercado de exportação, não é necessário possuir uma fonte indígena de minério de ferro. Evidentemente que a existência de uma fonte de minério de ferro de alta qualidade no país deve constituir uma vantagem pelo menos no quanto diz respeito aos mercados nacionais, visto que a posição dos mercados de exportação depende dos custos relativos do transporte de materiais.

27.4 O efeito do fornecimento de sucata

Depois do minério de ferro nas suas várias formas, a sucata é a única outra fonte significativa de ferro usada, presentemente, na produção de aço. A sucata é produzida de três formas: primeiramente, como sucata obtida na própria aceraria e provinda das operações de aço; a segunda forma no processamento dos produtos da aceraria quando transformados em artigos acabados de engenharia; e em terceiro lugar através da obsolescência de produtos capitais.

As formas e as localizações em que se produzem as sucatas nas acerarias e nas fábricas de construção de produtos de engenharia são tais que, em circunstâncias normais, se encontram imediatamente prontas numa forma relativamente utilizável.

Todavia, no caso de sucata capital, existe um vasto número de formas e variedades de sucatas que podem ser recolhidas sem dificuldade e utilizadas por uma aceraria para a sucata sem que o custo da sua reclamação se torne deseconômico. Um exemplo de recolha de sucata que recentemente se tem tornado econômico em países com uma vasta produção de automóveis é o processo 'Prolerising'. Na maioria dos países fabricantes de aço a sucata de processamento e capital se encontra imediatamente à disposição do fabricante de aço a um preço determinado pelos arranjos comerciais para a sua obtenção e para o transporte para a aceraria. No quanto respeita a procura, as quantidades de sucata que se podem encontrar dispo-

QUADRO 27.2 - EXPORTAÇÕES E IMPORTAÇÕES DE SUCATA DE FERRO
E DE AÇO (Milhões de toneladas)

		1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970
Austrália	Exp.	0,4	0,4	0,3	0,5	0,4	0,5	
Canadá	Imp.	0,8	0,9	0,7	0,5	0,6	0,6	0,8
	Exp.	0,6	0,2	0,3	0,4	0,4	0,7	0,6
CECA	Imp.	2,1	1,5	0,8	1,2	2,1	2,2	1,9
	Exp.	0,2	-	-	-	-	0,1	0,1
Bélgica/Luxemburgo	Imp.	0,2	0,1	0,2	0,2	0,3	0,6	0,8
	Exp.	0,6	0,7	0,7	0,8	0,7	0,7	0,7
França	Imp.	0,6	0,5	0,5	0,5	0,4	0,5	0,4
	Exp.	1,5	1,8	1,8	2,2	2,2	2,2	2,6
Rep. Fed. Alemã	Imp.	1,8	1,1	0,7	1,1	1,6	1,2	1,4
	Exp.	1,3	2,0	2,0	2,1	1,8	1,8	2,2
Itália	Imp.	3,2	4,6	4,1	5,0	5,1	5,1	5,1
Holanda	Imp.	-	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3
	Exp.	0,4	0,5	0,4	0,6	0,7	0,7	0,6
Índia	Exp.	0,5	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4
Japão	Imp.	5,1	3,4	3,5	6,7	3,9	4,9	5,8
Polónia	Exp.	-	-	-	-	0,2	0,2	
Espanha	Imp.	0,3	0,4	0,4	0,4	0,6	1,2	1,4
Suécia	Imp.	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,4	0,5
Reino Unido	Imp.	-	-	-	-	-	0,3	0,3
	Exp.	-	-	-	-	0,9	0,6	0,4
EUA	Imp.	0,3	0,2	0,4	0,2	0,3	0,3	0,3
	Exp.	1,1	2,0	2,2	0,8	0,0	0,0	1,4
URSS	Exp.	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	1,3	
Iugoslávia	Imp.	0,1	0,1	0,1	-	0,1	0,1	

Fontes: BSC Statistical Handbooks
The Iron and Steel Industry in 70 (ODCE)

níveis são, na sua totalidade, relativamente insensíveis ao preço que é pago pela sucata, isto porque, muita da sucata é produzida por uma forma que não justifica ou permita armazenagem lucrativa esperando que existam preços mais favoráveis no mercado. Existem certas exceções neste ponto de vista, especialmente em sucata proveniente do desmantelamento de navios, em que o proprietário do aço tem uma certa escolha à sua disposição sobre a data em que venda esta sucata e pode retê-la por um certo tempo esperando um preço mais remunerativo sem ter de incorrer despesas volumosas de armazenamento. Do ponto de vista das economias de transporte, existe a tendência natural para a sucata ser consumida pelos produtores de aço na região em que essa sucata é produzida.

Minério de ferro é mercantilizado internacionalmente e as relações comerciais normais, determinam o seu preço numa base de procura e fornecimento. O preço do aço em qualquer país ou região é determinado largamente pelo custo de produzir o aço com este minério. A partir de um certo ponto mínimo de demanda, a sucata fica depois ao dispor da concorrência com o minério e o preço da sucata no mercado se ajusta a fim de tornar a sua utilização economicamente atraente ao fabricante de aço.

O comércio internacional em minérios produzirá uma posição em que existe uma paridade maior no custo da fabricação de aço em bruto através do mundo. Este fato é natural que tenha influência nas regiões dentro das quais se possa estabelecer um equilíbrio de utilização da sucata, porque a ampliação numa região implicaria o elevado aumento no custo de transporte. Conseqüentemente, o objetivo será estabelecer dentro de cada uma das regiões, o padrão do desenvolvimento da indústria siderúrgica, empregando o método de metal quente de alto-forno/BOF e o método de arco elétrico à base de sucata que, conjuntamente, criarão um equilíbrio na utilização da sucata que se produza dentro da região com os minérios importados ou indígenas.

O Quadro 27.2 demonstra que o conceito da sucata a ser utilizada numa base regional, tem, de fato, validade. O nível médio mundial de consumo de sucata para manufatura de aço em 1969 foi de cerca de 200 milhões de toneladas por ano. As quantidades de sucata negociadas são, em comparação, relativamente insignificantes, e, na sua maior parte, representam a comercialização tática, que pode aparecer, de tempos a tempos em todas as facetas do comércio internacional. Embora seja embarcada para o Japão, para a Itália e para os EUA uma tonelagem significativa, esta tonelagem representa menos do que 20 por cento da quantidade de sucata consumida nos EUA e no Japão. Apenas no caso da Itália a tonelagem comercializada representa uma parte significativa da totalidade de sucata consumida no país, e, como seria de esperar, os preços de sucata na Itália, tendem a se aproximar mais do que os preços japoneses, em relação ao preço da sucata nos EUA. No Japão o predomínio do processo BOF e o custo menor a longo prazo de minério de ferro, conjuntamente com a posição relativa da sucata importada para a produção total do aço, têm mantido os preços da sucata muito mais próximos dos preços prevalentes no mercado livres nos países da CEE. Todavia, importações de sucata no Japão, representam uma proporção decrescente da sucata a ser consumida e até mesmo na Itália a grande tonelagem em acerarias que fazem uso do processo de alto-forno/BOF que estão sendo instaladas nesse país passará a depender relativamente menos de sucata.

Ao ser feito o exame das implicações relativas aos conceitos acima expressados, relacionados com o balanço regional de sucata, há que tomar cuidado e não prestar atenção demasiada a condições transitórias que se podem aplicar apenas aos dias presentes. Se bem que o padrão geral de uso de sucata em todo o mundo se possa encontrar em linha com estes conceitos, o comércio de sucata pelos EUA e pelo Japão e pela Itália constitui uma característica excepcional. Pode ser explicado no caso dos Estados Unidos, pela configuração geográfica de desenvolvimento da indústria que torna muito dispendiosa a utilização de sucata devido ao seu transporte de áreas em que é produzida para as áreas em que se encontram as acerarias. Os negociantes de sucata se viram perante mercados prontos no Japão e na Itália, países em que a indústria se estava desenvolvendo muito rapidamente, e em que era possível orientar o padrão de desenvolvimentos para se emparelhar com a forma mais econômica existente para a aquisição de matérias primas. É provável que este padrão de comercialização não continue durante um longo futuro e, indiscutivelmente, existem já indícios dentro das indústrias italianas e japonesas de que estão procurando reduzir a sua dependência do mercado de sucata para a construção de um vasto número de acerarias pelo processo/BOF,

Numa indústria se desenvolvendo lentamente, é difícil alterar a estrutura da indústria dentro de um período de tempo relativamente muito curto. Conseqüentemente em casos em que a evolução histórica ou mudanças técnicas tenham produzido uma situação de desequilíbrio, se poderá dar uma escassez de sucata ou uma existência excessiva. Escassez de sucata está normalmente associada com o seu alto preço. Se bem que este problema não possa ser resolvido em um período de tempo muito curto chegará o momento em que terá que ser tomada uma decisão de levar em consideração o preço prevalecente de sucata ou de planejar tendo em vista o estabelecimento de um equilíbrio em matérias primas. Em termos comerciais, poderá ser possível a curto prazo, justificar certas decisões baseadas no preço elevado de sucata, mas decisões de tal natureza podem bem não ser as melhores a longo prazo no interesse nacional. Por exemplo, algumas acerarias de redução direta têm sido justificadas numa base comercial, devido ao elevado preço de sucata. Se, todavia, o preço a longo prazo de sucata comparado com aquele estabelecido em países onde existe um equilíbrio de matérias primas (digamos \$30 por tonelada), tenha sido o utilizado, nesse caso a instalação destas acerarias pode bem não ter sido justificada em termos econômicos. Portanto, processos de redução direta devem ser encarados como consumidores de minério de preferência a produtores de um substituto para a sucata, sendo o problema real o saber se podem ser econômicos em relação ao processo de produção de aço em altos-fornos/BOF. O ponto de vista, freqüentemente expressado, de que uma instalação usando pelotas pré-reduzidas pode controlar efetivamente os preços, não é um ponto de vista bem fundamentado, porque uma vez tenha sido construída uma instalação desta natureza, as pelotas tem que ser o produto utilizado mesmo quando os preços de sucata sejam baixos; o encerramento da instalação ou o armazenamento de pelotas sem deterioração teria o efeito de aumentar o preço médio das pelotas e conseqüentemente o preço da sucata só poderia ser controlado a um nível mais elevado do que aquele normalmente possível de obter.

27.5 O efeito de fornecimentos de carvão

Para além de materiais ferruginosos, minério e sucata, o único outro material

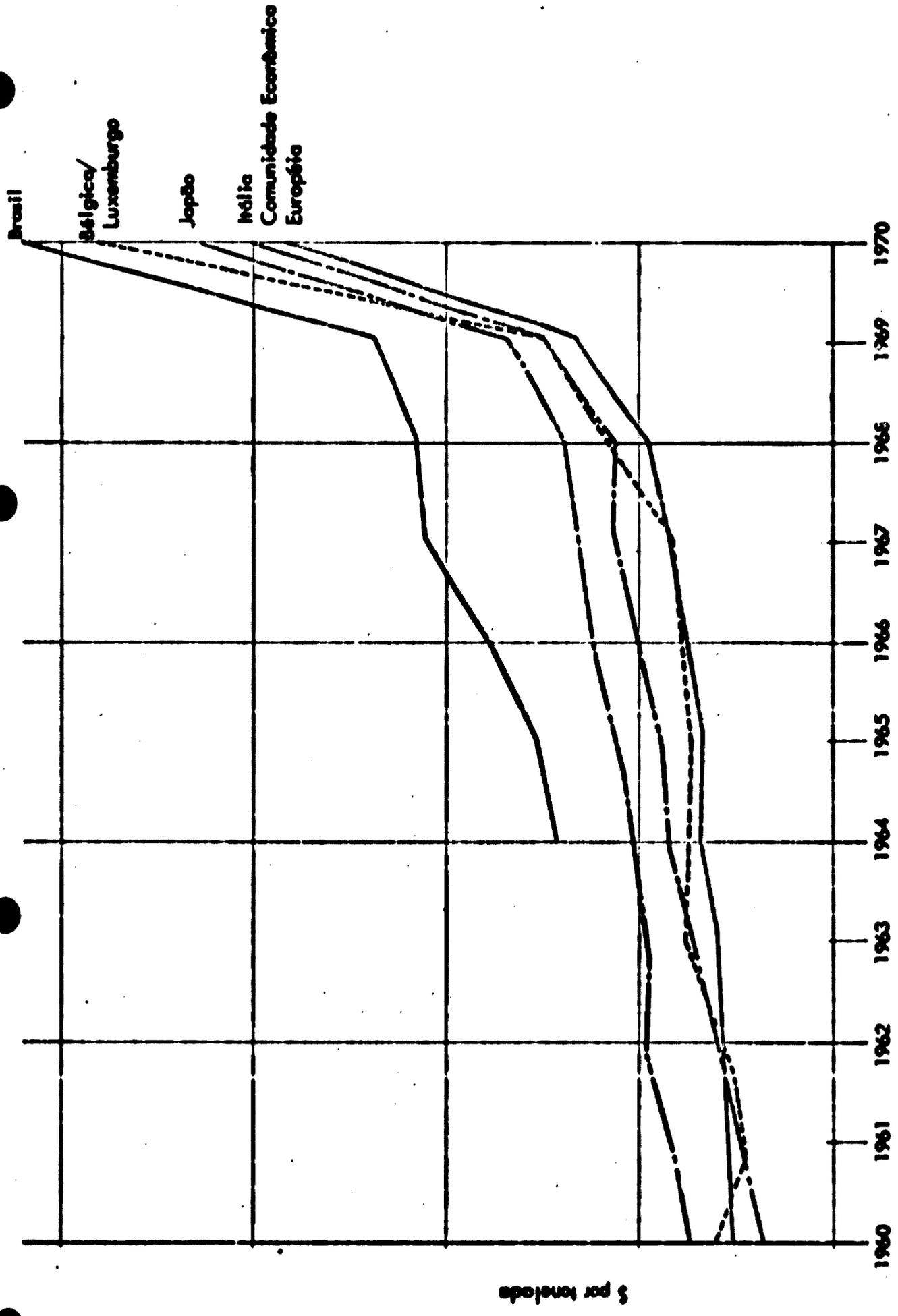


FIGURA 27.1 - VA.OR MÉDIO DAS EXPORTAÇÕES NORTE-AMERICANAS DE CARVÃO METALÚRGICO FOR PORTOS AMERICANOS

que é mercantilizado internacionalmente e que tem uma influência de importância na indústria siderúrgica mundial é o carvão coqueificante que combina as funções de combustível e de agente de redutível nos processos de alto-forno.

Embora na primeira parte do quartel de 1960 se pensasse que as existências de carvões coqueificante iriam constituir um problema mundial de vulto, desenvolvimentos nos processamentos de carvão, tornam hoje possível que os altos-fornos façam uso de qualidades muito mais abundantes no mundo.

Embora não existam cifras sobre as importações e exportações de carvão coqueificante, independentes das cifras existentes para outros tipos de carvão, se obtém uma certa indicação do nível comercial em carvão coqueificante e dos principais fornecedores e principais consumidores à luz das toneladas embarcadas em 1967. Estas cifras se referem a milhões de toneladas.

<u>Exportadores</u>		<u>Importadores</u>	
<u>País</u>	<u>Tonelagem</u>	<u>País</u>	<u>Tonelagens</u>
EUA	30.3	<u>Japão</u>	24.0
República Fed. Alemã	9.5	Canadá	5.6
Austrália	9.0	Países do Benelux	3.0
Polónia	2.1	Itália	7.9
		França	4.8
		Holanda	3.1

Portanto, o comércio anual internacional excede a 50 milhões de toneladas, a que se pode acrescentar um comércio de coque preparado de cerca de 20 milhões de toneladas.

Se bem que ao momento presente as fontes de carvão coqueificante sejam mais restringidas em número do que aquelas de minério de ferro, não é considerado que consumidores de grande volume deste carvão tenham problemas de importância ao negociarem contratos com fornecedores de minério. Todavia, os preços atuais são muito elevados. Na Figura 27.1 mostramos como os preços têm subido muito rapidamente desde 1969; no primeiro semestre de 1971 o preço FOB de carvão coqueificante americano para entrega na Europa sofreu mais um aumento que foi até \$19 - 20 por tonelada. Olhando para o futuro, com os desenvolvimentos que estão tendo lugar nas técnicas de coqueificação, é de esperar que se obtenham outras fontes de carvão numa base comercial e, em consequência, os preços se podem regularizar a um nível mais razoável.

27.6 Fatores que afetam a configuração de acerarias

A indústria siderúrgica em uma região ou em um país está preocupada com a utilização de minério de ferro e de sucata para a produção de produtos de aço semi-acabados através de uma série de processos de fabricação, a sua subsequente laminação em produtos acabados e a mercantilização destes produtos para armaze-

nistas e utilizantes. As formas como esta atividade total é levada a cabo são influenciadas por um número de fatores técnicos comerciais e geográficos que determinam aquilo que se pode chamar 'configuração' das várias instalações a construir, isto é, a gama de processos que devem ser levados a cabo na aceraria. Por exemplo, acerarias integradas, acerarias semi-integradas, instalações de relaminagem etc., são instalações com diferentes 'configurações'. No passado, indústrias consumidoras e acerarias com necessidades comuns em energia e em transporte estavam tipicamente concentradas nas mesmas localidades. Fatores técnicos e econômicos determinavam, nesse caso, se determinada aceraria deveria produzir ferro gusa, produtos semi-acabados para alimentação de instalações de relaminagem ou produtos acabados. Fatores que influenciaram a configuração das acerarias incluíam a utilização de gases de escape, serviços especializados que o re-laminador final podia oferecer ao cliente no mercado e o grau de propriedade comum das várias empresas utilizantes de aço.

O significado destes fatores tem sido alterado com o decorrer do tempo e outros fatores apareceram que têm uma importância maior. As acerarias são hoje em dia muito mais vastas e, particularmente, uma instalação para produzir um determinado produto pode hoje ser maior do que é necessário para satisfazer o mercado de uma única região. Além disso, novas indústrias estão sendo construídas perto das maiores concentrações, não só populacionais mas de serviço, enquanto que a localização de acerarias em muitos países será junto de regiões costeiras com águas profundas que podem bem não ser adjacentes ao mercado. Todas estas alterações levaram a uma revista dos fatores básicos que determinam a configuração das acerarias.

Primeiramente, até ao estágio do produto semi-acabado, as unidades de produção se preocupam com a manufatura em bruto de produtos básicos. Mesmo que se proceda à manufatura de produtos semi-acabados o seu montante será pequeno em comparação com as muitas especificações que existem para produtos acabados. É possível, portanto, para a produção de semi-acabados para relaminagem, proceder tendo apenas um conhecimento generalizado dos produtos finais que o mercado irá demandar; é da responsabilidade do re-laminador o fazer a encomenda de produtos semi-acabados de harmonia com as especificações que se enquadrem com os seus conhecimentos de produtos finais.

Portanto a laminagem de semi-acabados para a fabricação de produtos acabados demanda um conhecimento pormenorizado das especificações dos produtos requeridos. Na prática, a indústria verifica que tal conhecimento é, presentemente, difícil de obter e portanto não pode fabricar com a idéia de armazenar e de poder fornecer imediatamente de existência em armazém. Porque a indústria faz a laminagem de acordo com as encomendas recebidas e necessita se encontrar em estreito contato com os clientes e este fato pode influenciar a localização das usinas de laminagem junto dos clientes que compram o produto mesmo que o aço básico até o seu estágio de produto semi-acabado seja produzido numa localidade distante. Existem, de fato, diferenças entre as necessidades de serviço para o setor de planos e não planos dentro da indústria; a tendência anterior de obter encomendas de clientes individuais, por exemplo, daqueles dedicados à manufaturas de automóveis tem sido substituída posteriormente pela tendência de fornecer uma gama cada vez maior

de produtos ou uma variedade cada vez mais ampla de consumidores de menor vulto.

Outro fator que tem sido de importância cada vez maior se relaciona com o montante de investimento que é necessário e, conseqüentemente, com a forma como será possível atrair para a indústria os fundos que são necessários. E grandes complexos para a produção de ferro e aço tanto esses complexos se dediquem à produção de tarugos ou de pranchas, necessitam de um investimento de muitas centenas de milhões de dólares e as usinas de laminagem para a manufatura de produtos planos também tendem a necessitar identicamente vastos investimentos monetários. Em contra partida, usinas de laminagem para produtos não-planos requerem apenas um investimento de várias dezenas de milhões de dólares, uma soma que se pode obter mais facilmente de fontes de investimento particulares.

Como se vê, portanto, os fatores que determinam a configuração das acerarias se estão modificando. Antes de se construírem acerarias novas se devem examinar todos os fatores técnicos, econômicos e geográficos da região em que essa aceraria vai ser instalada. Quaisquer ligações comerciais e técnicas entre os produtores de aço e as indústrias consumidoras que a produção irá servir se aplicam mais à manufatura de produtos acabados do que à produção de aço em bruto provindo de minério; portanto, onde econômicas em matéria de transporte indiquem que se possam fazer economias, a produção de aço em bruto pode ser levada a cabo mais perto da mina de onde se extrai o minério enquanto que produtos semi-acabados como tarugos, pranchas e bobinas laminadas à quente sendo transportadas para o mercado onde seriam então laminadas em produtos acabados. Esta perspectiva teria considerável interesse no caso de países que possuem grandes atividades de mineração.

A praticabilidade de deslocar o centro de produção de aço para o estrangeiro tem sido objeto de estudos muito pormenorizados por um número de países, nos últimos tempos, e alguns desses países já investigaram as possibilidades comerciais e econômicas de fazerem investimento no estrangeiro. Por exemplo, a British Steel Corporation já explorou a possibilidade de fazer tarugos na Austrália ou na República Sul Africana mas, segundo se informa não parece que tal procedimento seja adotado pelos tempos mais próximos. Se sabe também que a indústria siderúrgica japonesa está interessada na possibilidade de obter produtos semi-acabados na América do Sul, se bem que negociações com vários países ainda não tenham ido para além da fase exploratória. Em uma escala pequena produtos semi-acabados australianos têm sido recentemente importados por uma aceraria da República Federal Alemã.

Esta prática oferece certas vantagens comerciais tanto ao fabricante como ao comprador de produtos semi acabados se bem que existam também desvantagens de uma natureza comercial.

As vantagens são:

- O país fornecedor, porque exporta um produto mais valioso, está adquirindo cambiais estrangeiras para outros desenvolvimentos, com frequência necessária de países em desenvolvimento.
- O país comprador evita problemas de poluição associados com a fa-

bricação de ferro e de aço que são hoje problemas preocupantes das nações industrializadas.

Os fretes marítimos custam apenas metade da tonelagem comparado com o embarque de minério de ferro.

As desvantagens são:

Se dois países se encontram muito separados um do outro se torna frequentemente fazer encomendas de ante-mão para produtos semi-acabados que permite data de embarque razoável para se poder cumprir uma determinada encomenda, já aceite, de produtos acabados.

Existe um montante adicional e importante de capital de movimento e mobilizado na forma de materiais valiosos que se encontram em trânsito entre países.

Portanto, se bem que provavelmente a uma futuro mais ou menos distante as vantagens existentes levem à evolução de um desenvolvimento desta natureza, é difícil prever que modificações nas práticas comerciais e possivelmente de embarques marítimos serão bastante para vencerem as desvantagens.

27.7 O crescimento de produção nas diferentes áreas

A produção mundial de aço em 1969, o ano escolhido como sendo o ano do ciclo médio se resume seguidamente:

Região	Percentagem prevista da população mundial	Produção de aço	
		Miilhões de toneladas por ano	Per centagem do total
Europa Ocidental incluindo o Reino Unido	8	152	27
América do Norte	6	137	24
URSS	7	110	19
Ásia (excluindo o continente da China e Coréia do Norte)	31	89	15
Europa Oriental	3	40	15
América Latina (incluindo o México)	8	11	2
Outros países	37	32	6
		<hr/> 571 <hr/>	

É significativo que a América Latina que tem uma população muito vasta e é rica em recursos de minério, particularmente minério de ferro, contribui apenas com 2 por cento para a produção mundial de aço. Parece que o potencial para aumentar a produção e a comercialização nesta área é muito considerável.

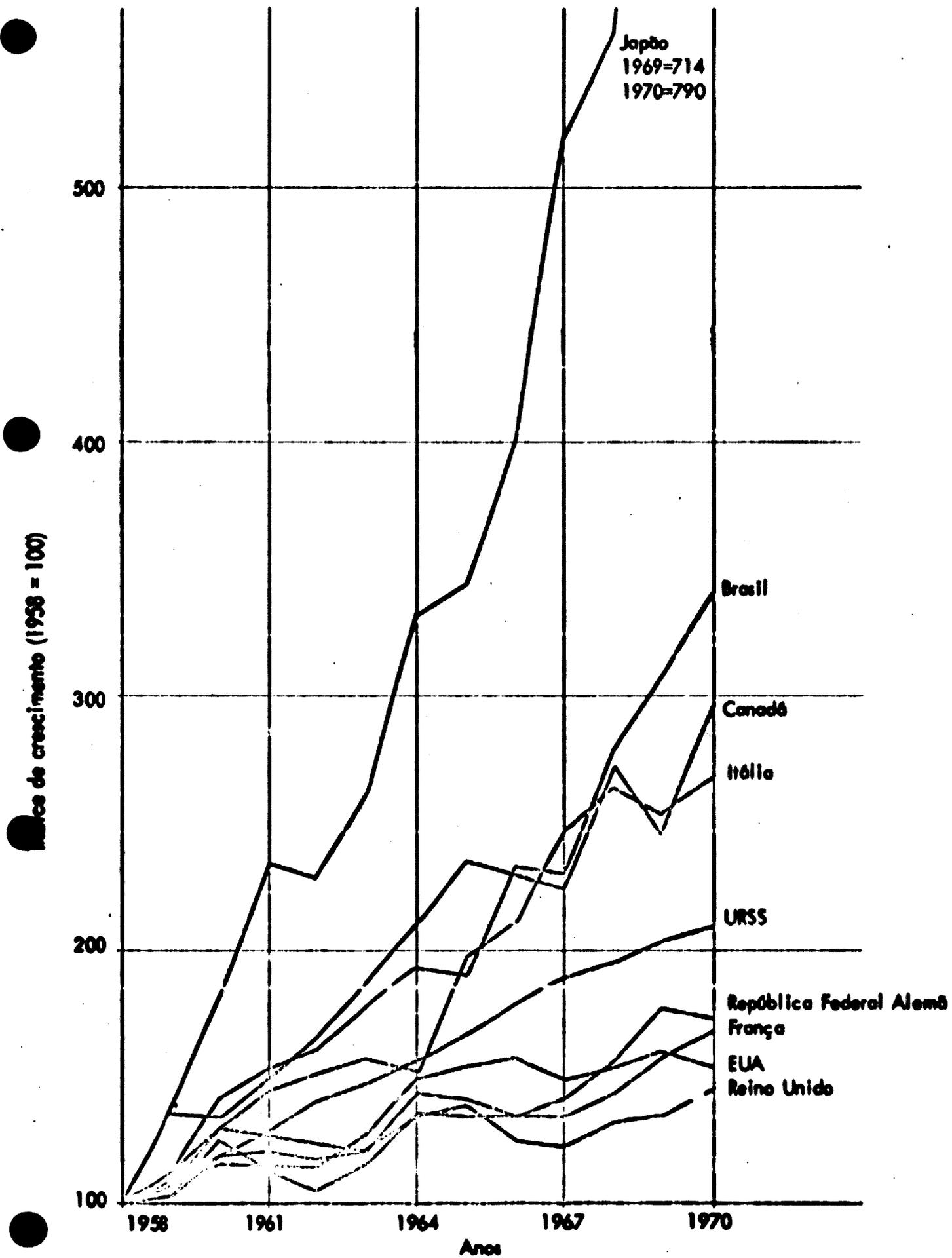


FIGURA 27.2 - CRESCIMENTO DA PRODUÇÃO DE AÇO BRUTO

O período entre 1958 e 1968 assistiu a aumentos dramáticos na produção de aço em um número de países, com diferentes pressões ambientais como se mostra no Figura 27.2. Os cursos seguidos pelas indústrias siderúrgicas individuais se desenvolveram de maneira diferente se bem que, ao fim e ao cabo todas tenham levado a um gênero de desenvolvimento semelhante como o Japão e a CEE constituem um exemplo.

A produção de aço nos EUA aumentou em 43 milhões de toneladas a partir de uma base de cerca de 75 milhões de toneladas por ano. Este desenvolvimento foi baseado principalmente no rápido desenvolvimento do mercado nacional. Os EUA possuem matérias primas próprias mas importam uma tonelagem significativa de minério de ferro. Se tem dado um aumento semelhante na URSS, partindo de uma base de cerca de 50 milhões de toneladas por ano em que se deu uma expansão anual de também 50 milhões de toneladas. Esta expansão se baseia no mercado interno fazendo uso de matérias primas indígenas.

O padrão do desenvolvimento da indústria siderúrgica japonesa foi diferente em quase todos os seus aspectos. Como se sucedeu com o desenvolvimento industrial no quartel de 1930 voltou a suceder na indústria siderúrgica no quartel de 1950 em que indústria teve que exportar para fazer uma contribuição para a necessidade de cam biais porque o Japão importava praticamente todas as matérias primas industriais que precisa. A característica predominante na década de 1950 a 1968 é a expansão do aço de um base de 11 milhões de toneladas para 66 milhões de toneladas. Isso exigiu a organização da aquisição no estrangeiro numa base a longo prazo de todas as matérias primas e o desenvolvimento de uma tecnologia de produção siderúrgica para se obter aço a baixo custo com estes materiais. A indústria siderúrgica no quartel de 1950 e nos princípios do quartel de 1960 recebeu prioridade das agências governamentais em matéria de desenvolvimento de recursos mas a fim de os justificar a concessão das facilidades econômicas da maior amplitude, foi necessário basear os desenvolvimentos nos mercados de aço tanto japoneses como asiáticos.

Se torna justificado registrar aqui que em comparação 12 milhões de toneladas adicionais do período de uma década que constituem o objetivo para o Brasil seria um passo semelhante e apenas o aumento ligeiramente maior do que aquele que foi recentemente realizado por outra nação, predominantemente agrícola, a Itália.

27.8 Financiamento do crescimento de produção

Os níveis de despesas em investimento por um número de países em relação aos níveis de produção de aço para se mostrar a relativa importância do investimento são exemplificados no Quadro 27.3. Embora, como seria de esperar, o Japão apresenta as cifras mais elevadas no quadro, cerca de \$18 por tonelada, mas essa cifra não é tão alta como na Espanha (\$40 por tonelada durante um número de anos), ou a Holanda. Uma cifra comparativa como aquela dos níveis que se possa esperar que tenham de ser despendidos no Brasil durante os anos mais próximos é de cerca de \$50 por tonelada de aço produzido. Programas de desenvolvimento tão veloz para a indústria siderúrgica requerem o compromisso de grandes somas para investimento em instalações novas tanto para a indústria siderúrgicas como para as indústrias utilizantes do aço. Investimentos de tamanha monta só podem ser feitos com grandes considerações. Esses investimentos podem bem

**QUADRO 27.3 - DESPESA EM INVESTIMENTO EM RELAÇÃO À
PRODUÇÃO DE AÇO CRU**

(\$/tonelada)

	1965	1966	1967	1968	1969	1970
Rep. Fed. Alemã	8,5	8,3	6,1	5,5	6,8	13,9
Bélgica	15,5	16,0	11,0	6,4	10,3	18,3
França (1)	8,6	7,5	9,1	12,4	12,1	15,5
Itália	19,4	12,2	8,0	6,6	8,7	17,2
Luxemburgo	5,6	6,5	3,5	2,8	6,2	9,0
Holanda	11,8	21,0	27,8	33,7	26,4	22,8
CECA	10,8	10,0	8,3	8,1	9,5	15,5
Austria	9,0	14,6	13,8	8,9	7,8	15,2
Espanha (1)	33,1	37,1	41,3	41,9	36,9	33,9
Reino Unido(1)	5,1	4,7	5,6(2)	4,5(2)	3,8(2)	9,7
Suécia	19,7	21,6	19,7	18,1	18,8	21,8
Canadá	16,6	21,5	13,0	5,9	10,1	15,7
Estados Unidos	15,2	16,1	18,8	19,9	16,7	16,8
Japão	11,0	11,3	13,6	17,4	18,2	20,2

1. Os câmbios da libra esterlina e da peseta contra o dólar consoante em novembro de 1967 e os do franco francês e marco alemão consoante agosto e outubro de 1969, respetivamente.

2. Apenas British Steel Corporation

Fonte: "The Iron and Steel Industry in 1970 and Trends in 1971", ODCE.

Despesa em investimento durante o ano financeiro foi relacionado à produção anual do ano geral.

constituir uma vasta proporção da economia nacional cujo uso terá uma grave repercussão no desenvolvimento total da economia ou podem ter de ser obtidos em fontes fora do país que demandarão garantias muito firmes.

Os riscos físicos capital na indústria siderúrgica são maiores do que para outras indústrias associadas com o desenvolvimento rápido de uma economia, porque a indústria siderúrgica necessita de se desenvolver muito mais para frente do desenvolvimento dos seus principais consumidores e os riscos de não cumprir a produção previstas nos planos podem ser mais sérios à luz das responsabilidades adquiridas em contratos a longo prazo para matérias primas. Uma interpretação do desenvolvimento da indústria siderúrgica japonesa é olhar para os recursos devotados ao desenvolvimento tecnológico e o aumento de economias de uma grande aceraria como sendo um pré-requisito na tentativa de aumentar a participação dos mercados internos e de exportação. Se tornaram necessários para os fabricantes japoneses de aço a fim de lhes dar flexibilidade para manterem os seus planos de produção. Estes desenvolvimentos têm também sido acompanhados por medidas de proteção do mercado. É absolutamente notável que um país que em 1958 contribua uma proporção relativamente pequena para a produção mundial tenha hoje uma posição de contribuinte de vulto na indústria siderúrgica mundial.

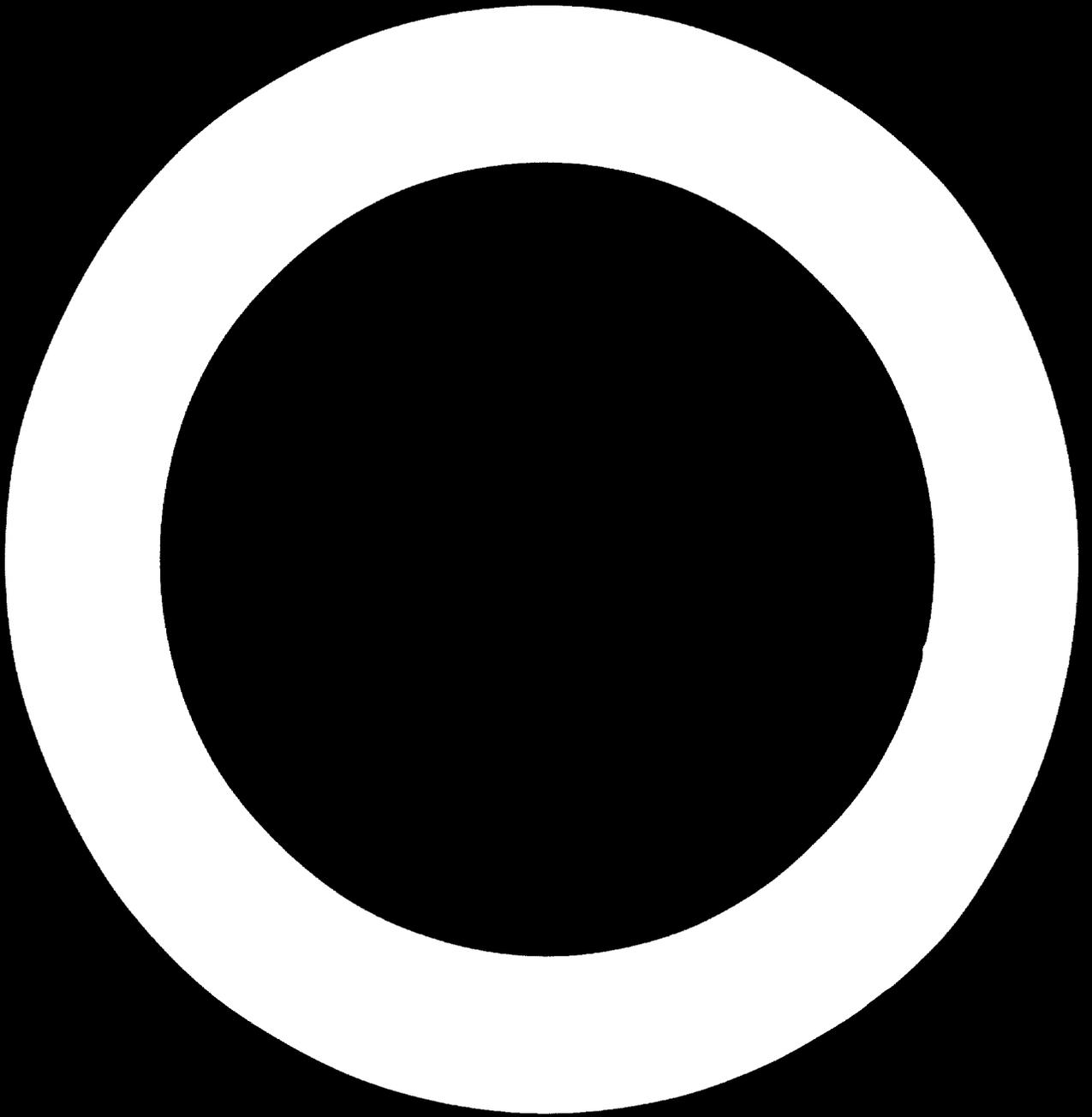
O êxito é atribuído ao emparelhamento do esforço de mercantilização com o aumento rápido em produção, aliado a uma utilização muito elevada de todas as facilidades existentes. A situação do Japão é um exemplo bem edificante do ataque corporativo total que não tem existido na indústria siderúrgica mundial até os tempos mais recentes.

Os países que têm tido oportunidade de utilizar as inovações tecnológicas são aqueles com mercados internos em pleno desenvolvimento e com exportações para áreas naturais de comercialização. As penalidades a pagar por atrasos em inovação podem ser muito grandes tanto para a localidade da indústria siderúrgica como para as indústrias utilizantes. O quartel de 1960 viu 16 milhões de toneladas importadas pelos EU o que os produtores norte americanos não tinham nessa altura idéias de competição de custo e porque ao mesmo tempo eram necessárias elevadas tarifas para proteger indústrias que possuíam tecnologias antiquadas com o conseqüente elevado preço do aço, a ser vendido aos consumidores. Os países da CEE os incentivos para que os fabricantes façam uso de tecnologias modernas têm sido muito evidentes e importações vindas de países fora da comunidade são negligíveis e a exportação para terceiros é agora tão grande como as exportações internas entre os países que constituem a Comunidade.

O desenvolvimento da Comunidade tem demonstrado freqüentemente quão prático é um investimento ao ordenado de companhias particulares e de organizações de propriedade do estado porque, a estas condições se têm desenvolvido uma grande interdependência para fornecimento de produtos de aço. Esta especialização interdependência resultou no desenvolvimento de modernas facilidades para a produção de aço que são requeridas para que as indústrias siderúrgicas e de engenharia se mantenham competitivas tanto no mercado interno como no mercado de exportação.

Lucros através da tecnologia moderna exigem um grande grau de especialização que tem sido possível dentro de regiões muito vastas. As facilidades vastas de produção especializada que se estão construindo presentemente todas têm altos

Investimentos iniciais de capital. Embora não existam provas evidentes de que o padrão de desenvolvimento tem sido restringido pelo volume do investimento, evidente se torna que a constituição de consórcios internacionais tornarão a obtenção de fundos para realizações desta natureza, uma proposição bastante mais fácil. As características chave da indústria siderúrgica - a necessidade para tecnologias de perícias modernas, mercantilização internacional de materias primas e mercados mundiais - oferecem um potencial para o desenvolvimento do aço como uma indústria internacional a exemplo dos seus principais clientes. O incentivo para fusões é reforçado pelas mudanças em necessidades de produto (demanda de aço em bruto para fabricação de produtos de consumo está aumentando mais do que a demanda para produtos de engenharia pesada) condições de mercantilização de maior concorrência e a demanda de aço a baixo preço.



CAPITULO 28 - DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO

A gama de produtos acabados fabricada por uma aceraria é muito ampla. Os aços têm sido evoluídos para satisfazerem condições ambientais novas e muitas vezes extremas e foram introduzidas novas configurações para melhorar os produtos finais. A gama de aços continuará a aumentar de harmonia com o ímpeto facultado pela mudança de mercados e pela concorrência que lhe é oferecida por materiais alternativos que têm sido descobertos. O campo de desenvolvimento do produto é, portanto, imensamente vasto para poder ser discutido compreensivamente e é necessário seleccionar exemplos de desenvolvimentos que possam indicar as tendências gerais.

O desenvolvimento de novas composições de aço e de configurações é também um assunto muito vasto que variará de país para país, dependendo de fatores locais como, por exemplo, o nível de desenvolvimento técnico e a natureza de demanda sociais e estruturas industriais. Todavia, é possível passar revista à recente modificação que se têm dado de uma maneira geral na demanda do mercado para composições de aço e configurações variadas. Estas mudanças nem sempre têm contribuído para a ampliação do mercado para aços, mas são e continuam a ser necessárias se os aços vão competir com um número cada vez maior de materiais de substituição que se encontram presentemente à venda nos mercados.

Desenvolvimentos em aço e produtos em aço são tratados separadamente em dois artigos que se seguem.

28.1 Aços de propriedade especificada

Aços comuns resistentes à corrosão

Existem dois mercados principais que necessitam em especial de aços comuns resistentes à corrosão, onde a corrosão atmosférica tem de ser combatida e, no mercado novo recente criado pelas explorações oceânicas.

Aços resistentes à água salgada são fabricados numa grande variedade de composições e configurações para o uso tanto em facilidades por transporte marítimo como para docas, cais, balizamentos, etc. e facilidades para exploração e para sua subsequente extração de óleos, gases e outros depósitos minerais ao largo das costas marítimas. Têm dado ênfase especial a aços que combinam resistência a corrosão

com outras propriedades desejadas como, por exemplo, grande resistência e ductibilidade. Por exemplo, aços de baixo teor de carbono com adições substanciais de manganês têm as propriedades mecânicas desejadas e são resistentes à corrosão marítima. Dado que desenvolvimentos e em explorações oceânicas de todas espécies são naturais que se desenvolvem criando um mercado cada vez maior, se pode assumir que vai existir uma demanda cada vez maior da parte deste mercado para uma grande variedade de aços resistentes à corrosão que retenham o mesmo nível de baixo custo dos aços comuns. Estes aços serão requeridos em grandes quantidades para o uso em condições marítimas onde têm de possuir uma longevidade muito maior do que aquela dos produtos anteriormente disponíveis.

Aços com resistência a corrosão atmosférica só agora começam a ter aceitação geral numa base mundial para construções de estrutura onde uma tatina de "ferrugem" permanente é aceitável. A adição de mais ou menos de meio por cento de cobre aumenta enormemente a resistência e condições atmosféricas. Anteriormente estruturas experimentais - pontes, tanques de pressão e super estruturas de navios - têm sido bem sucedidas e a sua aparência pode ser muito agradável quando se tomando muito cuidado no desenho para acomodar os efeitos atmosféricos causados por variações na exposição das diferentes superfícies da estrutura. A ausência contínua de corrosão melhora a vida de qualquer revestimento que seja aplicado a esses aços, e portanto, se pode duplicar a vida de tinta quando haja necessidade de adir uma coloração final ou uma preservação especial.

Aços mais econômicos suscetíveis de tratamento térmico

O mercado parece estar pronto para a introdução de uma família de aços de resistência média, boa robustez a junções e boas qualidades de soldagem. Os aços plenos em meio de carvão (PCQ) e os aços ensopados e temperados (QT) possuem estas propriedades.

Os aços PCQ são produzidos pela adição de quantidades tracejantes de elementos de nióbio e vanádio ao aço aplicado sobre condições de processamento controlado e muito metucioso. Os Aços básicos contêm 0,1 por cento C e 0,15 por cento Mo. O efeito do elemento de traço é melhorar a constituição do núcleo e portanto reduzir a dimensão do granulado, o que melhora a resistência a propagação de fendas. Produzem também uma precipitação inter-metálica que ajuda a aumentar o ponto de rendimento. Os aços são ensopados depois de serem preparados à quente a 950 graus centígrados. Se pode obter melhoramentos em dureza aos mesmos níveis de resistência adicionando um traço de alumínio e se este aço for laminado quando a sua temperatura tenha decido para 750 graus centígrados, a dureza da junção é ainda mais aumentada. Portanto, a combinação de laminagem controlada, arrefecimento controlado e adições de elementos de tracejamento resultam em aços comerciais com rendimentos de resistência até 770 mega-Newtons por metro quadrado (80 kg/mm^2) e têm uma boa resistência de embate (ductibilidade de junção) a temperatura até menos 40 graus centígrados.

Têm existido também um crescimento em aços ensopados e temperados (QT) de alta tensão com um teor de liga inferior a 5 por cento, que podem ser facilmente soldados e possuem uma boa resistência de embate à baixa temperatura.

Enquanto que os aços PCQ necessitam de ser laminados a uma temperatura prescrita a fim de obterem as suas propriedades os aços QT de alta tensão precisam de uma temperatura mais alta do que as suas propriedades resultam integralmente dos subsequentes processos de tratamento térmico.

Usinas desenhadas para laminação destes aços precisam de ser capazes de sustentar elevadas cargas e porções, mas a maioria das usinas modernas são capazes de as acomodar. Equipamento de ensopamento para placas é necessário à saída da usina e placas mais grossas podem ter de serem ensopadas protegidas para manter as placas durante o ensopamento.

Outro desenvolvimento recente foi a substituição dos aços de ligas dispendiosas usados especiais que melhoram consideravelmente as qualidades com que tratamento térmico subsequente beneficia o produto, por exemplo a adição de uma pequena percentagem de boron ao um aço manganês comum que permite o seu uso para componentes de caixas de velocidades dos automóveis.

Aços inoxidáveis

Muitos aços inoxidáveis novos com características específicas de performance estão sendo desenvolvidos para satisfazer as necessidades de ambientes de particular corrosão. A tecnologia submarina tem desempenhado uma parte proeminente neste desenvolvimento, por exemplo, através da necessidade de partes móveis de alta precisão que podem ser expostas à água salgada - uma necessidade relativamente nova e que é natural venha a aumentar muito no futuro. Novas técnicas para produzir aços de baixo teor de carbono permitirão a existência de uma gama de aços inoxidáveis de excelentes propriedades de trabalho e de soldagem, propriedades que, de momento são difíceis de obter. Isto deve permitir que aços inoxidáveis possam ser mais amplamente utilizados e o seu uso aumentado ainda mais abrangendo campos como tubos térmicos e escapes de automóveis onde a sua penetração tem, no passado contido a custo de grande despesa. Nos Estados Unidos da América aços com treze por cento Cr estão sendo usados cada vez mais na indústria automobilística. Aços inoxidáveis estão sendo desenvolvidos com elevada resistência fornecida pela precipitação, endurecimento ou tratamento térmico, um bom exemplo destes aços sendo o aço para chumaceiras de cobre de 17 por cento de Cr e 4 por cento de Ni que produz as qualidades inoxidáveis para aços de ligas mais altas a um custo mais baixo de liga e com melhor resistência.

Aços para serviços à alta temperatura

Desenvolvimentos em maquinaria para o processamento nas indústrias químicas, petroquímicas, de gás natural, geradoras de energia e metalúrgicas estão demandando aços mais econômicos em preço para o uso à temperaturas mais elevadas. As investimentos consideráveis levadas a cabo nos últimos tempos têm resultado no desenvolvimento numa vasta gama de aços especiais para estas aplicações. Os mercados para estes aços estão crescendo e a expansão das aplicações nucleares e dos novos desenvolvimentos especiais demandarão no futuro aços com especificações cada vez mais especializadas.

As necessidades em resistência ao arrasto no caso de aços para instalações geradoras de energia e para as indústrias metalúrgicas resultou no aumento do uso de aços ferrílicos com 1 por cento de Cr, meio por cento de Mo para temperaturas até 500 graus centígrados e meio por cento Cr, meio por cento Mo, meio por cento V ou meio por cento Cr, 1 por cento Co para temperaturas entre 500 e 600 graus centígrados. Acima destas temperaturas se faz uso de aços com liga de Cr - Ni. Nas indústrias petrolíferas e químicas se usam grandes quantidades de aço Mo e de Cr-Mo para reduzir corrosão por hidrogênio ou hidrocarbonos sulfurosos.

Aços para serviços à baixa temperatura

O desenvolvimento de aços para serviço à baixas temperaturas (aços criogênicos) resultou do aumento da demanda cada vez maior do transporte e armazenagem de gases em forma liquidificada, particularmente de gás natural liquidificado, que é transportado a menos 190 graus centígrados. Continuará a haver uma procura para estes aços à medida que se vão descobrindo novas fontes gasosas, em pontos remotos e avastados dos seus mercados naturais; também se está notando cada vez mais inaceitável, por razões ambientais, o despejo para a atmosfera de produtos poluídos de refinarias que, agora, têm de ser armazenados e reconstituídos.

Se bem que a sua resistência à baixas temperaturas no caso de aços QT recentemente desenvolvidos permitam o uso em condições climáticas e extremamente frias (até menos 40 graus centígrados) não podem ser usados para fins criogênicos, que demandam aços que contenham mais de 9 por cento de Ni.

Aços com propriedades magnéticas e elétricas específicas

Se têm dado desenvolvimentos recentes em chapas com granulação que podem ser usadas para melhorar a densidade de fluxo de campos magnéticos nos núcleos de transformadores e de outras máquinas elétricas; alternativamente, podem ser feitas de tiras mais espessas sem reduzirem em muito a densidade de fluxo de tal maquinaria. Placas orientadas para elevado teor de granulação devem continuar a ter amplos mercados à medida que aumenta o consumo de energia. A orientação requerida das granulações impõe grandes demandas na laminagem e nas facilidades para tempero que têm de ser duas vezes maiores do que para os aços normais ou carbono.

Aços com propriedades especiais para maquinação

Foi desenvolvida uma gama de aços de corte livre contendo enxofre, chumbo, ou mais recentemente, telúrio, para a manufatura de partes para engenharia no caso de aplicações onde a maquinação rápida é de grande importância como, por exemplo, na produção de porcas e de parafusos. Aços de corte fácil podem reter as suas características de resistência e de tratamento térmico iguais as possuídas pelo aço básico. Melhor apreciação das economias financeiras que são possíveis com estes aços irá redundar num alargamento futuro deste mercado.

Aços com propriedades especiais para trabalhos à frio

Têm sido recentemente mostrado particular interesse em aços de estiramento de rendimento baixo, principalmente para chapas de construção de carrocerias de automóvel. O aço a nitrogênio de propriedades muito baixas produzidas pelo processo BOF têm constituído um estímulo para os fabricantes desses aços melhorarem as suas qualidades profundas de estiramento.

A tendência é natural que seja encorajada pelas economias potenciais que se podem fazer no ferramental adotando um processo de configuração por estiramento para os painéis de carrocerias de automóveis.

Aços de resistência ultra-alta se encontram agora no mercado numa forma que permite vasto trabalho à frio em condições à frio com uma alta resistência produzida pela baixa temperatura (sem distorção) do tratamento final. Estes aços "não danificáveis" contêm cerca de 18 por cento de Ni bem como entre 3 a 10 por cento de outros elementos de ligas. Ao presente o elevado custo destes aços limita a sua aplicação quase exclusivamente a fins aeroespaciais ou a produtos de defesa militar.

Aços com boas propriedades de soldagem

Existe uma tendência marcada para substituir produtos marcados por forjamento e por perfis pesados, o que em parte se deve aos elevados custos de moldagem por fundição e de laminação de perfis pesados, mas em parte também pelas vantagens que se obtém de poder escolher o material que serve em circunstâncias específicas quando se vão fabricar componentes. Por exemplo, aços diferentes podem ser usados para flanges e nervuras de vigas segundo as necessidades impostas sobre cada parte. A fim de se obter o melhor uso possível deste método os novos aços têm sido desenvolvidos com melhores qualidades e propriedades de soldagem. Têm havido também desenvolvimentos nos processos de soldagem e nas fitas de solda ou eletrodos.

Tudo parece indicar que no futuro haverá necessidade de melhorar as qualidades de soldagem numa proporção ainda maior de aço, a fim de que os métodos do passado que exigem intensidade de trabalho possam ser substituídos por processos de soldagem automática (como no caso de soldagem espiral para canalizações de transmissão).

Aços com propriedades duradouras

Recentemente se têm feito desenvolvimentos especiais na produção de aços que revelam boas características de longevidades, para uso em produtos como sejam trilhos ferroviários, trilhos para guindastes, bandagens para rodas de vagões e para toda uma gama de placas de forjagens e peças fundidas usados na construção de máquinas e equipamentos industriais. A tendência é para desenvolver estas características de grande longevidade por tratamentos superficiais de endurecimentos como seja, por exemplo, superfícies rijas ou endurecimento por chama.

O uso de metal - o metal que compreende aços de diferentes qualidades, incluindo aquele de grande resistência ao desgaste, soldados conjuntamente - para produção de ferramentas de afiamento automático dos gumes está crescendo, sobretudo no campo do equipamento e das alfaiais agrícolas como, por exemplo, as foices.

28.2 PRODUTOS ACABADOS

Perfis pesados

Dentro desta categoria, que inclui configurações estruturais, trilhos e chapas para estacaria de aplicação especial se têm dado alguns desenvolvimentos. Perfis estruturais universais sucedem agora à juntas de aço laminado anteriormente usadas, exceto no caso de dimensões muito pequenas. Perfis muito pesados em configuração H, com espessura de flanges até 125 milímetros e larguras até 1200 milímetros têm sido produzidas recentemente para uso como colunas em edifícios aranha-céus nos Estados Unidos e no Japão, porque têm uma vantagem econômica sobre as alternativas, mesmo quando tenham de ser cobertas por betão para fins de proteção contra incêndio.

Em virtude da demanda crescente para facilidades a borda da água, esquema de irrigação e outras aplicações para engenharia civil se estão evoluindo agora a configurações mais completas de chapas para estacaria para que se possam usar perfis para perfurações mais profunda. Em outros setores, a procura de perfis pesados na vasta gama de configurações e dimensões presentemente necessárias está aumentando pelo uso de perfis fabricados com pranchas e a escolha é entre vigas laminadas ou de fabricação universal dependendo principalmente da quantidade necessária. Esta tendência está tendo lugar tanto nas indústrias de construção naval como de engenharia civil. Com o aumento constante na dimensão de navios, principalmente cargueiros a granel e petroleiros, os perfis existentes que os possam produzir. Se tem verificado ser mais econômico produzir estes perfis por fabricação do que se desenhar usinas especializadas. Identicamente, como se frisa no capítulo 18, se está tornando prática geral fabricar perfis universais com mais de 600 milímetros de espessura, exceto em circunstâncias especiais como aquelas acima mencionadas.

O efeito desta tendência será de aumentar a demanda para produtos em chaparia à custa de produtos vindos de usinas para perfis pesados.

Perfis médios e leves

O maior desenvolvimento nesta zona tem sido a introdução de perfis configurado à frio para uma vasta gama de perfis ligeiros usados em construção. Flanges paralelas e perfis para contoneiras em ângulo reto produzidos por esta técnica se podem fixar com maior facilidade e os produtos podem ser feitos em lotes com dimensões mais reduzidas permitindo períodos de entrega mais curtos ou existências menores em armazéns. Configurações formadas à frio devem tomar o lugar no mercado de perfis mais pequenos anteriormente usados e as existências de perfis feitos economicamente para determinados fins deve ainda aumentar mais a dimensão desse mercado.

Colunas fabricadas de perfis configurados à frio ou laminados à quente têm tido cada vez maior aplicação em considerações de arquitetura porque as suas características favoráveis de dureza e o seu aspecto agradável comparam muito bem com os perfis em H e em I com o mesmo peso. Se espera que este desenvolvimento se continue a manter porque constitui os perfis especiais configurados à frio usados em trabalhos de construção rodoviária como, por exemplo, as guardas divisórias das auto-estradas.

Barras

Tem havido recentemente uma marcante inclinação em todo o mundo para o uso pela indústria de construção de barras de tipo deformado de maior resistência para reforços de betão. Este processo não só reduz a quantidade necessária de aço mas reduz também a quantidade de betão ao utilizar o que, por sua vez, reduz a carga geral imposta nas fundações; o resultado é uma redução total dos custos globais. Barras de maior resistência podem ser feitas tanto pelo uso de ligas como pela deformação física a frio para produzir maior aderência. Se espera que esta tendência em sua desses produtos como uma alternativa para as barras simples de aço macio se continue a manter.

Barras extrudidas em quantidades comparativamente pequenas estão começando agora a merecer consideração séria, mas esta técnica é mais natural que se torne útil para perfis extrudidos que não são facilmente manufaturados por laminagem.

Vergalhões

Os desenvolvimentos indicados para barras se aplicam igualmente, de uma maneira geral, ao uso de vergalhões para fins de construção.

Aços de maior resistência têm também provado ser de vantagem para arame e para fio máquina usado no pré-distensionamento e nos pós-tensionamento de betão. Porque as resistências obtidas em betão têm aumentado, também tem sido necessário usar aços de maior resistência.

Canalizações e tubagens

Esta secção necessita de ser considerada sob três títulos diversos que se encontram abordados pela ordem seguinte - linhas de transmissão em sistemas de conduto, tubagens de engenharia e canalizações comuns.

O enorme aumento do uso de gás natural e de óleo tem produzido uma grande demanda para uma nova gama de tubagens e canalizações para a sua distribuição. O desenvolvimento de instalações de desanilação em grande escala, que está agora apenas no seu início, é também natural que produza uma demanda de vulto para produtos de canalização especiais. Se estão desenvolvendo canalizações com soldagens à face para uso sob as mais extremas condições de serviço, por exemplo, condições que demandam pressões até 10 Mn/m^2 (1 kg/mm^2), e temperaturas que

vão até menos 200° C. Como se discute no capítulo 19, desenvolvimentos de novas técnicas de soldagem e métodos de experiência tem resultado em que a maioria das tubagens, incluindo aquelas para aplicações à alta pressão, são agora soldadas de produtos planos que já foram dobrados para a configuração desejada. Tubagens sem costura construídas com tarugos, muito usadas no passado são, agora, na sua maior parte, usadas apenas para aplicações especiais.

Aplicações de engenharia estrutural facultaram mercados maiores para produtos em forma de tubagem tanto existentes como produzidos para fins especiais, em todas as dimensões necessárias. Alguns edifícios com grandes envergaduras têm agora no telhado membros tubulares de aço como plataformas de assentamento. Se tem feito também grande uso de tubagens em equipamento para remoção de terras, como por exemplo, em arrastadores e guindastes. Tubagens caneladas, que são difíceis de produzir por laminagem, tem sido recentemente manufaturadas por extrusão, sobretudo aquelas para cambiadores térmicos.

Tubagens com revestimentos em PVC foram evoluídas para o transporte de materiais que reagem em aço sem revestimento ao mesmo tempo que se desenvolveram também tubos revestidos a PVC para proteção quando instalados em locais sujeitos à corrosão. Ambas aplicações parecem ser muito prometedoras.

Pranchas

Já se fez referência ao uso de pranchas de aço de grande resistência, que são usadas para a remoção de terras, para equipamento agrícola, etc. Foram desenvolvidos pranchas de alta tenacidade para equipamentos de transportes como, navios, material rolante ferroviário e veículos pesados onde uma economia em peso é particular importante. Tem sido assegurada uma fabricação fácil pelo uso de ligas metálicas bem escolhidas a fim de permitir que os aços sejam soldados com facilidade.

A introdução de bi-metálico mencionada no fim do Artigo 28.1 particularmente na forma de pranchas e chapas, permite serem obtidas qualidades de aço cujas misturas eram anteriormente incompatíveis. Conseqüentemente vasos de pressão podem ser feitos com pranchas bi-metálicas de grande qualidade e alta propriedade de resistência à corrosão para uso em condições de alta temperatura ou onde seja necessária uma elevada condutividade.

O uso de chapas em quadricular parece estar sendo substituído por ferro do metal distendido mas pranchas em tiras, que possuem uma grande variedade de utilização, têm sido desenvolvidas como uma alternativa. Devido às suas características de "incentivo" podem permitir a aderência necessária em caso de escadarias e passadiços podem também ser usadas em aplicações onde uma prancha normal seria, em regra geral, utilizada mas onde alta resistência particularmente em incentivo se torna necessária e a economia extra em peso é de importância.

Chapas

O desenvolvimento mais importante em produtos em chapas é o melhor

"configuração" tornada possível pelo desdobraimento laminado e por outros melhoramentos discutidos no capítulo 17.

Chapas revestidas

Chapas eletro-galvanizadas estão agora a substituir chapas ensopadas à quente em muitas utilizações, devido ao seu baixo preço proveniente de camadas menos espessas. Têm sido feitos outros desenvolvimentos em folhas galvanizadas pré-pintadas; a utilização destas chapas está também a aumentar e é natural que tal aumento se mantenha.

Ensopamento à quente de folha de flandres só é usado presentemente em recipientes especiais para materiais corrosivos, sendo a maioria das chapas de folha de flandres do tipo eletrolítico. Folha de Flandres de dupla redução, que foi evoluída para competir com alumínio, tem permitido a fabricação de latoaria de aço a preço mais barato; um desenvolvimento novo a acompanhar estas linhas é um que requer estiramento, seguido por laminagem da parede da folha de formada. Muitas latas usadas presentemente para produtos comestíveis necessitam de ter as superfícies internas revestidas com laca, sendo a camada deste produto aplicada, geralmente, quando o aço se encontra na forma de folha.

Embora o mercado de latoaria esteja continuamente a aumentar, está sendo cada vez mais vulnerável em face do alumínio e de outros substitutos não metálicos o que explica, em parte, o grande interesse em evoluir novos aços para a indústria de latoaria. Uma gama de chapas cromadas ou acabadas a óxido de cromo foi introduzida como um esforço determinado de economizar no elevado custo do estanhamento. Estas chapas, geralmente denominadas "chapas sem estanho" devem ser usadas no futuro para muitos dos mercados em que têm sido usadas tradicionalmente chapas estanhadas.

Folhas revestidas a plástico, quer lisas quer trabalhadas, estão agora a grangear novos mercados em áreas onde anteriormente não eram aceitáveis devido à sua falta de resistência à corrosão ou má aparência das chapas de aço sem revestimento. Estes revestimentos permitem que se forme um raio mais apertado em laminagens à frio em perfis ou em prensagem. Estes perfis são usados extensivamente tanto para tetos como para revestimento de paredes e para painéis pré-acabados numa grande variedade de aplicações elétricas e de engenharia mecânica como, por exemplo, painéis de controle elétricos e conjuntos de instrumentação em automóveis.

CAPÍTULO 29 - COMPETIÇÃO COM OUTROS MATERIAIS

Os principais competidores do aço, são materiais, como por exemplo, o concreto, materiais cerâmicos, amianto e asbestos, vidro, o alumínio e os plásticos. Existem certas áreas do mercado onde o aço é particularmente vulnerável, sobretudo nas indústrias que são orientadas para o consumo geral, na indústria de construção, nas indústrias de embalagem e nas indústrias de canalizações.

29.1 Indústrias orientadas para o consumo geral

O uso de aço nestas indústrias está sendo fortemente atacado pela indústria de plásticos. O aço tem tido a vantagem de rigidez, maior resistência e preço relativamente mais econômico com graus variáveis de resistência à corrosão no caso de ligas de aço, enquanto que os problemas numa resistência limitada, rigidez relativa e escorregamento têm sido no passado o que tem impedido o uso de plásticos em muitas aplicações de engenharia. Todavia muitos dos plásticos novos possuem hoje em dia características de engenharia muito melhores e têm estado a substituir os metais numa grande variedade de aplicações; por exemplo, moldagens por soprimento feitas com plásticos rígidos são agora produzidas com grande êxito para os tanques de combustível de veículos, um mercado que anteriormente só fazia uso de chapa ferre.

Conseqüentemente a gama do mercado em que os materiais plásticos já se estão estabelecendo e fazendo sentir a sua presença é cada vez maior e continua, sem dúvida, a aumentar. As vantagens dos produtos plásticos sobre o aço é que, além da menor despesa nas suas técnicas de produção, o seu efeito sobre as técnicas de produção em grande escala nas indústrias de grande multiplicidade produzem reduções significativas nos custos de fabricação. Assim, ao fazer uma previsão sobre a demanda de aço nestes mercados vulneráveis, é necessário compreender as técnicas de produção dos clientes dentro das atuais instalações e equipamentos de fabricação e compreender também as possíveis modificações nos seus métodos de produção.

Porque técnicas de fluxo contínuo são aquelas que dominam as várias fases da fabricação de plásticos, e é necessário um mercado em massa para estes plásticos. O vasto crescimento de utilizantes de plásticos nos EUA tem lugar principalmente na indústria automobilística (que usam agora entre 25 a 50 kg de plásticos), outros equipamentos para transporte, equipamentos para rádio e televisão, e para artigos domésticos e ainda para outro mobiliário. Estas indústrias têm um valor de vendas de

a ser empregado - por exemplo, em barreiras de proteção em auto-estradas, em sistemas de balustradas e em antenas para telecomunicações.

Embora modificações na procura de aço possam ser provocadas pelo uso relativo de betão armado e de aço estrutural e pela possível substituição do aço por amianto e produtos plásticos, não nos parece existir, qualquer razão, presentemente para esperar que se dê qualquer substituição importante do aço por outros materiais, no campo da construção civil.

29.2 Construção

Em construção, mudanças em demanda de aço requer tanto a substituição de um produto de aço por outro como a competição com outros materiais. Alterações na especificação de aço podem afetar o peso ou o volume de aço usado na atividade de construção, por exemplo, barras de reforço de alta tensilidade em lugar de aço macio.

A quantidade de aço será também afetada pela escolha entre betão armado e aço estrutural, e entre chapas galvanizadas e outros materiais para coberturas ou divisão de paredes. A escolha pode depender nas necessidades de construção da indústria em questão, por exemplo, engenharia pesada tende a usar aço estrutural de preferência a betão armado em comparação com as indústrias de consumo ou com fábricas de pequeno volume, ou ainda nos standards de carga e necessidades de segurança, que presentemente tendem de favorecer um desenho de aço estrutural em certos países. Conseqüentemente, as técnicas de construção alteram as necessidades de aço, porque aço estrutural aumentara o volume de aço numa determinada construção, em comparação com betão armado (ou vice-versa) e porque o maior uso de estruturas soldadas cria maior demanda para produtos planos em vez de perfis laminados.

Para revestimentos de telhados, chapas de amianto são os principais competidores de chapas galvanizadas, embora haja também um certo uso de plásticos se encontra bem estabelecida. Chapas galvanizadas tendem a ser sujeitas a demanda particular devido à rápida construção que está tendo lugar em áreas rurais e cidades novas, mas em países como a Austrália e a República Sul Africana têm também sido vastamente utilizadas na construção de subúrbios citadinos. Desenvolvimento industrial promove novos usos para aço em casos em que rigidez é critério fundamental para o material a ser empregado, por exemplo, barreiras de proteção em auto-estradas, balustradas e antenas de telecomunicações.

Embora mudanças na procura de aço possam ser causadas pelo uso relativo de betão armado e de aço estrutural e pela possível infiltração por uso de amianto e produtos plásticos, parece não existir qualquer razão, ao presente, para esperar qualquer substituição de vulto de aço por qualquer outro material, no campo da construção.

29.3 Embalagem

Esta área de atividade é demasiado vasta para poder ser abrangida neste relatório em grande pormenor mas se trata de uma área em que o aço é vulnerável à substituição e se podem indicar alguns desenvolvimentos e evoluções que vão ser possíveis.

Desenvolvimentos na indústria de embalagem têm sido significativos nos EUA durante a última década. A indústria de laticínios de fibra e as indústrias de tambores para embalagem fazem agora uso de papel e de alumínio para a maioria dos concentrados alimentícios congelados e para óleos de motor e, está tentando, incluir nesse uso a embalagem da maioria dos líquidos existentes. Nos EUA a fibra pode ser mais barata e mais leve do que a lata de metal e pode ser muito melhor manipulada nas linhas de embalagem nas fábricas.

Certos plásticos têm excelentes qualidades de proteção - alguns deles têm qualidades de absorção bastante mais baixas e ajudam a manter os líquidos como por exemplo os sumos na carne, outros são máus condutores térmicos e ajudam à preservação dos produtos, particularmente aqueles produtos que exigem refrigeração e outros produtos ainda são resistentes ao choque fornecem excelente proteção para o embarque de instrumentos delicados. Os plásticos são usados também para revestimentos de fio arame e fio máquina e para revestimentos de chapas de aço e, como tal, ajudam o aço a competir com os outros materiais.

Na indústria de fabricação de latas de metal tiveram lugar três desenvolvimentos de grande importância: o advento da lata de alumínio, diferentes formas de espessura de revestimento de chapa de aço, e folha de flandres de redução dupla. Nos EUA o alumínio tem tido uma procura cada vez maior para a produção de latas de metal, principalmente para latas de cerveja, e para latas semelhantes onde os produtos nelas enlatados sejam sujeitos à pressões internas. No Reino Unido onde o custo relativo do alumínio em relação ao aço é mais elevado e os avanços técnicos na produção de latas também está muito avançado pôs este processo no horizonte para a procura de folha de flandres, folha de flandres propriamente dita e estanhada ou para aço sem estanho na concorrência com o alumínio para o mercado de latas de cerveja e se espera que esta evolução se continue a manter.

O aço não estanhado é um produto bem estabelecido no EUA, mas pressões semelhantes da parte dos principais utilizantes para transferirem o seu uso de folha de flandres para aço não estanhado pode ser que não seja tão elevada em outros países, porque a sua longevidade, uma vez na prateleira e pronta para a venda, é muito inferior à da folha de flandres. Desde que a maior expansão em embalagem

esta tendo lugar nas indústrias de processamento de gêneros alimentícios, processamento que é feito na maior parte dos casos considerando os mercados estrangeiros, os canais de distribuição levam a indicar que se dê favorecimento para a manutenção de uso da folha de flandres. Dois desenvolvimentos que vão beneficiar o valor de concorrência e competição do aço são a camada diferencial de estanho e o uso de alumínio como material de revestimento. Outro desenvolvimento tem sido a folha de flandres de redução dupla, porque reduz o peso da chapa permitindo que esta possa competir em preço com outros materiais de embalagem.

29.4 Canalizações e tubagem

Existem muitos mercados para canalizações e tubagens e se dá mesmo uma certa sobreposição nos materiais que se podem usar e bem assim nos métodos de fabricação para satisfazer as necessidades não só técnicas mas também económicas do utilizante. Além do aço, existe o ferro forjado, o cobre, o ferro maleável, o betão o amianto, a fibra e o plástico. Onde mais do que um destes materiais possa satisfazer as necessidades técnicas do cliente, a escolha pode variar de um país para outro por motivos de diferenças que podem incluir, por exemplo, a forma de construção, os regulamentos em vigor, os padrões reconhecidos por determinados clientes industriais, e, até mesmo as exigências regulamentares das autoridades e organizações profissionais em matérias de canalizações para óleo e em tubagens. Os padrões de especificação mudam à medida que um determinado ponto técnico fraco em um determinado material é corrigido por exemplo plásticos para canalizações domésticas ou onde o arrastamento deixou de ser um problema. Modificações em tecnologia se refletem também em modificações em padrões como se exemplifica pela aceitação de um aumento em tubos soldados para fins que no passado só poderiam ter sido satisfeitos por tubos sem costura. Esta competição dentro da família das tubagens de aço traz consigo implicações na planificação da indústria siderúrgica porque tubagens soldadas criam uma demanda para produtos planos enquanto que tubagens sem costura exigem tubagens redondas.

CAPÍTULO 30 - TENDÊNCIAS NO CONSUMO DE AÇO

30.1 Consumo de aço em relação ao crescimento Industrial

Embora as facilidades para produção que serão requeridas sejam determinadas pelas mudanças absolutas em matéria de consumo, o teor das mudanças é também de grande importância. O Quadro 30.1 analisa as tendências no crescimento do consumo de aço durante o período de 30 anos de 1938 a 1968 em um número de países diferentes. Se afigura que não existe uma relação poderosa entre o teor de crescimento no consumo de aço por cabeça populacional e o crescimento da população. Existe contudo, como era de esperar, uma relação entre o teor de crescimento e o nível real de consumo porque é mais fácil obter um teor rápido em níveis baixos de consumo. Conseqüentemente dos muitos países que obtiveram um aumento de 50 por cento no consumo por cabeça durante o período de uma década (4,2 por cento médio de crescimento anual) apenas um, o Canadá, tinha um nível inicial elevado de consumo de aço. A fim de ser mantido um teor elevado de crescimento é necessário manter também um alto grau de planificação coordenada tanto na produção de aço como nas indústrias que o utilizam porque é muito mais difícil levar a cabo modificações se a indústria expande pouco a pouco.

Muitos países têm seguido vários "caminhos" de crescimento econômico; por exemplo, agricultura na Nova Zelândia e na Austrália; turismo, indústrias de construção e de recreio nos países mediterrâneos e nas Bahamas, mercantilismo na Grécia; mineração na República Sul Africana, na Austrália e na Costa Ocidental do Canadá; investimentos em manufatura no Japão, na Alemanha e nos EUA. Todos estes caminhos variam no seu potencial em utilização de aço: também aqui damos exemplos. No Reino Unido, em 1968, todos os 1000 dólares de produtos de engenharia, construção naval ou produção de automóveis necessitaram de 120 dólares ou mais de aço, comparado com menos de 10 dólares de aço por cada 1000 dólares de produtos finais em agricultura, profissões que prestam serviços gerais ou distribuição, enquanto que a intensividade de uso nas indústrias de transportes, construção, ou mineração se encontra entre as duas cifras dadas acima. Evidente que os diferentes "caminhos" para crescimento econômico estimulam o crescimento de diferentes indústrias; conseqüentemente em diferentes países o nível e crescimento do produto doméstico bruto acabado representa um nível e um crescimento muito diferentes no consumo de aço. O incremento nos mercados para aço reflete também o crescimento dos transportes e mecanização, urbanismo, mudan-

QUADRO 30.1 - TENDÊNCIAS NO CRESCIMENTO DO CONSUMO DE AÇO

País	Teor do Crescimento da população 1963-1968 (%)	Quilos aparentes por cabeça 1938	Crescimento composto do teor de consumo de aço por cabeça 1938-1968 (%)
Rep. Fed. Alemã	1.0	298	2.2
Rep. África do Sul	2.5	103	2.5
Reino Unido	1.0	198	2.5
Austrália	2.0	206	2.8
Holanda	1.5	132	3.2
França	1.0	114	3.9
EUA	1.5	206	4.1
Belg.-Lux.	1.0	122	4.1
Suécia	1.0	184	4.1
Índia	3.0	3	4.4
Canadá	2.0	124	4.6
Chile	2.5	pequeno	• 4.7
Venezuela	3.0	37	4.7
URSS	1.5	-	• 5.1
Japão	1.5	87	5.8
Itália	1.0	57	5.9
Checoslováquia	1.0	98	6.2.
Brasil	3.0	pequeno	• 7.2
Espanha	1.5	23	7.2
México	3.0	72	7.6
Polónia	1.5	34	7.8

* Baseado apenas em 1958 - 1968

gas na distribuição de receitas e riquezas, desenvolvimentos na especialização internacional e a posição em termos líquidos das exportações de mercadorias que fazem uso de aço.

O Quadro 30.2 apresenta as estimativas de crescimento real bruto de Produto Doméstico, o teor do crescimento aparente do uso de aço por cabeça, e a 'elasticidade' em uso de aço expressada como um teor de crescimento médio composto do uso de aço por cabeça em relação ao crescimento do Produto Doméstico Bruto por cabeça.

QUADRO 30.2 - ELASTICIDADE DO AÇO E PRODUTO DOMÉSTICO BRUTO

País	Porcentagem composta. por ano		Estimativa elasticidade do aço por cabeça	Consumo kg por cabeça		
	Crescimento real do Produto Doméstico Bruto 1960-1968			1969	1970	
	Total	P/cabeça				
Itália	5.2	4.4	9.9	2.3	352	394
Espanha	7.5	6.5	12.1	2.0	240	-
Japão	10.3	9.2	15.9	1.7	602	675
Austrália	5.2	3.2	4.7	1.5	-	-
Rep. Fed. Alemã	4.3	3.2	4.5	1.4	659	683
EUA	5.1	3.7	4.7	1.3	682	620
Reino Unido	3.0	2.3	2.6	1.0	438	457
França	5.6	4.4	1.8	0.4	443	473

Os fatores seguintes afetaram a 'elasticidade' do uso de aço nos seguintes países na década de 1960:

Itália: A orientação das exportações de produtos duráveis que usam aço em vasta quantidade, a aceleração na mudança de emprego da agricultura para a fabricação de produtos mecânicos e as demandas associadas feitas ao aço para urbanização, transportes, etc., refletem mudanças importantes na economia.

Espanha: O crescimento mais acelerado de engenharia em relação à construção menos intensiva da fase inicial de desenvolvimento.

- Japão:** Aumento na proporção da formação de capital fixo em Produto Doméstico Bruto (isto é, expansão do aço). Emergência do predomínio da engenharia nas receitas de exportação, mantendo elasticidade para além daquela dos EUA.
- Austrália:** Subida na produção de produtos duráveis de consumo e investimento generalizado em transportes dentro de uma economia agrícola e de mineração, refletindo uma distribuição nas receitas devido à diversificação industrial que está tendo lugar.
- República Federal Alemã:** Reconstrução completada e crescimento do PDB cada vez mais sensível a mudanças nos excedentes numa vasta gama de produtos para exportação.
- EUA:** Crescimento relativo no investimento em serviços como contribuição para o aumento no PDB, se bem que este investimento não seja intensivo em relação ao aço. Se bem que as exportações da maioria dos produtos sejam vastas na sua globalidade não são de fato uma exportação em termos de contribuição para o crescimento do PDB. A distribuição de receitas no mercado nacional é um fator vital nas mudanças em consumo de aço e um estímulo associado para a fabricação de maquinaria.
- Reino Unido:** Exportações contribuíram mais para o PDB do que o investimento fixo bruto e 60 por cento do aço foi consumida por clientes exportando cerca de 40 por cento da sua produção; consequentemente fatores existentes no estrangeiro tiveram mais influência na elasticidade do aço do que as mudanças internas em afluência.
- França:** Os principais fatores de crescimento PDB foram um aumento em produção vindo da agricultura e sua mecanização correlativa e em atividades e serviços de construção civil com aumentos em urbanização e transportes; estas atividades não são tão intensas no uso de aço como o crescimento relativo da engenharia em Espanha ou as exportações em produtos de consumo de grande duração na Itália.

Como é apenas de prever, flutuações nos fatores principais como, por exemplo, vastas mudanças em emprego e mudança no gênero de existências da agricultura para atividades fabricadoras ou mudanças em investimento de infra-estrutura para manufatura não só afeta o regime de consumo do aumento do PDB propriamente dito mas tende a se refletir em maior elasticidade no consumo de aço do que no caso de flutuações associadas com económicas que não se encontra sob evolução na sua estrutura. Um outro fator que afeta a elasticidade do 'aço' é a contribuição do comércio externo para o crescimento do PDB e até que ponto esta é intensiva sobre o aço. Se for uma fonte importante de crescimento, mas primordialmente de natureza agrícola, a elasticidade do 'aço' com crescimento em PDB é baixa.

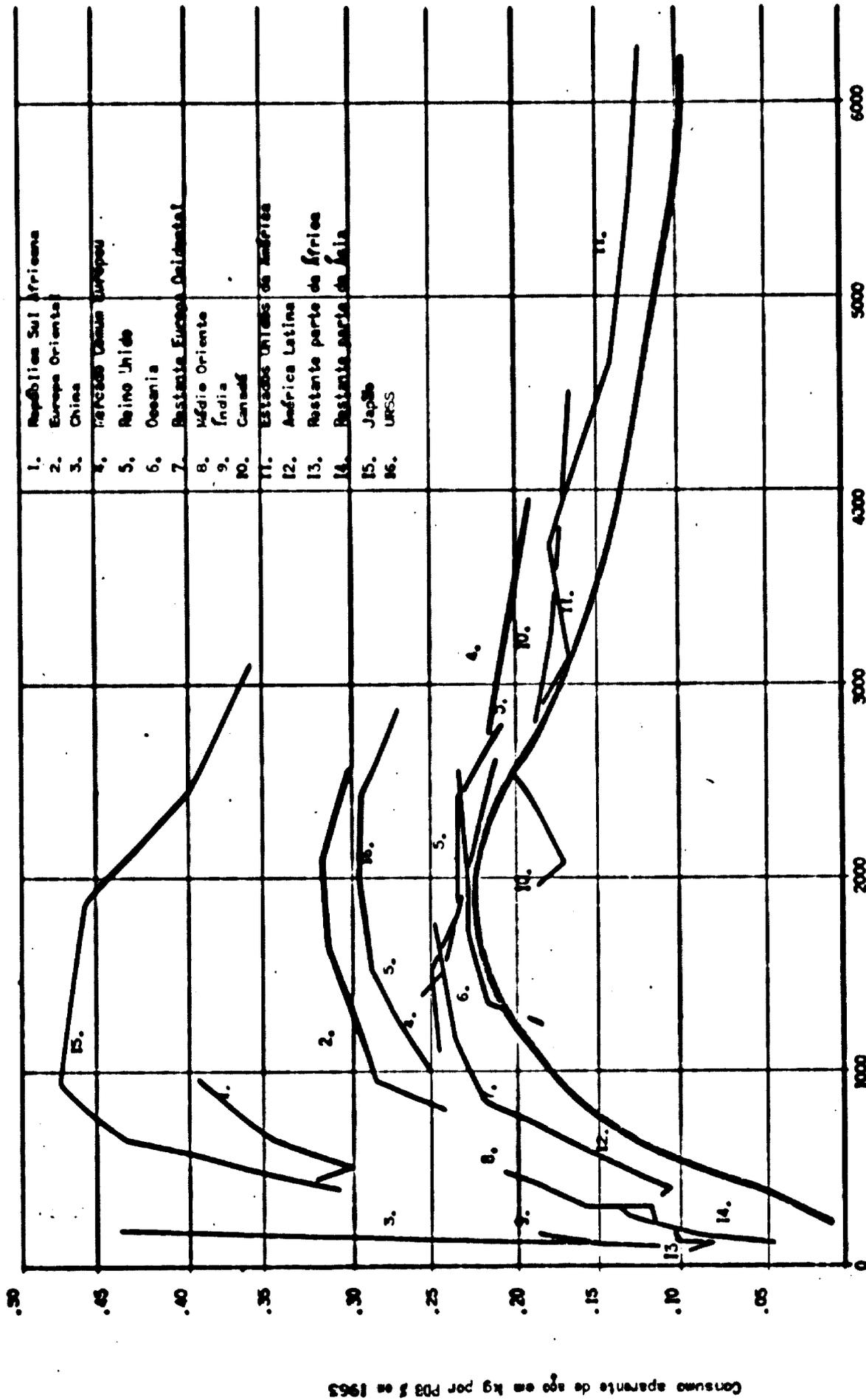


FIGURA 30.1 - CURVAS DA INTENSIDADE DE AÇO (CONSUMO APARENTE DE AÇO POR CADAÇA DA POPULAÇÃO) Baseado no Projection 85; World Steel Demand 1151, Bruxelles (1972)

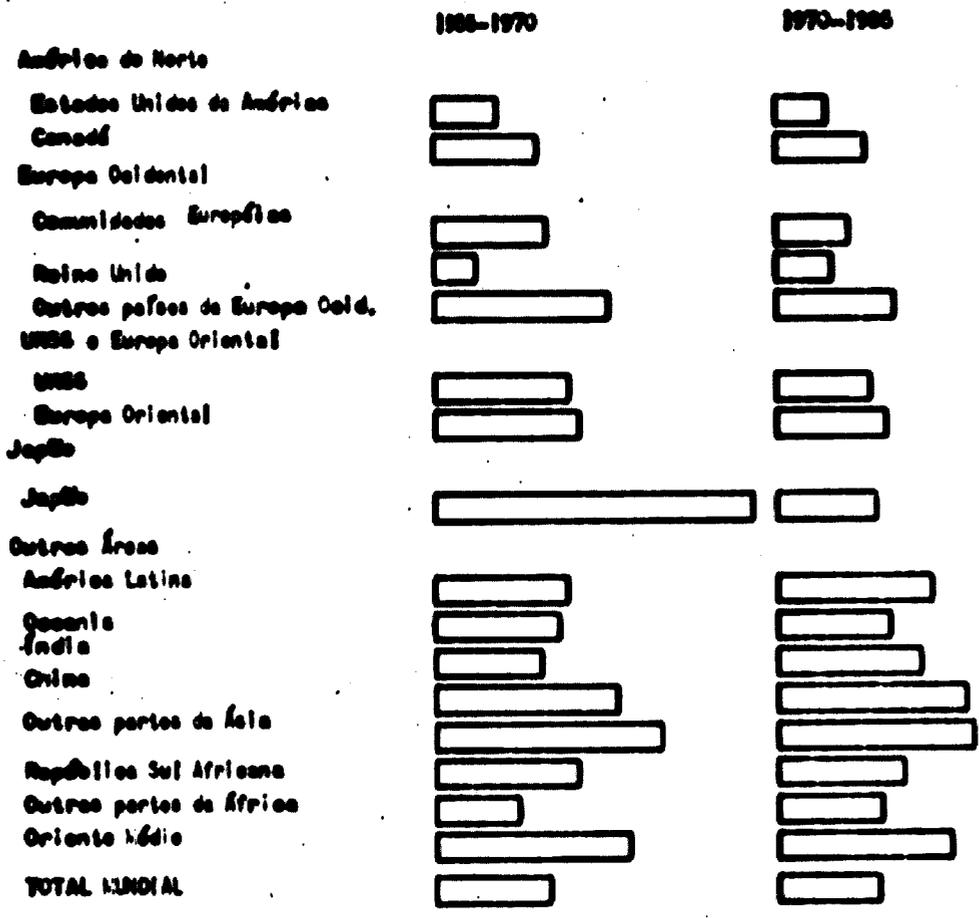


FIGURA 30.2. - REGIME DE CRESCIMENTO EM CONSUMO DE AÇO
(Porcentagem por ano)

Baseado na Projection 85; World steel demand (18) Brussels (1972)

	1960-62	1967-69	1985
América do Norte	27	27	18
Europa Ocidental	27	27	23
URSS e Parte Oriental	27	26	27
Europa			12
Japão	7	10	
Outras áreas	12	12	20
TOTAL MUNDIAL	100	100	100

FIGURA 30.3 - DISTRIBUIÇÃO REGIONAL DO CONSUMO DE AÇO (PERCENTAGEM)

Baseado no Projection 85: World Steel Demand IISI, Bruxelas (1972)

A Projeção 85* publicada recentemente pelo IISI prevê a esperada relação entre o consumo aparente de aço e o Produto Nacional Bruto por cabeça de população (segundo valores em 1963): este estudo prova claramente que o nível absoluto da curva de intensidade do aço para cada área geográfica varia de acordo com a estrutura econômica da área. Todavia se bem que a curva de intensidade do aço varie, a sua projeção revela uma semelhança muito de notar em todos os países (ver Figura 30.1).

A Figura 30.2 compara o crescimento dos regimes de consumo de aço no período entre 1955 e 1970 com uma previsão do consumo entre 1970 e 1985, enquanto que a Figura 30.3 compara o consumo em uma base regional.

*Projection 85: World Steel Demand, IISI, Bruxelas (1972)

30.2 Evolução da mistura do produto

O período de desenvolvimento de uma nação primordialmente agrícola produz uma demanda em aço que é, na sua maior parte, para produtos não-planos, com o fim de satisfazer os programas de construção de complexos habitacionais e construção de traçados ferroviários que se encontram associados a esta fase de desenvolvimento. Um programa inicial de construção deve se dedicar à construção de trilhos, perfis e aço de reforçamento com as demandas de aço em outras aplicações a serem satisfeitas por importações. O resultado pode apresentar a forma de uma indústria siderúrgica pequena e fragmentada baseada em acerarias de relaminagem e semi-integradas como, por exemplo, em África, Itália e muitos países do Extremo Oriente, que podem fabricar economicamente produtos não-planos em pequenas quantidades.

A mecanização da manufatura e distribuição, aliadas às mudanças consequentes na perspectiva de emprego e densidade de urbanização é o que ocasiona grandes alterações na demanda. Não só passam a existir mudanças no volume total de aço mas também vastos mercados potenciais para produtos específicos. E então chegado o momento crítico na decisão de produzir aço ou de importar, porque, em termos que consideram o futuro como o principal objetivo da manufatura, tanto para o aço como para produtos que usam aço, é o fornecimento em bruto de aço por baixo preço dentro de especificações conhecidas para satisfazer os métodos de mercados em massa o que conta nos modernos sistemas de fabricação e distribuição.

Atividades de fabricação nas suas fases iniciais demandam uma grande variedade de produtos mas em volume limitado. Embora tais mercados sejam adequados para uma produção local de produtos não-planos, o efeito da distribuição de proventos nos níveis de vida das áreas urbanas e na demanda em massa de produtos duráveis em aço por parte do consumidor são os fatores que determinam o momento próprio e a localização para a instalação de grandes acerarias modernas de produtos planos. Em pequenos centros populacionais como, por exemplo, na Suécia, Jugoslávia, e República da Irlanda, a produção local de veículos ou artigos domésticos pode bem depender durante muitos anos do porvir em fornecimentos de aço importado antes de que os mercados justifiquem acerarias

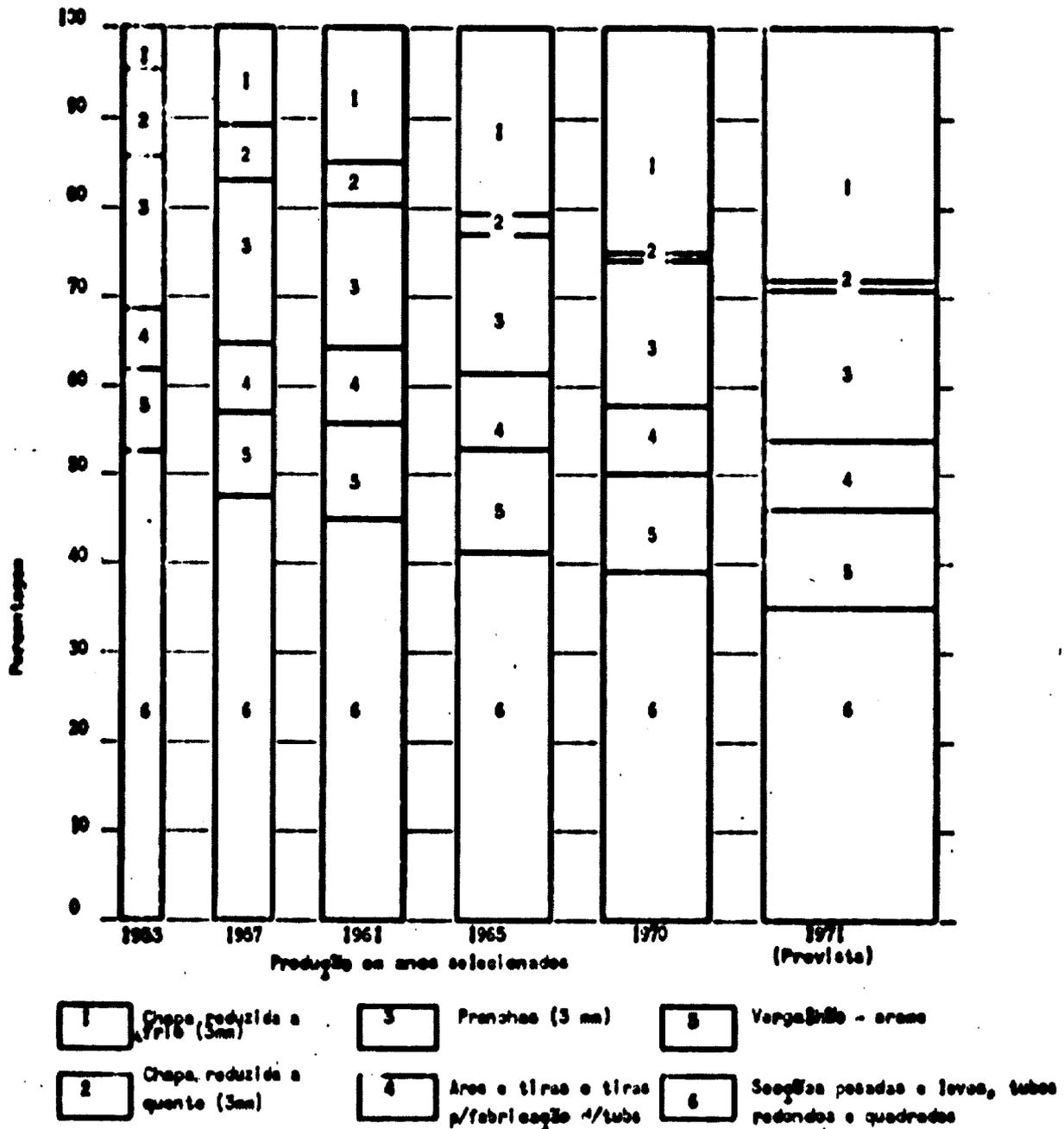


FIGURA 30.4 - DISTRIBUIÇÃO DA PRODUÇÃO TOTAL DE PRODUTOS LAMINADOS ACABADOS POR TIPOS DE PRODUTOS

modernas para produtos planos que se tornem necessárias para competir em preço com as importações provindas de nações fabricantes em grande escala.

Mudanças nos níveis de vida e na distribuição de proventos têm tido um efeito muito marcado no consumo de aço e no crescimento de produtos específicos dentro do Mercado Comum Europeu. Entre 1952 e 1970 o regime de crescimento na produção de produtos planos quase duplicou e dos produtos não-planos como se mostra na Figura 30.4, e de 1970 a 1974 se espera que esta brecha se abra ainda mais. Este fato reflete a procura intensiva de aço para produção de veículos em oposição com a procura da produto para agricultura ou construção civil. Na sua maior parte este crescimento espetacular nos produtos acabados planos se tem dado em chapas reduzidas à frio. Enquanto que uma certa parcela deste crescimento teve lugar para satisfazer não só as exportações diretas de aço mas também exportações de produtos manufaturados, a confiança nas economias internas e a subida nos proventos pessoais dentro dos países do Mercado Comum Europeu constituíram fatores importantes na planificação nesta escala da expansão da capacidade para produtos planos, em vista do elevado custo capital por tonelada em acabamentos que é necessário hoje em dia.

Um exemplo da importância da distribuição de proventos na demanda para produtos planos são os Estados Unidos da América. Nos EUA existe uma plataforma vasta de proventos elevados e nesta sociedade que 'prefere substituir e não mandar reparar' mudanças no PDB de cerca de 5 por cento por ano tem sido associadas com mudanças de até 12 por cento no consumo de produtos planos, uma vasta proporção dos quais tiveram lugar na indústria automóvel. A mesma configuração, isto é, um crescimento relativamente mais rápido da produção de produtos planos teve lugar no Japão mas, neste caso, entre 30 a 40 por cento do aço plano acabado é exportado em obra e foi delineado um programa para estimular a exportação de produtos de consumo com longa vida.

A configuração do desenvolvimento da mistura do produto no Canadá tem sido feita e influenciada de, uma parte, pelo acordo em produtos automotrizes com os EUA e, da outra parte, pela especialização na manufatura e exportação de maquinaria agrícola na qual o país tem atingido uma posição de grande proeminência. Conseqüentemente a proporção de produtos planos no consumo de aço nesse país é relativamente baixo.

Um fator que pode afetar tanto o consumo total de aço como o desenvolvimento da mistura do produto é a intensidade com que se estão desenvolvendo outros materiais a um ponto em que possam oferecer concorrência ou mesmo possam tomar, em parte, o lugar do aço. Esta faceta se encontra analisada no Capítulo 29.

CAPÍTULO 31 - TENDÊNCIAS NA BALANÇA COMERCIAL INTERNACIONAL DO AÇO

31.1 Balança Comercial

No Quadro 31.1 se mostra a relação entre produção, consumo, importações e exportações de aço em um número de países. Como se verifica no Quadro o Japão tem uma importação diminuta enquanto que exporta 25 por cento da sua produção. Esta cifra é consistente com a análise no Capítulo 27, Artigo 27.7 do desenvolvimento da indústria no Japão, onde grande parte das suas facilidades de produção se destinam não só a servir o seu mercado nacional mas também a constituir a base dos seus mercados de exportação.

Na sua generalidade a posição do Mercado Comum Europeu é semelhante, com um baixo nível de importações e um elevado nível de exportações, se bem que a taxa de exportação não seja tão elevada como no Japão. Todavia, se forem examinados os diversos países dentro do Mercado Comum Europeu, numa base individual, a situação apresenta uma imagem diferente. As cifras revelam que existe um vasto intercâmbio comercial entre estes países. Mesmo em países, como a França, onde parece existir um equilíbrio razoável entre consumo e produção, os produtos que, de fato, são produzidos e consumidos são claramente diferentes. A situação no quanto respeita à Bélgica e ao Luxemburgo mostra um caso extremo de internacionalização na planificação da indústria siderúrgica, com a construção de uma aceraria naquela região para fornecer outros países dentro do Mercado Comum. As implicações à retaguarda das cifras são de que o padrão de desenvolvimento dentro dos mercados de cada um dos países não justificou a unidade produtiva que seria considerada econômica de instalar. Consequentemente, a planificação das facilidades foi feita em uma base regional de mercados que, em qualquer momento dado, requerem a especialização da produção em diferentes países.

A lição a concluir parece ser que se uma nação deseja ser competitiva tem de tomar em consideração o que é possível realizar, internacionalmente, dentro da indústria siderúrgica. Se torna evidente perante a posição exportadora tanto do Japão como dos países do Mercado Comum Europeu que a indústria siderúrgica em um país ou região expande dum maneira econômica moderna o potencial do comércio internacional em geral. Se o comércio de produtos de aço pudesse ser concebido de maneira idêntica à seguida na Comunidade

Europa, o potencial da especialização de alguns produtos, ao longo de toda a costa das Américas, talvez pudesse também ser realizado.

QUADRO 31.1

PERCENTAGENS DE IMPORTAÇÕES, EXPORTAÇÕES E CONSUMO EM RELAÇÃO A PRODUÇÃO

	Importações Produção %	Exportações Produção %	Consumo Produção %
Franga	39.6	39.9	99.7
Rep. Fed. Alemã	25.9	36.9	89.0
Itália	31.7	15.8	115.9
Bélgica-Luxemburgo	14.7	90.1	24.6
Holanda	94.0	90.3	103.7
Com. Eur. Carvão e Aço	6.5	21.7	84.9
Reino Unido	10.0	18.9	91.1
URSS	2.7	7.0	92.4
Polónia	15.9	16.8	99.1
Checoslováquia	8.3	26.9	79.6
Japão	0.2	25.0	75.2
EUA	12.6	5.0	107.6
Canadá	16.0	20.2	95.7

Fonte Informativa: BSC Statistical Handbook (1969)
(Estatísticas para 1970 se encontram incompletas)

Não incluem flutuações em existência

31.2 Configuração Geográfica da Comercialização

Em 1970 foram comercializadas 100 milhões de toneladas de produtos de aço em todo o mundo. O nível de produção de aço foi de cerca de 590 milhões de toneladas com o comércio internacional absorvendo, portanto, cerca de 17 por cento da produção. Todavia, algum deste comércio teve lugar dentro da própria Comunidade Econômica Européia e portanto não constitui uma oportunidade real para terceiros. Dos 53 milhões de toneladas exportadas pelos países do MCE, 23 milhões seguiram para países dentro do MCE. Se a tonelagem do comércio interno foi subtraída do comércio internacional, a tonelagem restante representa 13 por cento da totalidade de aço produzido.

Os três países comerciantes principais, excluindo a URSS de onde é difícil obter dados estatísticos, são o MCE, o Japão e os EUA. Juntos, os três países chamam a si 72 por cento da totalidade de aço vendido internacionalmente. A configuração detalhada global da configuração em repartições pelas várias regiões do mundo se mostra no Quadro 31.2, bem como três das principais fontes de onde adquirem o seu aço. Informações sobre o comércio entre o mesmo grupo geográfico é difícil de obter e, em consequência, o quadro representa apenas uma parte do aço transacionado, se bem que seja suficientemente completa para mostrar a configuração do movimento comercial.

O quadro mostra que a configuração geográfica do comércio dos três principais exportadores é a seguinte:

- (a) Os países do Mercado Comum Europeu que compartilham uns 50 por cento do mercado internacional, ou 33 por cento se for excluído o comércio entre si, são os maiores vendedores na Europa, no Oriente Médio e África e, em menor escala, no Hemisfério Ocidental.
- (b) O Japão predomina o comércio na Ásia Oriental, na Oceania e no Hemisfério Ocidental, tendo também um grande quinhão dos mercados do Oriente Médio e das regiões da Europa Ocidental, fora das zonas do Mercado Comum Europeu e da Associação de Comércio Livre Europeu.
- (c) Os EUA têm uma percentagem muito menor em qualquer destes mercados, com os seus principais compradores nos países do Mercado Comum Europeu, Associação de Comércio Livre Europeu, Hemisfério Ocidental e regiões da Ásia Oriental.

31.3 Produtos transacionados

Dentro do comércio internacional em produtos de aço foram também analisados cinco produtos: pranchas (com mais de 4,75 mm), vergalhões para arame, chapas (com menos de 3mm), Folha de Flandres e secções. A percentagem exportada da sua produção se encontra resumida em seguida:-

Pranchas - Bélgica/Luxemburgo exportou 87 por cento, Alemanha 30 por cento, Japão 30 por cento e França 20 por cento.

QUADRO 31.2 - COMÉRCIO DE EXPORTAÇÃO EM SEMIS E PRODUTOS ACABADOS

(Milhões de toneladas)

1968		1969		1970	
País de destino	Principais países de remessa	País de destino	Principais países de remessa	País de destino	Principais países de remessa
MCE: 18,68	MCE 16,87 Áustria 0,64 Suécia 0,41	MCE: 23,09	MCE 19,30 EUA 1,07 Japão 0,95	MCE: 24,73	MCE 20,15 EUA 1,95 Japão 0,95
ACLE: 5,99 (EFTA)	MCE 4,29 Suécia 0,54 RU 0,52	ACLE: 7,79	MCE 5,41 RU 0,67 Suécia 0,67	ACLE: 8,67	MCE 5,19 EUA 1,11 RU 0,81
Outros: 2,39 Europa Ocidental	MCE 1,36 RU 0,51 Japão 0,13	Outros: 3,20 Europa Ocidental	MCE 1,48 Japão 0,60 RU 0,51	Outros: 3,62 Europa Ocidental	MCE 1,52 Japão 0,98 RU 0,50
Europa: 2,34 Oriental	MCE 1,53 Áustria 0,33 Japão 0,21	Europa: 2,39 Oriental	MCE 1,52 Japão 0,33 Áustria 0,28	Europa: 3,62 Oriental	MCE 1,63 Japão 0,49 Áustria 0,23
Médio: 1,95 Oriente(1)	MCE 1,16 Japão 0,40 RU 0,29	Médio: 1,85 Oriente(1)	MCE 0,83 Japão 0,67 RU 0,25	Médio: 1,69 Oriente(1)	MCE 0,81 Japão 0,61 RU 0,19
Oriente: 4,33 Ásia	Japão 2,11 MCE 0,93 RU 0,49	Oriente: 6,06 Ásia	Japão 3,97 MCE 0,75 EUA 0,60	Oriente: 6,80 Ásia	Japão 4,65 EUA 0,75 MCE 0,71
América: 16,21 do Norte	Japão 6,73 MCE 6,48 RU 1,25 Canadá 1,13	América: 13,28 do Norte	Japão 5,61 MCE 4,76 EUA 0,94 RU 0,92	América: 13,24 do Norte	Japão 5,97 MCE 4,33 Canadá 1,13 RU 0,88
Outros: 2,29 Hemisfério Ocidental(2)	MCE 0,80 Japão 0,58 EUA 0,44	Outros: 3,83 Hemisfério Ocidental(2)	Japão 1,38 EUA 1,06 MCE 0,96	Outros: 3,97 Hemisfério Ocidental(2)	Japão 1,52 EUA 1,10 MCE 0,89
África: 2,29	MCE 1,56 Japão 0,31 RU 0,26	África: 2,34	MCE 1,51 Japão 0,49 RU 0,22	África: 2,94	MCE 1,63 Japão 0,79 RU 0,28
Oceania: 1,61	Japão 0,87 Austrália 0,40 RU 0,17	Oceania: 1,88	Japão 1,07 Austrália 0,52 RU 0,13	Oceania: 2,10	Japão 1,26 Austrália 0,42 EUA 0,13
Total: 59,57	MCE 35,29 Japão 12,55 RU 4,18	Total: 66,04	MCE 35,67 Japão 15,29 EUA 4,76	Total: 70,77	MCE 37,12 Japão 17,56 EUA 6,52

(1) Médio Oriente: Bahrein, Egito, Irã, Iraque, Israel, Jordânia, Kuwait, Líbano, Saudi Arábia, Síria e outros estados árabes

(2) Outros no Hemisfério Ocidental: Todos os países Americanos, exceto EUA e Canadá.

Fonte informativa: BSC (Statistical Services) World Trade - Steel

Vergalhões

para arame - Suécia exportou 40 por cento e o Japão e a Alemanha 20 por cento.

Chapas

- Alemanha, França e Japão todos exportaram cerca de 30 por cento.

Folha de**Flandres**

- Japão, Alemanha, Reino Unido e França todos exportaram cerca de 30/40 por cento.

Secções**Leves**

- A Rep. Federal Alemã e a Suécia exportaram cerca de 20/30 por cento.

31.4 - O movimento comercial e a sua evolução

A estrutura dos mercados servidos pela indústria siderúrgica mundial revela de um certo modo a avaliação de quanto esta indústria se tem empenhado durante o número de anos e de fases de desenvolvimento e de períodos de dificuldade. As acerarias do Japão foram desenhadas inicialmente para exportação e para satisfazer as necessidades do consumo interno sob pressão de adquirir divisas estrangeiras; as acerarias construídas pela Comunidade Europeia do Ferro e do Aço (ECSC) foram construídas depois da última guerra para ajudarem a reconstrução da Europa e subsequentemente evoluíram para beneficiarem da prosperidade econômica cada vez maior da Comunidade Econômica Europeia (CEE) que exigia muito maiores quantidades de aço para a produção de produtos de consumo; por sua vez a avaliação na Polónia e na Tchecoslováquia foi desenhada em grande parte para a produção de produtos de engenharia para a COMKECON e para a produção de aços específicos para a URSS. A configuração tomada pela indústria siderúrgica do Reino Unido constitui bem um exemplo das pressões impostas ao mercado pelas mudanças contínuas; esse aumento se baseou originalmente na produção de artigos de engenharia para a exportação mas os mercados tradicionais britânicos para exportação de aço evoluíram com a industrialização desses países. Presentemente as importações e exportações de aço tendem à flutuar consoante as tendências da procura nacional do produto. A avaliação nos EUA em produção siderúrgica exemplifica a transição daquela fase em que o aço para uso doméstico foi afetado e atacado por importações em grande escala para uma fase em que o aço norte-americano se está tornando cada vez mais um concorrente a preços competitivos no estrangeiro à medida que precedem as novas tecnologias. Apenas a URSS produz aço suficiente para as suas necessidades. Qualquer desenvolvimento nos dias atuais da indústria siderúrgica, em grande escala, necessita de considerar a concorrência das indústrias siderúrgicas do Japão e da ECSC (Comunidade Europeia do Ferro e do Aço).

Uma análise à configuração internacional do comércio siderúrgico sugere que o comércio total é constituído por três elementos da maior importância:

- Comércio entre uma comunidade e dentro de determinadas áreas geográficas.
- Comércio proveniente de planificação adequada de capacidade.
- Comércio que se deve a oportunismo.

A Comunidade Económica Europeia não só demonstrou as altos níveis de comercialização entre a comunidade que são possíveis dentro de determinadas áreas geográficas, mas acaba de realçar a sua alta posição no mercado internacional idêntica à posição que tinha nos dias anteriores a guerra. Isto se deveu a uma especialização do produto que se está vendendo em quantidades cada vez maiores em mercados que demandam cada vez mais e o que lhes deu uma vantagem sobre a concorrência e a encorajamento para penetrarem nos mercados internacionais. O desenvolvimento de organizações de vendas de alta especialização para fazerem a promoção das grandes operações em rendimento à medida que as novas unidades entraram a trabalhar tem também desempenhado um papel de grande importância.

Planificação de grande capacidade para satisfazer as exigências do mercado interno como também do mercado de exportação foi uma das principais razões que contribuiu para o aparecimento da Japão como um dos maiores produtores internacionais de aço. Em particular a sua capacidade para exportar produtos planos permitiu uma estratégia de produção baseada em acerarias de grande capacidade que com grandes níveis de utilização permitem grandes economias em produção em vasta escala. É também significativa e deve ser aqui registrado que esta produção estratégica de promoção nos mercados foi uma daquelas facetas que, à data em que esta expansão se realizou, não era possível combater tão só pelos clientes mas também pelas firmas concorrentes. Por um lado a dimensão das unidades produtoras que o Japão estava construindo era demasiado grande para ser contemplada nos mercados de exportação com que o Japão estava negociando. Por outro lado o nível de desenvolvimento de um vasto número dos seus concorrentes mais próximos não era modo a justificar que construíssem unidades de tais dimensões.

Finalmente parece que muitas acerarias enveredaram por aquele tipo de comércio que se pode descrever como sendo de exportação para fazer frente às oportunidades, isto é, uma exportação feita em qualquer momento dado para utilizar uma capacidade que é excessiva para as necessidades do mercado interno.

Todavia este mercado é altamente competitivo e está normalmente associado com a comercialização de pequenas toneladas de produtos a preços reduzidos e as oportunidades para as suas vendas podem aparecer em qualquer área geográfica.

31.5 Comércio de produtos semi-acabados

Anteriormente se fez referência aos fatores que determinam a configuração mundial de produção, fatores que se modificaram e que continuarão a se modificar. O problema que se levanta, então, é até que ponto estas modificações se podem refletir no mercado do comércio internacional. Embora as configurações de comercialização, acima descritas, possam persistir, existe uma outra área em que se pode iniciar uma nova espécie de comércio área que é a da comercialização de produtos semi-acabados que, presentemente, só possuem uma comercialização internacional de tonelagem muito baixa.

Com o vasto aumento no comércio internacional de minério de ferro e de carvão, muitos países estão, de fato, envolvidos na produção internacional do aço. O aumento do número de indústrias que fazem uso de aço em muitos países tem contribuído para a demanda internacional de aço e no quanto esta demanda se deva à produtos manu-

faturados à procura de fontes fornecedoras de aço por custo baixo, terá, fatalmente, de continuar. A importância de mercados estrangeiros para os produtores que fazem uso de instalações de grande produção e a escala do investimento internacional na extração de minério de ferro e na sua distribuição levam os maiores produtores da indústria siderúrgica a considerar a sua comparticipação na construção de acerarias em países estrangeiros.

De momento, não existem exemplos de companhias que se estejam estabelecendo desta maneira se bem que, no passado, tivessem havido projetos desta natureza, levados a cabo por firmas britânicas e alemãs. A British Steel Corporation está estudando a possibilidade de investir numa aceraria desta natureza; estudos de natureza idêntica estão sendo também levados a cabo por produtores de aço no Japão e em outros países europeus. A existência de um número de exemplos de empresas japonesas, alemãs, belgas e britânicas investindo e co-participando em companhias siderúrgicas em outros países, leva a sugerir que a aceleração geral da internacionalização da produção siderúrgica é bem possível que não leve muito tempo a ser uma realidade.

Um dos maiores problemas práticos que se levanta é o transporte de produtos. O rápido aumento no comércio de minério de ferro se associou com o desenvolvimento do navio para transporte em bruto. Presentemente o preço de frete para transporte de minério de ferro e para o transporte de produtos acabados ou semi-acabados é diferente porque o minério de ferro é transportado regularmente em bruto e a granel enquanto que os produtos acabados e semi-acabados tendem a ser transportados como parte de um carregamento global ou à base de embarques especiais. Já foram desenvolvidas facilidades muito sofisticadas para a manipulação do minério de ferro mas presentemente, ainda existem problemas de grande importância na manipulação de produtos acabados ou semi-acabados.

Se fosse dedicado um esforço semelhante ao desenho de construção de navios e facilidades de manuseamento para produtos semi-acabados, seria bem provável que a diferença em fretes entre o minério de ferro e os produtos semi-acabados fossem consideravelmente reduzidas. O problema de facilidades de localização se trata de resolver a otimização dos custos de transporte das minas do minério de ferro para o consumidor final e é bem possível que enquanto não se resolverem os problemas no desenho dos produtos para o embarque, isto é, para os navios, não se possam resolver também significativamente os problemas comerciais. Desnecessário afirmar que a organização de acerarias orientadas para a exportação nesta base não se poderiam edificar enquanto não houver qualquer forma de contrato com os consumidores. Existem ainda outros problemas comerciais de menor importância; se o consumidor deseja produtos acabados laminados, a demora ocasionada pelo seu embarque pode impor grandes dificuldades nas datas de entrega ou, alternativamente, demanda a insistência de produtos semi-acabados laminados em armazém.

31.6 Preços no mercado nacional

Inovações tecnológicas tendem, num futuro distante, para o decréscimo dos preços. Este efeito se encontra ilustrado na Figura 31.1. Foi escolhido para exemplificação o mercado dinamarquês, porque este mercado desde há muito que não impõe tarifas em produtos de aço e está completamente livre de influências estranhas. A sua proximidade da Europa, significa que reflete desenvolvimentos dentro das indústrias siderúrgicas da ECSC. Conseqüentemente os preços são tão baixos como os do

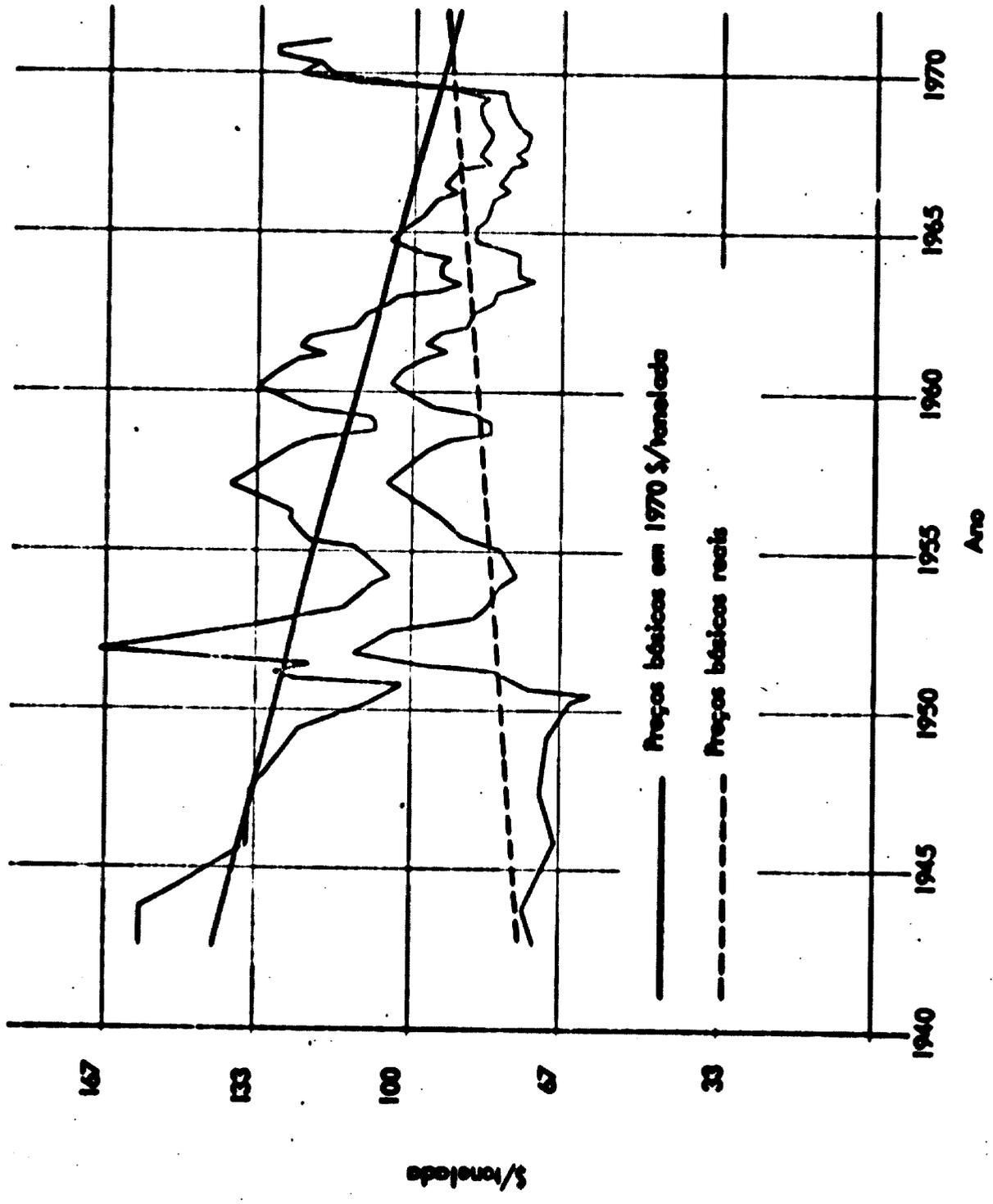


FIGURA 31.J - PREÇOS DE BARRAS MERCANTÍIS NA DINAMARCA

mercado internacional e a sua flutuação em custo é idêntica também.

O preço atual de barras mercantis vendidas na Dinamarca tem vindo a aumentar constantemente, mas quando se faz a correção tomando em consideração os movimentos no preço por atacado se vê que no Índice de produtos domésticos pode ser observado que o preço caiu entre 1.5 por cento e 2 por cento por ano em relação ao preço de outros produtos. Esta tendência para a descida não é de surpreender em vista da especialização no produto que está tendo lugar entre a siderurgia europeia e o nível de investimento que se está orçado entre US\$ 800 e 1000 milhões por ano, na década 1958-1968.

Modificações em tecnologia produzem tensões dentro do mercado porque tais modificações não são instituídas em todas as acerarias, mas são sim, espalhadas por um determinado período. Os toques dos preços, isto é os primeiros no campo com o avanço tecnológico evidentemente causarão dificuldades àquelas acerarias ou àqueles países que não estão em uma posição de fazer esta modificação no momento em que a ocasião se apresenta. Identicamente, a grande produção de uma aceraria moderna que entre a funcionar e a operar no mercado em qualquer ano determinado pode ter um efeito considerável nos níveis de preços para determinados produtos dentro de certas áreas geográficas. Protestos feitos nos últimos anos por acerarias individuais em diferentes países da ECSC (Comissão Europeia do Ferro e do Aço) relativos a preços de produtos específicos levam a sugerir que a orientação de preços provinda das acerarias mais modernas se constitui uma reflexão dos seus custos mais econômicos de operação.

O Quadro 31.3 compara Índices de preços de aço em 1970, em termos de valores monetários dos países quotados, e nos termos reais depois de correção para subidas devidas à inflação desde 1953. Em termos monetários, os preços dos produtos de aço da Itália, e da República Federal Alemã são os que mostram o aumento menor desde 1953, e é necessário frizar aqui que o investimento da moderna tecnologia siderúrgica não só representa uma porção de grande importância na capacidade produtora destes dois países mas também são os países com um desenvolvimento a um passo mais rápido desde 1965. Esta pequena alteração reflete também a alta base de preços em 1953, os preços na Itália devido às medidas de proteção e os preços na República Federal Alemã devido ao fato de terem tomado logo no princípio o lugar de destaque no mercado vendedor. Os movimentos de preços no Reino Unido, começaram numa base de preço muito baixa, devido a uma política de apoio à exportações de engenharia mercê de aço barato. Esta política de preço baixo conjuntamente com a baixa elasticidade do aço em relação ao produto doméstico no Reino Unido se tornaram condições pouco atraentes para investimento na siderurgia britânica, como se prova nas baixas cifras mostradas no Quadro 27.3 (Capítulo 27). Uma proporção significativa da capacidade britânica continua a ser baseada nas tecnologias mais antigas para a produção do aço e é bem possível que se tornem necessários preços ainda mais elevados para se obterem os lucros que os seus competidores da República Federal Alemã e do Japão estão usufruindo. A rápida subida em preços de aço na França reflete bem a pressão geral sobre custos provinda de subidas de receitas e da competição com outros desenvolvimentos dentro da indústria.

QUADRO 31.3 - ÍNDICES DE PREÇOS DE AÇO EM 1970, A BASE DE 1953

País	Índice Preço Industrial metal dos 1970 1953=100	Tarugos		Fio máquina		Barras Mercantis leves		Tiras A.L.	
		(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
França	181	213	118	204	113	202	112	197	109
Reino Unido	158	169	10	179	113	162	103	137	88
Bélgica	136	143	105	143	105	151	111	138	101
Luxemburgo	136	120	88	155	114	149	114	137	101
Holanda	130	-	-	145	112	136	112	126	97
Itália	130	94	72	114	88	101	88	100	77
Rep. Fed. Alemã	114	113	99	112	98	112	98	100	94

Notas: (a) aos valores monetários de 1970

(b) corrigidos para movimento no índice de preços industriais 1953-1970

31.7 Preços de Exportação

As Figuras 31.2 e 31.3 mostram cifras de preços de exportação, japoneses e europeus.

Os preços de exportação flutuam mais do que os preços do mercado interno. Durante um período de tempo, a tendência nos preços baixos de exportação para toneladas substanciais facultou uma indicação da mudança nos custos de produção marginal das acerarias, porque em condições comerciais difíceis os preços tendem a descer em relação aos custos das acerarias novas que incorporam as últimas palavras em tecnologia e devido às economias que se podem fazer provindas da sua maior dimensão. Durante um curto período de tempo estas acerarias podem vender a preços que se aproximam mais dos custos marginais do que dos custos médios mas, evidentemente, sob um período mais longo, tem fatalmente que existir um movimento no sentido de cobrir os custos totais dispendidos. Como pode ser visto os preços fob japoneses para vergalhões, barras, chapas, prensas durante o período de 1967-1969 foram de entre \$80 e \$90 por tonelada, preços muito semelhantes aos preços de exportação europeus para produtos semelhantes durante o mesmo período. Todavia, nesse mesmo período o preço fob das pranchas japonesas foi mais elevado do que o preço das pranchas europeias: isto pode bem refletir o preço das pranchas no mercado nacional do Japão porque, a esta altura, existia uma tensão no mercado interno para pranchas a serem utilizadas pela construção naval e a proporção da produção exportada foi inferior a 20 por cento.

A prática de diferenciação entre preços para o mercado nacional e preços para mercados de exportação para produtos de aço está diminuindo, especialmente dentro da ECSC (Comissão Europeia do Ferro e do Aço) onde os mercados de exportação são

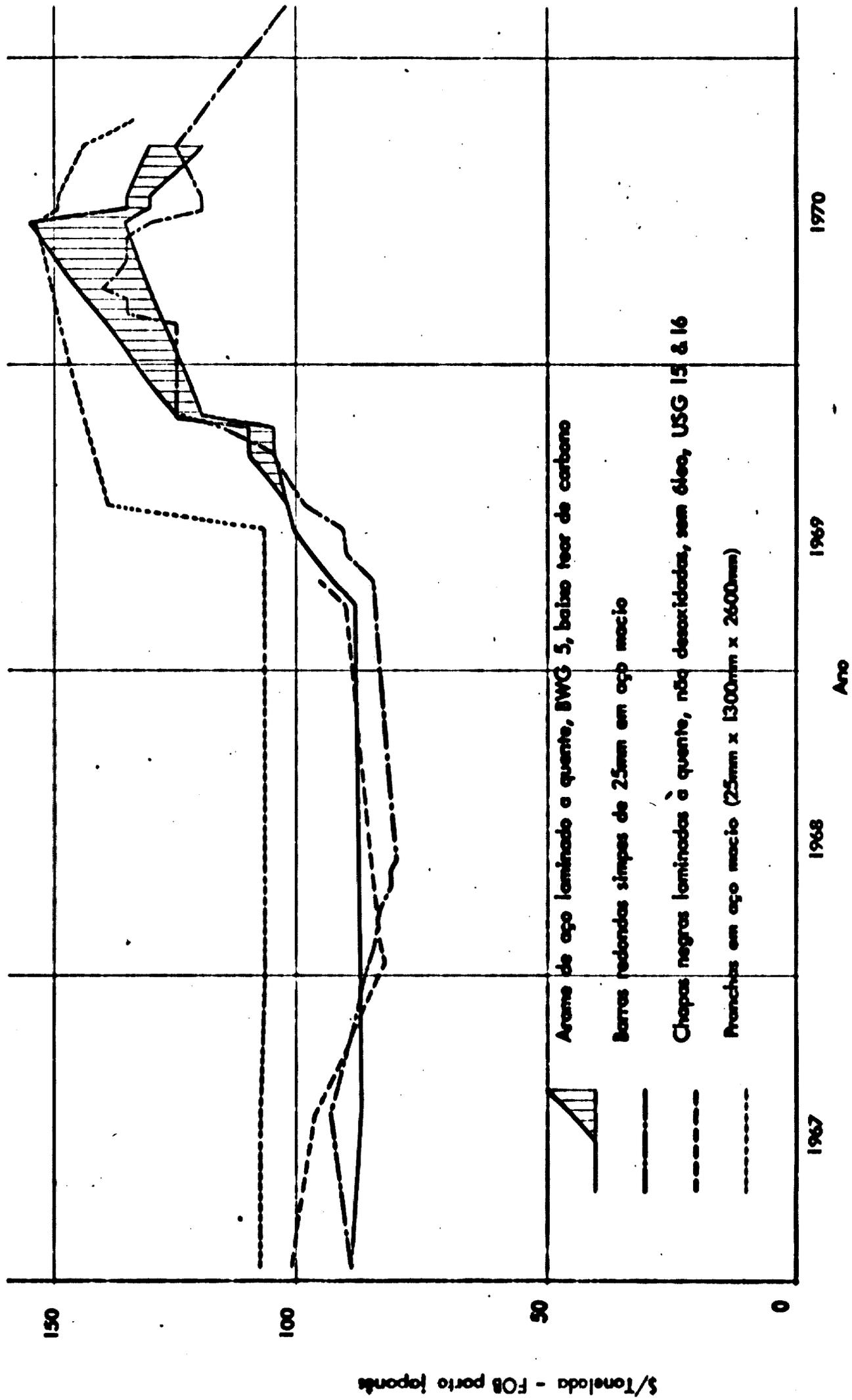


FIGURA 31.2 - PREÇOS JAPONÊSES PARA EXPORTAÇÃO

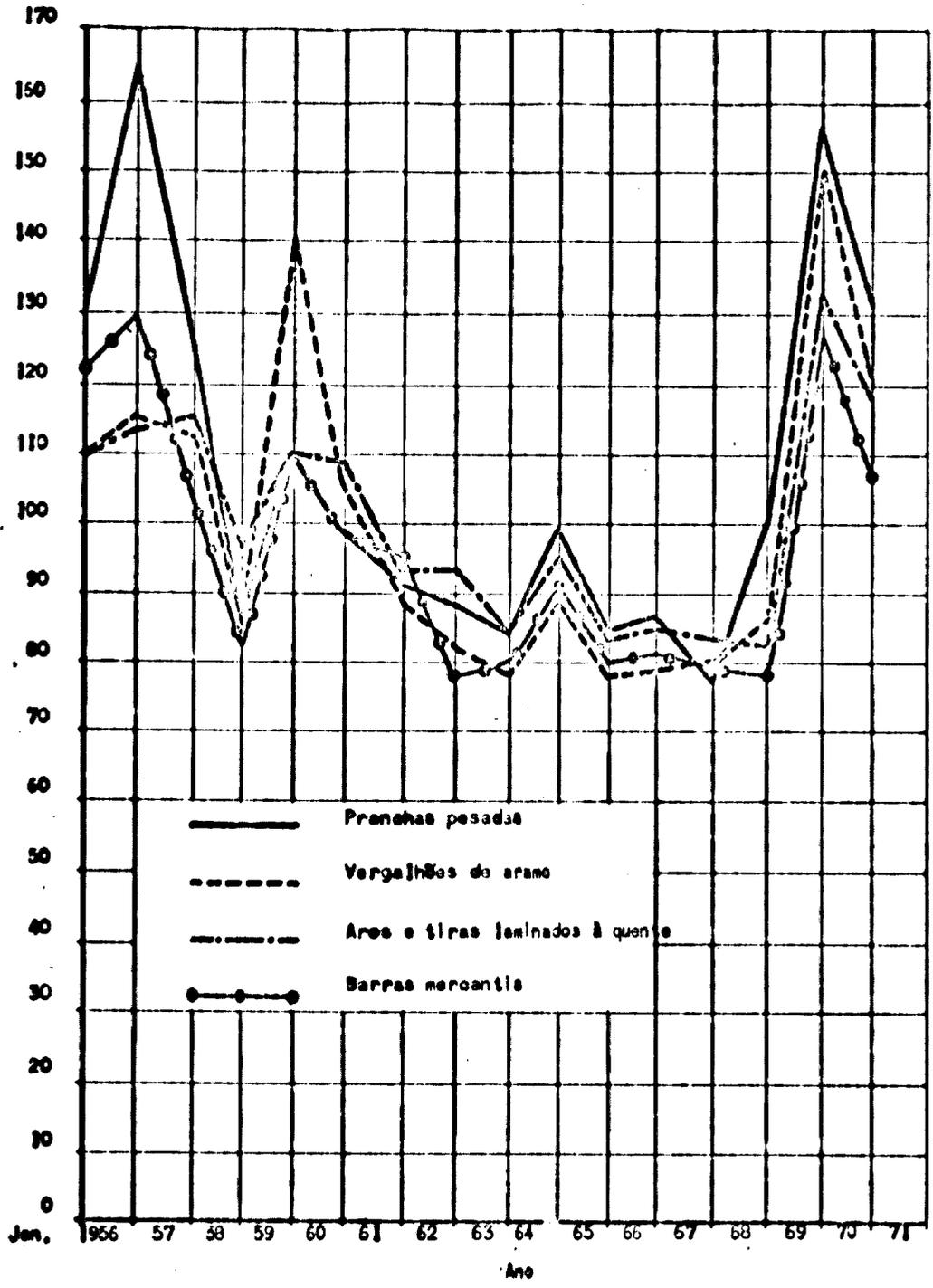


FIGURA 31.3 - PREÇOS DE EXPORTAÇÃO DE PRODUTORES EUROPEUS PARA CERTOS PRODUTOS DE FERRO E AÇO

planificados como parte integrante da especialização do produto dentro duma determinada área e, o mesmo está sucedendo no Japão, onde uma elevada proporção de produtos específicos é exportado ao mesmo tempo que existem mercados permanentes e vastos no mercado nacional.

31.8 Flutuações de preços

Entre os fins de 1969 e princípios de 1971 houve um período em que os preços de exportação do aço subiram dramaticamente muito para além dos custos a longo prazo da produção. Esta ascensão em preços se deveu mais a receios de possíveis subidas no preço do que a um vasto aumento em consumo. No Reino Unido, por exemplo, houve uma grande corrida para a constituição de reservas em antecipação de alterações de importância nas listas de preços da British Steel Corporation, e o consumo, de fato, foi muito pouco diferente. Nos EUA, durante o período que foi dedicado à substituição de expansão da capacidade siderúrgica da nação foi mantido um nível bastante elevado nos preços do aço pelos seus produtores não obstante haver um excesso de capacidade das instalações mais antigas. Quantidades substanciais de aço japonês foram atraídas por este mercado mais lucrativo, embora existissem pressões cada vez maiores sobre a capacidade dos mercados nacionais do Japão. Dentro dos países da EEC (Comunidade Económica Europeia) houve de fato um aumento genuíno na procura de aço.

Desta data para cá, se têm dado, todavia, várias modificações nessa situação. Entre as modificações principais se contam o aumento de preço pela British Steel Corporation e a limitação voluntária, pelos EUA, em importações de aço. Poderá, haver todavia, outra corrida em qualquer momento dado, para a reconstituição de reservas na esperança e na antecipação duma procura genuína.

31.9 Uma comparação entre os sistemas de preços de entrega e de preços de devidos pontos de preços básicos

No sistema de preço entregue, o preço pedido é independente e não considera a distância entre a aceraria e o ponto da entrega e, conseqüentemente, a receita líquida por tonelada de produto é portanto a sua contribuição para os custos fixos e para os lucros é reduzida pelo encargo do transporte que aumenta tanto mais distante se encontrar a aceraria de onde provém. Embora a presença de outras acerarias possa afetar o volume de vendas, tais acerarias não influenciam na contribuição obtida por cada tonelada de produto entregue a um determinado cliente.

No sistema de pontos de base, como se encontra em vigor dentro da Comunidade Européia do Ferro e do Aço (ECSC), cada aceraria declara os seus preços num ponto básico, isto é num ponto de onde se faz a base do preço, geralmente numa aceraria ou numa cidade importante nas vizinhanças. Os clientes pagam o frete a partir desse ponto básico para o ponto da entrega. Outras acerarias têm a opção de vender a um determinado cliente ao preço mais baixo que tenha sido cotado, a esse cliente pela concorrência, mas, inicialmente, têm que cotar ao seu preço básico publicado acrescido de frete (também publicado). Cada aceraria pode fixar os seus preços próprios no ponto de base e podem alterar estes preços conforme desejem desde que notifiquem esta alteração à Comissão. Na prática, um grupo de acerarias numa localização geral pode fazer uso de um simples ponto básico para a fixação de preços.

Na Figura 31.4 se mostra um exemplo do efeito dos dois sistemas de fixação de preços sob o ponto de vista de uma aceraria, designada A. A abcisa representa a distância da aceraria e se assume que o custo de entrega é proporcional à essa distância.

A Parte I da figura mostra como o rendimento líquido desce com o aumento da distância a partir da aceraria de harmonia com o sistema de preços de entrega. A Parte II ilustra operação de um sistema de ponto básico onde a aceraria A se encontra em competição com a aceraria B e C. Para simplificar se assume que cada aceraria vende o produto ao mesmo preço num ponto básico localizado dentro das suas instalações. À medida que a distância de entrega da aceraria aumenta, o preço de entrega aumenta também e o rendimento líquido (e conseqüentemente a contribuição) se mantém constante. Todavia, a partir de um ponto mais ou menos ao meio das duas acerarias, o preço de entrega das outras acerarias é mais baixo, mas a aceraria A passa a ter o direito a igualizar o seu preço de entrega com o das outras acerarias. Se a aceraria A toma esta decisão, então, quando se passam os pontos médios (p e q na Figura 31.4) o rendimento líquido desce rapidamente com o aumento da distância, porque os transportes da aceraria A continuam aumentando em preço enquanto que o preço de entrega continua descendo. Depois de passadas as acerarias B e C os preços de entrega voltam a subir e a contribuição se mantém constante até que se dê a aproximação de outra aceraria.

Conseqüentemente no sistema de preços de entrega o interesse por uma ordem - como medida pela sua contribuição por tonelada - descai continuamente com o aumento da distância a que se encontra da aceraria. Entregas a partes muito remotas podem, inclusivamente, resultar numa perda para a companhia se for cumprido o preço fixo negociado.

No sistema de fixação de preços a partir dum ponto básico, cada aceraria tem uma 'zona de influência' em torno da qual a contribuição por tonelada é constante, e, conseqüentemente, as encomendas entregues a qualquer ponto dentro desta zona são igualmente atraentes para as acerarias. Todavia, fora desta zona - cujas limitações são determinadas pela localização das firmas em concorrência - o interesse pela encomenda desce rapidamente porque a contribuição passa a ser reduzida pela diferença entre os custos de transporte da aceraria a ser considerada e os custos de transporte do fornecedor mais próximo.

A contribuição segundo cada sistema é dada nos ordenados na área sombreada

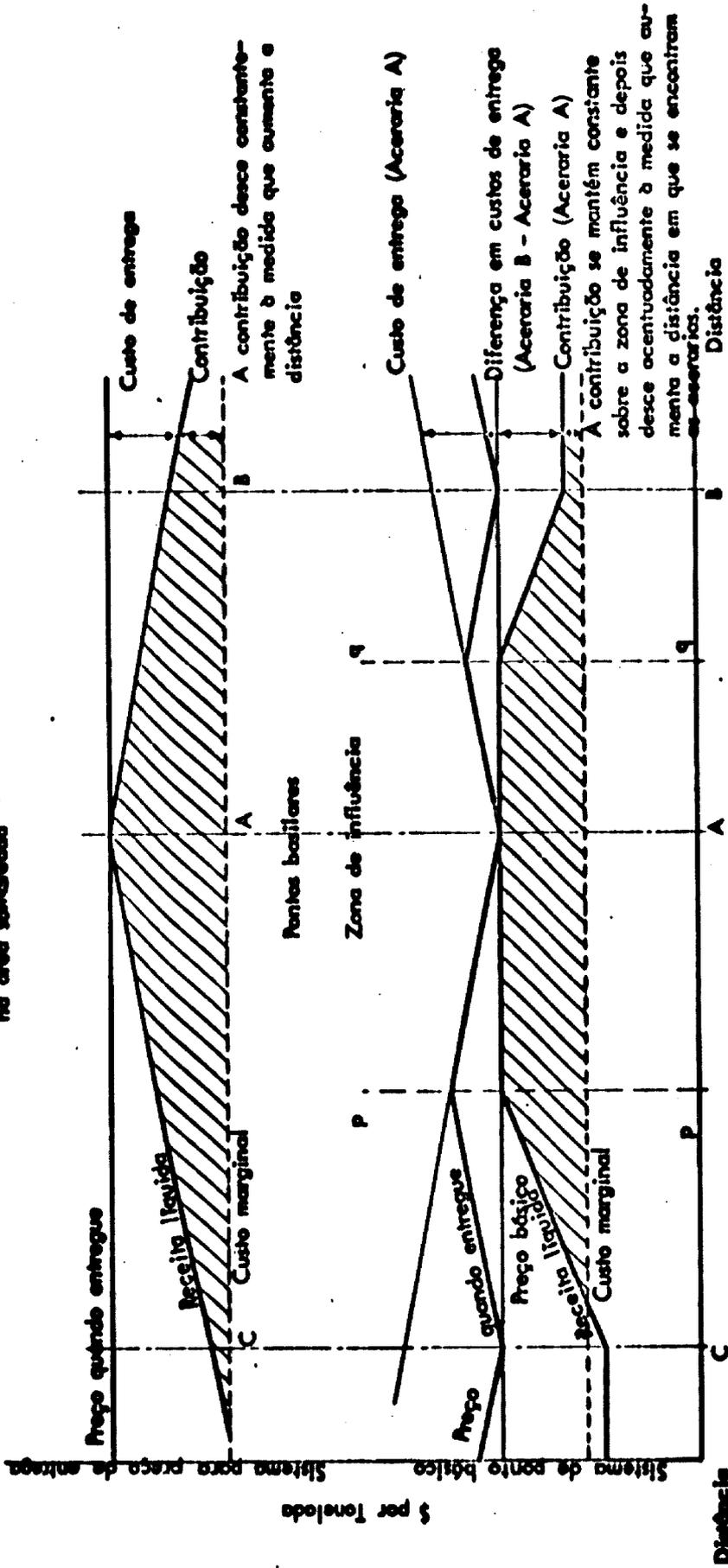


FIGURA 31.A - COMPARAÇÃO DOS SISTEMAS DE ENTREGA E DE PREÇO BÁSICO

Porque o sistema de ponto básico encoraja as acerarias a concentrarem as suas vendas dentro das zonas de sua influência, isto é economicamente desejável, porque tende a reduzir transportes desnecessários ao mesmo tempo que não penaliza uma aceraria para fornecer um cliente distante que não possa obter fornecimentos alternativos. O sistema de ponto básico pode ter uma aplicação em qualquer ampla região onde os custos de transporte constituam um elemento significativo na política de preços.

31.10 Lucros nas indústrias siderúrgicas

Japão

No Quadro 31.4 se comparam os lucros da indústria siderúrgica japonesa com as indústrias japonesas em geral. Para avaliar os lucros da indústria siderúrgica do Japão é essencial compreender até certo ponto a sua estrutura financeira. Os débitos totais líquidos da indústria, e os encargos a curto e a longo prazo, têm vindo a aumentar consideravelmente, entre 1965 e 1970 a orientação do seu capital tem aumentado do valor já elevado de 72 por cento para o valor ainda mais alto de 83 por cento. O orientação em fabricação geral é também elevada, mas subiu a um passo mais lento, de 70 por cento em 1965 para 78 por cento em 1970.

Durante este período os níveis de juros a pagar foram relativamente baixos e se mantiveram constantes; as taxas bancárias de desconto, que influenciam a tendência geral nas taxas de juro, flutuaram apenas entre 5.48 por cento e 6.25 por cento. Consequentemente foi necessária uma proporção maior de encargos capitais para fazer frente a um rendimento relativamente baixo de lucros. Enquanto os fundos totais subiram de \$3.700 milhões para \$7.600 milhões em 5 anos, os fundos para os acionistas subiram apenas de \$1.000 milhões para \$1.300 milhões no mesmo período.

O valor adicionado ao índice de materiais na indústria siderúrgica (a base em 1965 era de 100) cresceu para 231 por alturas de 1970, comparado com a manufatura a 218, ou todas as indústrias a 214.

Como se pode vêr no Quadro 31.4, as mudanças feitas em produção devidas à melhor tecnologia de produção de aço reduziram significativamente o componente do valor do custo de mão-de-obra. A orientação elevada em financiamento durante o grande desenvolvimento industrial permitiu que fôsse mantido um elevado teor de depreciação, o que permitiu que parte considerável do investimento pudesse ser financiado internamente sem necessidade de recorrer ao mercado financeiro permitindo também uma política de substituição sem perda de tempo incorporando as últimas técnicas conhecidas.

O lucro líquido antes do pagamento de impostos subiu de 3,2 por cento de vendas em 1965 para 6 por cento em 1970. O lucro bruto antes do pagamento de juros ou de encargos de depreciação subiu de 16 por cento das vendas em 1965 para 18 por cento em 1970.

A intensidade de uso do capital total aumentou também durante este período e o teor de rendimento dos recursos totais aumentou de 0,6 em 1965 para 0,8

QUADRO 31,4 - ESTIMATIVAS DE LUCRO, AÇO E MANUFATURA, JAPÃO

	Ferro e aço			Indústrias de manufatura	
	1965	1968	1970	1965	1970
	¥ x 10 ⁶	¥ x 10 ⁶	¥ x 10^{6}	¥ x 10^{6}	¥ x 10^{6}
Receitas totais calculadas (dívidas mais valor líquido)	3.700*	5.600*	7.600*	24.500*	38.000*
Valor líquido calculado	1.000*	1.100*	1.300*	7.600*	8.300*
Vendas	2.300	3.900	5.900	17.500	38.000
Lucro líquido antes de pagamento impostos (depois de juros e depreciação)	75	180	360	750	2.300
Lucro líquido calculado depois de pagamento impostos	53*	150*	280*	560*	1.500
Teor de movimento (vendas/receitas totais)	0,6	0,6	0,8	0,7	1
	per- centagem	per- centagem	per- centagem	per- centagem	per- centagem
Orientação do capital (proporção de dívidas nas receitas totais)	72	80	83	70	78
Receitas brutas (lucro antes do pagamento de impostos, juros e depreciação)					
sobre receitas totais	10*	12*	14*	10*	14*
sobre vendas	16*	17*	18*	14*	14*
Lucro líquido antes do pagamento de impostos sobre vendas	3,2	4,6	6,0	4,3	6,0
valor líquido	7*	16*	28*	10*	27*
Lucro líquido depois do pagamento de impostos					
receitas totais	1,4	2,7	3,8	2,3	4,0
sobre valor líquido	5*	13*	21*	7*	18*
Salários como uma proporção do valor adicionado	43	41	38	42	41
Salários como uma proporção das vendas	14*	13*	12*	11*	12*

Fontes informativas: Statistical Year Book 1971, Federação Siderúrgica do Japão

Notas: 1. *Estimativas são calculadas de dados reorganizados.

2. As informações acima se referem a agregados da indústria e, como tal, podem ser influenciados por uns quantos resultados individuais volumosos. Não reflete as características médias das companhias.

3. Depreciação em ferro e aço, excluindo terrenos e capital de movimento, parece ser à volta de 10 por cento por ano.

em 1970. Isto daria o lucro bruto sobre as existências financeiras totais antes do pagamento de juros, impostos ou depreciação de 10 por cento em 1965 e 14 por cento em 1970. Em termos de receita para os fundos dos acionistas depois do pagamento de juros mas antes de tomar em consideração a depreciação resultaria 20 por cento antes do pagamento de impostos em 1965 e cerca de 70 por cento em 1970. A política do teôr elevado de depreciação que é adotada na indústria siderúrgica japonesa reduziria o lucro, depois do pagamento de juro e depreciação, a cerca de 7 por cento do valor líquido em 1965 e 28 por cento em 1970, antes de serem feitos os pagamentos dos impostos.

Os lucros depois de pagamentos de impostos, depreciação e juros, subiu de 1,4 por cento das receitas totais em 1965 para 3,8 por cento em 1970. É importante lembrar que os rendimentos totais mais do que duplicaram durante estes cinco anos, o que torna um teôr maior de lucro sobre uma base de capital maior, e que os custos relativos às dívidas, o que são de cerca de 80 por cento do capital básico, já se encontram pagos. No quanto respeita aos fundos para os acionistas, o lucro líquido subiu de 5 para 21 por cento entre 1965 e 1970 para toda a indústria, se bem que esta margem de lucro tenha variado de empresa para empresa.

Em 1965, depois de 10 anos de investimentos de grande importância na indústria, investimentos que expandiram a sua produção de 9 milhões para 41 milhões de toneladas de capacidade de aço bruto, o lucro nos fundos para os acionistas, depois do pagamento de juros, depreciação e impostos comerciais, foi de 5 por cento. Esta cifra é inferior à cifra média para acionistas em indústrias fabricadoras, que também se encontram orientadas para uma produção elevada e que têm níveis semelhantes de taxas de juro. Os proventos para os acionistas na indústria siderúrgica não eram atraentes ou suscetíveis de elevar a equidade e é interessante notar que em 1970 a orientação da capacidade de produção de aço se manteve a 83 por cento enquanto que a orientação nas indústrias produtoras em geral era de 78 por cento.

Esta orientação elevada regra geral significa baixa prioridade de objetivos dos acionistas na indústria japonesa e põe em destaque a capacidade e os recursos das instituições bancárias e governamentais de mobilizarem as economias dos indivíduos e das organizações. Sem este costume social de aplicação de economias e sem esta mobilização, o custo total de produção de aço e o custo total da sua venda teriam sido mais elevados e haveria necessidade de pedir um preço maior para o aço. As técnicas modernas permitem economias de operação nos recursos empregados, mas o nível de preço refletirá um nível de mão-de-obra e dos custos do capital no país o que, por sua vez, reflete as atitudes da mão-de-obra, dos objetivos das administrações, e dos níveis gerais de educação. Os efeitos das tendências japonesas para a fixação de preços de aço sobre os preços mundiais têm sido significativo só porque provêm duma tecnologia moderna mas também de fatores sociais que são típicos nominalmente à orientação de capital a juros representativamente modestos e contratos com a mão-de-obra que têm exigido elevados níveis educacionais. Estes princípios e atitudes é bem possível que não possam ser transferidos para outras nacionalidades.

Em 1970 a produção total de aço cru japonês atingiu 93 milhões de toneladas, uma cifra semelhante à da totalidade da Comissão Européia do Ferro e do Aço (ECSC) e quase se aproximou às produções dos EUA e da URSS. As exportações de aço constituíram mais de 25 por cento da produção, e no campo de produtos planos

de maior valor e no campo de aços especiais a proporção foi ainda mais elevada. Se tornava essencial a obtenção de lucros em exportação do que resultou o estrangimento externo e interno por desvio muito frequente ou durante períodos muito longos dos preços básicos de custo total.

Durante o período de 1965/70, aumentaram tanto as receitas brutas em relação ao capital como as receitas em relação à equidade para os acionistas. Os resultados em 1970 refletem até certo ponto o grande aumento no preço comercial para a exportação, mas porque uma maior utilização de capital é significativa nas indústrias com grande intensidade de aplicação de capital teria sido possível provavelmente o lucro depois de pagamento de impostos em relação aos fundos totais de cerca de 3,5 por cento, com uma disponibilidade líquida para os fundos dos acionistas de cerca de 20 por cento. Em virtude da posição existente em 1965, o custo total baseado no preço 'baixo' do aço foi benéfico, dentro do contexto de expansão de mercados e capacidade de planificação e durante os próximos anos deve ser mais atraente a perspectiva de aumentar a equidade financeira.

A estreita identidade de objetivos da indústria e da planificação nacional do governo e o compromisso atual dos recursos do Japão têm permitido que o aço tenha sido desenvolvido a um rendimento bruto em relação ao capital, semelhante ao rendimento dos produtos manufaturados gerais mas durante um longo período a um rendimento líquido inferior para os fundos dos acionistas.

Alemanha

Na Alemanha tem sido seguida uma política de grande investimento anual na indústria siderúrgica e uma orientação para elevar a aplicação de capital. Das provas incompletas sobre lucros que se mostram no Quadro 31.5 parece-se concluir que o lucro líquido depois do pagamento de impostos, de juros e de depreciação em 1958/69 foi inferior àquele obtido no Japão. O movimento do capital, isto é vendas em relação à existências, parece ter sido ligeiramente mais elevado do que no Japão e as diferenças em impostos, taxas de juros, políticas de depreciação parece que sejam as explicações mais justificadas para o lucro líquido mais baixo na Alemanha em relação aos capitais utilizados.

**QUADRO 31.5 - INDICAÇÕES DE LUCROS NA INDÚSTRIA SIDERÚRGICA
NA ALEMANHA, 1968/69**

(Estas cifras são baseadas nos resultados combinados de dois dos principais grupos siderúrgicos)

	\$ milhões
Vendas	2.753
Receitas livres de depreciação acrescidas de receitas correntes	2.400
Valor líquido	625
Lucro líquido depois do pagamento de impostos	53
	Porcentagem
Orientação do capital (dívidas com uma proporção das receitas totais)	74
Lucro líquido depois de pagamento de impostos em:	
Vendas	2.0
Receitas	2.2
Valor líquido	8.5

Fonte informativa: Fortune

Comparado com o Japão, os níveis de taxas de juro durante o decênio de 1960 não parecem terem sido muito diferentes, a taxa de desconto subindo de 3 por cento para 6 por cento e os rendimentos em obrigações hipotecárias e os rendimentos em obrigações criadas pelas autoridades locais tendo sido entre 7 e 8 por cento para a maior parte desse período.

As taxas de impostos nos dois países diferem dentro do nível de lucros e se forem distribuídos ou retidos os ditos lucros. Entre 1962 e 1970 o imposto corporativo mais alto na Alemanha foi de 51 por cento mas no caso de lucros distribuídos foi apenas de 15 por cento. O nível geral de 40-45 por cento compara bem com não mais do que 30 por cento no Japão.

Receitas brutas antes do pagamento de impostos sobre as existências totais são muito semelhantes tanto no Japão como na Alemanha mas a indústria siderúrgica alemã será mais sensível a rendimento depois do pagamento de impostos em relação aos fundos dos acionistas; enquanto que a orientação para uma elevada capitalização não é historicamente invulgar na Alemanha, muita da produção está agora baseada em maior equidade e os objetivos da equidade dos acionistas desempenham um papel importante na vida comercial da Alemanha. Conseqüentemente

a baixo lucro líquido para os fundos dos acionistas seria encarado com muito mais seriedade pela Alemanha do que pelo Japão em 1965, embora constituam uma pequena proporção do capital investido em aço.

E.U.A.

No Quadro 31.6 se mostram as informações financeiras agregadas das 30 principais empresas siderúrgicas. O capital não está elevadamente orientado isto sendo em linha com a preferência geral da manufatura americana para o financiamento equitativo e a proeminência dos objetivos dos acionistas da administração comercial dos E.U.A. e em valores sociais.

Comparando 1969 e 1970 existe um colapso nos lucros absolutos e em todas as medidas lucrativas. O rendimento das vendas declinou apenas em 0,5 por cento mas os custos de pessoal subiram 2,7 por cento, e os custos de operação subiram de tal forma que as receitas brutas desceram em 23 por cento. As pesadas incidências em despesas de movimento e a depreciação deixaram um lucro líquido antes do pagamento de impostos de cerca de 50 por cento mais baixo do que aquele obtido em 1969, e as receitas totais de 1,9 por cento maiores provindas do programa de investimento que ainda se encontra em execução. Este lucro líquido foi restaurado sem perda de tempo no segundo semestre de 1971 quando as receitas das vendas subiram em 20 por cento e as receitas brutas em 60 por cento. Por esta altura, os aumentos em preço e os aumentos no uso da capacidade tinham resultado num lucro para os fundos dos acionistas de 15,2 por cento antes do pagamento de impostos e 8,5 por cento depois do pagamento de impostos. A combinação de capacidade excessiva, um programa fundamental de investimento com toda a reorganização que acarreta consigo e um aumento dos salários a pagar resultou num lucro que foi altamente volátil.

Em contraste com a posição do Japão os lucros das indústrias siderúrgicas em 1970 e em 1971 foram abaixo dos lucros obtidos pelas indústrias em geral. As receitas brutas sobre os capitais totais foram bastante inferiores às obtidas pelo Japão em 1970, mas o valor de 12,4 por cento obtido em 1969 foi semelhante àquele obtido pela indústria siderúrgica japonesa em 1968. As cifras relativas à Alemanha revelam também uma receita bruta de 12 por cento sobre os capitais totais em 1968-1969 se calculados tomando em consideração a taxa de depreciação japonesa.

Conclusões

Um rendimento bruto sobre existências totais de capital de 12-13 por cento parece ser adequado na moderna indústria siderúrgica uma vez a tecnologia tenha sido consolidada. Esta percentagem é mais elevada do que no passado, possivelmente para acomodar as políticas de depreciação de teores mais elevados que se relacionam com a mudança em tecnologia em comparação com as normas passadas.

Diferenças em orientação, em níveis de juro, impostos e políticas de depreciação, resultaram em alocações diferentes da receita bruta de 12-13 por cento sobre os rendimentos totais quando expressados como lucro líquido à disposição da equidade dos acionistas. Se o retorno em equidade no aço é considerado bom ou mau depende dos valores sociais da comunidade comercial e das políticas seguidas

QUADRO 31.6 - LUCROS DA INDUSTRIA SIDERURGICA DOS EUA

	30 Companhias Principais		Todas as Companhias	
	1969	1970	4º Trim. 1970	2º Trim. 1971
	<u>6</u> 10 \$	<u>6</u> 10 \$	<u>6</u> 10 \$	<u>6</u> 10 \$
Vendas líquidas	19.400	19.300		23.000
Valor líquido	12.700	12.750		
Custos de mão-de-obra	7.440	7.640		
Receitas totais (dívidas a curto e longo prazo e valor líquido)	21.400*	21.800*		31.000
Lucro líquido antes do pagamento de impostos (a)	1.340	690		
Depreciação, depleção (b)	1.060	1.060		
Juros, despesas sobre dívidas a longo prazo (c)	250	290		
Receitas brutas (a+b+c)	2.650*	2.040*		3.200*
Lucro líquido depois do pagamento de impostos	890	510		
Teor de movimento	0,9*	0,9*	0,9*	1,1*
	percentagem	percentagem	percentagem	percentagem
Orientação do capital (proporção de dívidas das receitas totais)	41*	42*	46	46
Receitas brutas:				
para vendas	13.7	10.6		
para receitas totais	12.4*	9.4*		
Lucro líquido antes de pagamento de impostos sobre vendas	6.9	3.6	1.5	7.3
Lucro líquido depois de pagamento de impostos sobre receitas gerais	4.2*	2.3*	1.4	4.6
Lucro líquido antes do pagamento de impostos sobre valor líquido	10.5	5.4	2.5	15.2
Lucro líquido depois do pagamento de impostos sobre valor líquido	7.0	4.0	2.5	8.5
Custos de mão-de-obra como proporção de "valor adicionado"	74 *	79 *		
Custo de mão-de-obra como proporção de vendas	38	40		

Fontes Informativas: Industry Week

Relatório Financeiro trimestral da Federal Trade Commission

Notas:

1. * Estimativas baseadas em dados reorganizados
2. "Valor adicionado" calculado como um agregado de receitas brutas mais os custos de mão-de-obra; baixo, porque não tivemos à disposição dados sobre rendas, impostos camarários, arrendamentos, etc.
3. A informação é baseada em agregados; como tal pode ser influenciada porque uns quantos grandes resultados individuais.
4. Depreciação em 1969 e 1970 expressada como uma percentagem de propriedade líquida, maquinaria e equipamento foi de 7-8 por cento.

pelo Governo mais do que a comparação entre as indústrias dos vários países. O investimento internacional em aço continuará a ser uma reflexão deste aspecto.

Para prosseguir uma política de desenvolvimento da indústria siderúrgica pode requerer um conhecimento da indústria geral ou do público para facultar a indústria o período de que necessita para consolidar a sua experiência em tecnologias mais modernas não aplicando os termos de lucros a curto prazo que predominam no mercado de capital livre. Para prosseguir um tal desenvolvimento com uma orientação de capital elevado a fim de produzir um preço total baseado em custo 'baixo', poderá ser necessário um compromisso para um período financeiro de apoio se a administração da economia a longo prazo falhar na sua demanda para aço para além da capacidade planificada; sem um tal compromisso poderá ser necessário seguir uma política de retenção de uma maior proporção de lucros e, em consequência, demanda de preços mais elevados.

CAPÍTULO 32 - A FUNÇÃO DOS PAÍSES EM DESENVOLVIMENTO

Nos Capítulos 27, 30 e 31 se discutiram as tendências mundiais em produção, consumo e comércio internacional do aço. Se torna agora possível considerar a posição dos países em desenvolvimento. Os países que se assume pertencem a esta categoria são aqueles definidos no relatório publicado pela UNIDO e intitulado "Steel-works projects in developing countries", (Projetos para acerarias em países em desenvolvimento).

A produção mundial de aço em bruto tem aumentado constantemente durante a última década de 350 milhões de toneladas, em 1960, para mais de 590 milhões de toneladas, em 1970. Durante este período, os países em desenvolvimento aumentaram a sua produção de 10 milhões para 28 milhões de toneladas. Conseqüentemente, mais de 96 por cento da produção mundial continua concentrada em países avançados e, desta produção, a sua maior parte, nos centros altamente industrializados da Europa, dos EUA, da URSS e do Japão, onde a tendência tem sido a de construir vastos complexos integrados que utilizam muito minério importado, em regimes de contratos a longo prazo, de países em processo de desenvolvimento.

A escolha de processos para a produção de aço em países em desenvolvimento muda à medida que a indústria cresce. Tem sido usual nos estágios iniciais do desenvolvimento industrial a instalação apenas de facilidades de laminagem para a manufatura de vergalhões e barras produzidos de tarugos comprados e depois, para a manufatura de aço em uma base de sucata. Finalmente, se dá a transição para a produção siderúrgica por altos-fornos e BOF. Países em desenvolvimento que têm seguido este curso são a Argentina, o Brasil, a Índia, a Turquia e o México. A produção siderúrgica nestes países representa aproximadamente metade da produção total dentro do mundo em desenvolvimento.

Os planos de expansão para os países em desenvolvimento se encontram resumidos no Quadro 32.1. Os projetos foram referenciados sob dois títulos - planos de expansão aprovados e intenções futuras. Na primeira categoria estão incluídas acerarias em construção (em alguns casos é possível que tenham entrado recentemente em laboração) e projetos aprovados mas ainda não iniciados. A segunda categoria inclui planos firmes que estão aguardando acordos formais e propostas a longo prazo que possivelmente não se transformarão em realidade. A maioria dos países têm planos, de um tipo ou outro, entre mãos mas, como seria de esperar, os desenvolvimentos de maior vulto estão previstos para aqueles países que já possuem uma tradição entre a indústria siderúrgica e que, conseqüentemente, dispõem de uma demanda suficientemente grande que justifica investimento e fomentação em instalações maiores e mais econômicas. Aqueles países cujos mercados são, de momento, muito pequenos, estão baseando os seus planos para produção de aço na fundição de sucata e forjamento contínuo.

QUADRO 32.1 - PLANOS PARA A EXPANSÃO DE ACERARIAS NOS
PAISES EM DESENVOLVIMENTO
milhões de toneladas por ano

PAIS	Método BOF		Método de arco elétrico (incluindo redução direta)	
	Planos Aprovados	Intenções futuras	Planos Aprovados	Intenções futuras
Algéria	2.50	-	-	-
Líbia	-	-	-	0.32
Tunísia	-	-	-	0.05
Libéria	-	0.19	-	-
Nigéria	-	-	-	0.10
Angola	-	-	0.12	-
Zaire	-	-	0.15	-
Quênia	-	-	0.03	0.20
Uganda	-	-	-	0.10
Argentina	3.90	2.17	0.07	0.06
Brasil	5.33	5.90	0.95	0.60
Chile	0.34	1.00	-	-
Colômbia	0.20	-	-	-
Perú	-	5.25	-	-
Venezuela	0.75	13.00	-	-
México	4.17	2.00	1.60	0.70
América Central	-	0.11	--	0.29
Egito	1.70	-	-	0.20
Irã	1.40	-	-	-
Coreia do Sul	2.40	2.60	-	-
Malásia	-	-	0.02	-
Filipinas	-	1.50	-	-
Taiwan	-	2.30	-	-
Tailândia	-	0.40	0.11	-
Ceilão	-	-	-	0.07
Índia	4.92	7.95	0.05	1.90
Paquistão	0.75	0.50	-	-
Grécia	-	-	-	0.30
Irlanda	-	-	0.06	-
Turquia	2.10	2.00	-	-

Nota: Todos os planos de expansão estão previstos para completamento até 1980.

Num capítulo anterior foi feita referência à futura estrutura da indústria siderúrgica dentro dos países em desenvolvimento e embora haja que aceitar o fato de que devido ao enorme capital necessário para fomentação a estrutura da indústria não se alterará com rapidez, existe uma possibilidade de que futura produção em grande escala seja dividida em dois ramos, um dedicado à produção de pranchas grossas, blocos ou tarugos e situado junto às reservas de minérios e o outro ramo dedicado à laminagem destes artigos em produtos acabados e localizados junto aos mercados consumidores. Os motivos tecnológicos que justificam esta maneira de pensar se devem ao aumento dos problemas relacionados com localização e poluição.

Aqueles países que possuem vastas fontes de minérios teriam um papel de grande importância a desempenhar em tal desenvolvimento. O enormíssimo investimento de capital, a organização dos recursos em mão-de-obra e o treino para ser obtida uma transformação rápida de uma indústria baseada em mineração para uma indústria produtora requer uma estreita cooperação, digamos mesmo associação, com o respectivo país em processo de desenvolvimento da indústria.

Desenvolvimentos desta natureza teriam um efeito salutar na configuração do comércio de produtos de aço. Aços semi-acabados, blocos, tarugos e pranchas grossas seriam postos no mercado em uma base de contratos a longo prazo que influenciariam o desenvolvimento das indústrias siderúrgicas nos países menores. Evoluções de fundição de sucata para manufatura de ferro e aço em pequenas acerarias integradas, que podem ser postas em dúvida em termos econômicos, podem ser resolvidas por compra de semis a acerarias instaladas junto a minas, permitindo uma melhor utilização dos fundos existentes dentro dos países em desenvolvimento que não possuem quantidades bastantes de minério de ferro.

SECÇÃO C

**INDICAÇÃO E ANÁLISE DAS IMPLICAÇÕES DAS
TENDÊNCIAS TECNOLÓGICAS, FINANCEIRAS
E ECONÔMICAS NA INDÚSTRIA SIDERÚRGICA
MUNDIAL PARA A PLANIFICAÇÃO A LONGO PRAZO DA INDÚSTRIA
SIDERÚRGICA BRASILEIRA**

CAPÍTULO 33 - EXPANSÃO DA INDÚSTRIA

Os Termos de Referência começam com uma declaração breve daquilo que irá ser exigido à indústria siderúrgica brasileira pela economia do país durante o decênio de 1970. A declaração continua - "para satisfazer esta demanda econômica mais volumosa será necessário uma expansão da indústria siderúrgica brasileira, expansão que terá de ir para além dos planos já presentemente entre mãos... Conseqüentemente, os planos para a expansão da capacidade da indústria siderúrgica podem bem requerer o aumento de entre 10 a 15 milhões de toneladas anuais de capacidade nova até o ano de 1980, a fim de que exista uma capacidade global à volta de 20 milhões de toneladas por ano ao ser atingido o ano de 1980." Eminente se torna que esta expansão em capacidade produtora não será concentrada numa única unidade de enormes dimensões produtivas nem será dedicada à fabricação de um único produto. Conseqüentemente, a fim de avaliar minuciosamente as implicações nas tendências mostradas na tecnologia mundial para a planificação e uma expansão de tão grande magnitude, a declaração feita nos Termos de Referência de maneira generalizada tem de ser analisada em maiores detalhes. É necessário prever a demanda futura para os diferentes produtos, ou grupos de produtos, que a indústria brasileira terá de oferecer ao mercado e de calcular qual capacidade da indústria se encontrará em operação em 1980, tanto do ponto de vista das acerarias atualmente existentes como do ponto de vista da implementação dos planos presentemente entre mãos.

Este capítulo discute as informações existentes que levam a ajuizar a possível capacidade futura e a capacidade atual que se prevê da implementação dos correntes planos de expansão. Os capítulos que se seguem 34 e 35, comparam as duas informações a fim de que se possa calcular qual a maior expansão necessária na capacidade de produção em cada processo a fim de se poder satisfazer as demandas previstas em aço para 1980.

33.1 Capacidade total necessária ao ser atingido o ano de 1980

As necessidades futuras em matéria de capacidade foram calculadas à luz da demanda prevista do mercado nacional em produtos de aço parte de um estudo feito às exigências nacionais até ao ano de 1980, estudo que foi levado a cabo no Brasil pela Technometal - Estudos e Projetos Industriais S.A. em 1969. O relatório deste estudo foi posto à nossa disposição pela CONSIDER, que também nos facultou cifras sobre as margens para as duas variantes de maior importância - exportações e flutuações nas condições do mercado - necessárias para que nós pudéssemos calcular qual a capacidade requerida para satisfazer a demanda de aço num futuro próximo.

As previsões da demanda do mercado feitas pela Technometal se assentaram numa base de estruturação de tendências passadas, uma base que pode ser afetada por modificações subseqüentes na tecnologia mundial que não podiam ser previstas à data em que o estudo se realizou. Conseqüentemente nós passamos em revistas estas previsões à luz das tendências tecnológicas de importância, discutidas nos Capítulos 7 a 32. De uma maneira geral não encontramos causas que nos levassem a sugerir modificações nas previsões mas consideramos que seria ajuizado monitorar os desenvolvimentos em um ou dois setores do mercado, a intervalos regulares, e a levar a cabo mais investigações e mais pesquisas em outros setores.

Demanda do mercado nacional

As previsões da demanda em 1980 para produtos planos se mostram no Quadro 33.1 e para os produtos não-planos no Quadro 33.2. Para se fazer uma comparação se mostra também o consumo, de fato, no ano de 1969. Os grupos de produtos correspondem àqueles que se encontram no relatório da Technometal. Um desdobramento regional de demanda para os anos de 1969 e para o ano de 1980 se mostra no Quadro 33.3 para estes dois grupos principais de produtos, com exceção dos produtos para estradas de ferro, cujas cifras só existem numa base nacional.

Potencial do Brasil em exportações

A CONSIDER estabeleceu uma margem fixa para exportações de todos os produtos, margem que foi calculada em 12 1/2 por cento da demanda prevista pelo mercado nacional. Em 1980 esta cifra representa 1,4 milhões de toneladas de produtos, contra o total de 1969 que se afirma ter sido de 326.000 toneladas de produtos de aço de quase todas as classificações mas, na sua maior parte, em aços comuns. Em comparação, nós notamos no Capítulo 31, Artigo 31.2, que a tonelage de produtos exportados representa 17 por cento do consumo atual total de todo o mundo. Se a proporção se mantiver constante, neste caso, as exportações em termos mundiais subirão para mais de 150 milhões de toneladas por ano em 1980.

É importante distinguir entre uma troca de produtos e exportações reais. Comércio comunal, como resultante de racionalização de produção está hoje sendo mais e mais adotado no comércio mundial, especialmente em áreas de comércio específico como é, por exemplo, a Comunidade Econômica Européia (EEC). Se pode esperar uma tendência semelhante da LAFTA, e portanto, porque é o maior produtor dentro desse grupo, o Brasil se encontra numa posição poderosa para desempenhar um papel de grande relevo como um dos principais participantes nesta forma de comércio.

No Capítulo 31 Artigo 31.5, chamamos a atenção para o interesse corrente em exportações em vasta escala de produtos semi-acabados. Esta atividade é, sem dúvida, de interesse para o Brasil como um meio de adicionar maior valor às potenciais exportações de minério. No momento presente se não torna possível prever as tonelagens de tais produtos que possam ser exportadas até 1980, mas, mesmo que tal previsão fosse possível, esses projetos teriam que ser abordados separadamente do desenvolvimento geral da indústria siderúrgica porque possui características especiais de financiamento e de condições de mercado. Conseqüentemente não se toman em consideração estas exportações dentro das nossas previsões.

QUADRO 33.1 - DEMANDA DE LAMINADOS PLANOS
(Milhares de toneladas)

Produto	1969	1980
Produtos revestidos -		
Folha de Flandres	272	840
Chapas Galvanizadas	48	240
Chapas Chumbadas	2	8
	<hr/>	<hr/>
	332	1088
Produtos laminados a frio	512	1470
Produtos laminados a quente	524	1600
Chapas	358	1430
Pranchas	6	20
	<hr/>	<hr/>
Sub-total (aços comuns)	1722	5608
Produtos de aços especiais		
Chapas em aço inoxidável	13	42
Chapas siliciosas	30	80
Outras	19	60
	<hr/>	<hr/>
	62	182
TOTAL	1784	5790

Baseado no Relatório da Technometal

QUADRO 33.2 - DEMANDA DE LAMINADOS NÃO-PLANOS
(milhares de toneladas)

Produto	1969	1980
Fio Máquina	394	1260
Barras Comerciais -		
Vergalhões	582	1860
Barras de aço comum	110	310
	692	2170
Secções leves	136	370
Secção médias e pesadas	161	420
Trilhos e acessórios	93	170
		254
Tubos sem costura	119	410
Semis		
Blocos	2	7
Tarugos	6	6
Lingotes	31	87
	39	100
sub-total (aços comuns)	1634	4900
Barras de aço não-comuns	259	730
Produtos em aço especial -		
Barra para aço de ferramental	6	-
Barras inoxidáveis	2	-
Barras de liga alta	1	-
	9	30
TOTAL	1902	5660

Baseado no Relatório da Technometal

QUADRO 33.3 - PERSPECTIVA REGIONAL DA DEMANDA DE PRODUTOS DE
AO
 (mil toneladas)

REGIÃO	Laminados planos		Laminados não - planos	
	1969	1980	1969	1980
1. Norte	6	21	15	49
2. Norte-Nordeste	26	73	22	66
3. Nordeste	41	131	58	181
4. Este	16	79	40	144
5. Minas	75	265	335	1022
6. Central	6	9	25	75
7. Rio de Janeiro	300	1212	295	957
8. São Paulo	1184	3598	832	2433
9. Paraná	21	57	41	124
10. Santa Catarina	17	46	16	48
11. Rio Grande do Sul	92	299	130	391
Demanda dos Serviços Ferroviários Nacionais	-	-	93	170
TOTAL	1784	5790	1902	5660

Baseado no Relatório da Technometal

Consideramos a margem escolhida pela CONSIDER como sendo o compromisso entre o montante que possa ser dispensado para a exportação e a totalidade de oportunidades a que se possa deitar mão.

Desenvolvimento em substituição do produto

A Technometal faz as suas previsões baseadas no desenvolvimento das indústrias que produzem o produto final, assumindo a continuação da tecnologia presente. Nos Capítulos 28 e 29 passamos em revista a influência das tendências em tecnologia sobre os produtos de aço. Resumindo, nós verificamos no desenvolvimento do produto uma tendência para a produção de aço com especificações especializadas para determinados trabalhos como, por exemplo, serviços para alta e baixa temperatura, corrosão ou resistência abrasiva, e aços com características especialmente adequadas para determinados processos de fabricação como por exemplo maquinação, configuração à frio, estiramento profundo, soldadura e tratamento térmico. No quanto respeita a substituição do produto, os mercados do Brasil em que é natural que se dêem alterações devem ser em embalagem e em produtos tubulares.

A tendência para especificações mais definidas das características do produto não é natural que afete significativamente a demanda total de aços mas é bem possível que altere a demanda relativa para diferente grupo de produtos. Este fato deve afetar principalmente o mercado de barras, em que a tonelagem de barras classificadas como não-comuns pode aumentar à custa da demanda de barras comuns. Em produtos planos é natural que sejam sujeitos a maiores procedimentos de inspeção do gênero que já é hoje em dia comum em chapas para construção naval.

Os dois produtos mais suscetíveis de serem influenciados pela substituição de produtos são a folha de flandres e os tubos sem costura. Embalagem a vácuo com produtos plásticos para algumas mercadorias constitui uma alternativa para enlatamento e o aço sem estanho constitui uma alternativa para a folha de flandres em vários mercados mundiais. Será importante determinar como se desenvolverão estas alternativas no Brasil. Aperfeiçoamentos e desenvolvimentos em tubos soldados já afetaram a procura de tubos sem costura e esta tendência é natural que continui. Há também necessidade de identificar em pormenor as diferentes categorias de tubos soldados a fim de se tornar possível seleccionar o seu processo. Recomendamos que se faça um estudo do mercado nestas duas áreas a fim de se clarificar a situação.

Flutuações do mercado

A curto prazo a demanda de aço flutua até 20 por cento, por vezes, da procura normal. O volume e a frequência imprevisíveis das flutuações constitui uma preocupação dos fabricantes de aço.

Desde há muitos anos que uma margem de 15 por cento em capacidade tem sido a considerada como desejável para poder satisfazer incrementos súbitos na procura. A CONSIDER propõe uma margem de 12 1/2 por cento para a demanda do mercado nacional margem que é, na realidade, 10 por cento da capacidade proposta.

É provável que as tendências tecnológicas no manuseamento de elementos

mais do que a produção de aço sejam aqueles elementos que virão a afetar este fenômeno. Os fatores que produzem flutuações no mercado são numerosos e nem todos têm sido identificados mas com a melhor troca de informações que existe hoje em dia e com a coordenação mais estreita das indústrias através de organismos nacionais e supra-nacionais, consideramos que a margem mais baixa adotada pela CONSIDER é bem justificada.

Demanda para a capacidade de produção

A capacidade de produção requerida por alturas de 1980 será constituída pela soma da demanda do mercado nacional com o potencial de exportação e a margem contingente para as flutuações do mercado. O total está baseado na previsão da Technometal para a demanda pelo mercado interno acrescida de 12 1/2 por cento para exportação e 12 1/2 por cento para as flutuações do mercado. Foi assumido que os aumentos serão distribuídos por igual sobre todos os produtos manufaturados. As necessidades totais para cada um dos grupos de produtos considerados se encontram resumidas no Quadro 33.4.

QUADRO 33.4 - NECESSIDADES EM CAPACIDADE POR PRODUTO EM 1980

(milhares de toneladas)

Setor de produtos planos		Setor de produtos não planos	
Produto	Capacidade	Produto	Capacidade
Fôlha de Flandres	1050	Vara de Arame	1580
Chapa galvanizada	300	Barras comerciais	2710
Chapa chumbada	10	Secções leves	460
Produtos laminados à frio	1840	Secções médias e pesadas	530
Produtos laminados à quente	2000	Trilhos e acessórios	210
		Tubos sem costura	510
Chapa	1780	Semis	125
Pranchas	25		
sub total	7005	sub total	6125
Produtos em aço especial	230	Barras em aço não comum	915
		Produtos especiais em aço	35
TOTAL	7235	TOTAL	7075

33.2 Capacidade calculada para 1980 da indústria existente

A capacidade de produção da indústria atual se encontra estabelecida e descrita no Capítulo I. A indústria presente foi definida pela CONSIDER como constituída por aquelas instalações que já se encontram em funcionamento acrescidas de extensões e de instalações novas que foram autorizadas pela CONSIDER até setembro de 1971. Ao ser chegado o ano de 1980 todas estas instalações novas já terão alguns anos de trabalho contínuo mas, em contrapartida, algumas instalações existentes terão sido encerradas devido à sua obsolescência ou devido à sua longa idade. Conseqüentemente a contribuição da indústria siderúrgica atual para as necessidades em capacidade total previstas para o ano de 1980 dependerá do número de instalações que tenham sido encerradas e dos níveis de produção obtidos pelas instalações que se encontram a trabalhar.

Baseamos os nossos cálculos de capacidade na expectativa que a indústria responderá aos melhoramentos a curto prazo que recomendamos nos Capítulos de 3 a 6. Tomamos também em consideração a redução em produção suscetível de ter lugar em virtude do encerramento de instalações. Relacionamos a capacidade tanto quanto foi possível com a classificação do produto tal como apresentado no estudo dos mercados mas estamos bem à par de que a informação posta à nossa disposição não inclui uma alocação precisa de capacidade. As cifras precedentes foram usadas para fazer o cálculo de capacidade adicional a planificar para o resto da presente década.

Níveis de produção em 1980

Se espera, naturalmente, que os níveis de produção dentro da indústria siderúrgica mundial continuem a subir e no Apêndice I damos um resumo dos níveis previstos que se podem esperar, em termos gerais da parte dos principais países produtores de aço ao ser atingido o ano de 1980. Esta avaliação da indústria siderúrgica brasileira é baseada nesses níveis tomando em devida consideração o volume e a idade das instalações existentes.

A implementação das medidas à curto prazo para a subida dos níveis de produção, é discutida nos Capítulos de 3 a 6, aliada aos programas de modernização que sem dúvida vão ser levados a cabo durante os anos mais próximos e que devem facultar à indústria um alto nível de produção. Todos estes elementos foram por nós tomados em consideração.

Ao fazermos o nosso ajuizamento tomamos em consideração os diferentes níveis de produção para as instalações existentes e os níveis de produção esperados das instalações novas. No caso das facilidades existentes para a fabricação de ferro, incluindo as instalações para coqueificação e para concrecionamento, assumimos níveis de produção de entre 80 a 90 por cento daqueles previstos para novas instalações em 1980. As existentes acerarias do tipo BOF e as instalações de fundição de laminagem de produtos planos se assume que tenham práticas operatórias comparáveis com as instalações novas em construção mas as facilidades para a produção de aço e para laminagem no setor não-plano se julga que fiquem a níveis de 80 por cento em relação às facilidades novas.

As novas acerarias em construção e a serem construídas, equipadas com a maquinaria moderna, se assume que sejam absolutamente comparáveis e capazes de produzir os níveis mundiais que se expressam no Apêndice I.

(Milhões de toneladas)

Acerarias	Produto	Capacidade prevista			Observações
		Existente	Autorizada	Total	
<u>Fornos de coque</u>					
CSN	Coque	0,78	0,50	1,28	
Usiminas	(todos os tipos)	0,57	0,52	1,09	
Cosipa		<u>0,59</u>	<u>0,56</u>	<u>1,15</u>	
		1,94	1,58	3,52	
<u>Usinas de concretão</u>					
CSN	Concretão a	2,57	1,75	4,32	
Usiminas	alto-forno	1,30	2,50	3,80	
Cosipa		<u>2,25</u>	-	<u>2,25</u>	
		6,12	4,25	10,37	
<u>Alto forno</u>					
CSN	Metal quente	2,00	2,80	4,80	
Usiminas		1,23	2,50	3,73	
Cosipa		<u>1,10</u>	<u>2,50</u>	<u>3,60</u>	
		4,33	7,80	12,13	
<u>Usinas BOF.</u>					
CSN	Aço líquido	- ¹	2,70	2,70	1. Usina existente encerrada
Usiminas		1,02	3,10	4,12	
Cosipa		<u>1,45</u>	<u>1,31</u>	<u>2,76</u>	
		2,47	7,11	9,58	
<u>Facilidades para placas</u>					
CSN	Placas	1,03 ²	0,95 ³	1,98	2. Forjadura de lingotes e laminação primária 3. Forjadura contínua
Usiminas		1,62 ²	0,60 ³	2,22	
Cosipa		<u>2,45</u> ²	-	<u>2,45</u>	
		5,60	1,55	6,65	
<u>Acerarias de pranchas</u>					
CSN	Pranchas	-	-	-	
Usiminas		0,25	0,85	1,10	
Cosipa		-	<u>0,85</u>	<u>0,85</u>	
		0,25	1,70	1,95	
<u>Acerarias de tiras a quente</u>					
CSN	Bobinas e chapas a quente	1,60	-	1,60	
Usiminas		1,80	-	1,80	
Cosipa		<u>1,50</u>	-	<u>1,50</u>	
		4,90	-	4,90	
<u>Acerarias de tiras a frio</u>					
CSN	Bobinas e chapas a frio	1,10	-	1,10	4. A aceraria existente passará a ser para tempera
Usiminas		-	0,60	0,60	
Cosipa		<u>0,83</u>	-	<u>0,83</u>	

Capacidade de produção para o setor de produtos planos

O setor de produtos planos é constituído por três acerarias - CSN, Usiminas e Cosipa. A produção está racionalizada até ao ponto da CSN se especializar em produtos revestidos enquanto as outras duas acerarias são produtoras de chapa. Todas as três produzem produtos em tiras laminadas à quente e à frio. Devido a natureza integrada em matéria de operação em acerarias de produtos planos, a capacidade das instalações em cada um dos centros mais importantes deste processo se mostram no Quadro 33.5 individualmente no quanto respeita a cada uma das instalações. No quadro, a palavra 'existente' diz respeito a uma aceraria já instalada e a palavra 'autorizada' se refere à capacidade planificada e aprovada pela CONSIDER até setembro de 1971.

No nosso ajuizamento, consideramos que:

os altos fornos trabalharão com uma carga concrecionada com um fluxo de 100 por cento:

a fábrica de fundição pelo processo Siemens-Martin CSN tenha sido encerrada:

500.000 toneladas da capacidade do moíno primário e de forjamento da CSN tenham sido transferidas para a produção de blocos:

a CSN não faz a laminagem de pranchas.

As facilidades para a produção de produtos revestidos estão localizadas na CSN. Quando os presentes planos já autorizados forem implementados por completo a CSN poderá produzir 550,000 toneladas de folha de flandres, 200,000 toneladas de chapas galvanizadas, e 5.000 toneladas de chapa terne.

Capacidade de produção no setor não-plano

O setor de produtos não-planos, sendo, como é, fragmentado, não pode ser tratado por forma tão sistemática como sucede com o setor de produtos planos dentro da indústria. As capacidades mostradas neste relatório são agregados de várias instalações tanto existentes como planificadas e autorizadas.

A idade, a dimensão e o tipo de algumas instalações não as tornam suscetíveis ou aconselháveis para modernização. Conseqüentemente, neste setor há necessidade de tomar em consideração vários encerramentos que eliminarão aumentos em capacidade a serem obtidos por instalações mais suscetíveis de serem desenvolvidas. As instalações mais afetadas serão as Siemens-Martin e as acerarias por arco elétrico. A capacidade potencial das instalações para este setor se encontra ajuizada e resumida no Quadro 33.6 devidamente classificada segundo as várias áreas principais do processo.

Neste ajuizamento, assumimos que:

os altos fornos existentes neste setor operam todos com carvão vegetal;

as instalações de redução direta da USIBA e Piratini se encontrem em operação comercial total;

QUADRO 33.6 - CAPACIDADE PREVISTA EM 1980 (SETOR DE LAMINADOS
NÃO PLANOS)
(milhão de toneladas)

Aceraria	Produto	Capacidade Prevista
<u>Usinas para prod. de ferro</u>		
Altos-fornos a carvão vegetal	Metal quente	1.40
Fundições elétricas		0.25
Usina de redução direta	Ferro poroso	0.32
<u>Usinas para prod. de aço</u>		
Fornalhas Siemens-Martin	Aço líquido	0.31
BOF		0.82
Fornalhas de arco elétrico		2.55
		<u>3.68</u>
<u>Usinas de prod. de blocos e tarugos</u>		
Forjadura e laminação de lingotes	Blocos	0.50
	Tarugos	2.84
Forjadura contínua	Tarugos	0.43
		<u>3.77</u>
<u>Usinas de laminação</u>		
	Fio máquina	0.80
	Barras comerciais	1.65
	Perfilados leves	0.30
	Perfilados médios e trilhos etc.	0.73
	Tubos sem costura	0.15

que cerca de um milhão de toneladas de capacidade existente em fornos Siemens-Martin e de arco elétrico tenham deixado de trabalhar ao se atingir o ano de 1980;

se encontre ainda a trabalhar a instalação de perfis da CSN;

tenha sido encerrada uma capacidade nominal de acerarias.

Se deve, todavia, ter em mente que desenvolvimentos em processos, como por exemplo, o processo SIP (Capítulo 12, Artigo 12.4) poderá influenciar à altura em que se dê o encerramento de algumas das instalações Siemens-Martin.

Capacidade de produção de aços especiais

A capacidade de produção nesta secção é muito sensível à mistura de produtos e por isso o nosso ajuizamento não se encontra detalhado para além de uma indicação de capacidade aproximada de instalação e de fabricação de aço das duas classificações principais do produto. Este ajuizamento se encontra no Quadro 33.7.

QUADRO 33.7 - CAPACIDADE PREVISTA EM 1980 (AÇOS ESPECIAIS)
(milhões de toneladas)

Instalação	Produtos Planos	Produtos não-planos
Aceraria	0.04	0.61
Laminadoras	0.04	0.52

No setôr de não-planos classificamos a maior parte da capacidade fabricadora de aço como sendo capaz de produzir aços não-comuns, com apenas umas 11,000 toneladas de capacidade capazes de fabricação de aços especiais de altas ligas.

CAPÍTULO 34 - IMPLICAÇÕES PARA FORJAMENTO, LAMINAGEM E ACABAMENTO NO BRASIL

O rendimento em cada estágio na manufatura dos produtos acabados de aço é inferior à 100 por cento. Portanto, é conveniente considerar as implicações nas demandas de capacidade abordando e estudando primeiramente os processos acabados e a partir destes fazer um cálculo das demandas em capacidade de produção de ferro.

Neste capítulo, abordamos, um após outro, os três principais setores do produto - aços planos, aços não-planos e aços especiais. A falta de capacidade em 1980 é deduzida, para cada setor, estabelecendo as necessidades dos estágios principais de produção à base dos elementos que se descrevem no Capítulo 33 e à base dum processo de rendimento que constituem o assunto no Apêndice 1. De uma maneira geral, não se faz qualquer tentativa de desdobramento das faltas atacando a qualquer nível individual de aceraria, se bem que, no setor plano, onde as unidades individuais são muito grandes, se faça referência a determinadas acerarias para assegurar uma compreensão realística da situação.

Se apresentam as tendências tecnológicas de importância para a situação que se obtém em cada fase da produção e se discutem as implicações para a planificação da expansão necessária. Em termos gerais, as tendências mundiais em processos de forjamento, laminagem e de outras configurações e bem assim processos de acabamento tendem para o desenvolvimento de unidades produtoras não só maiores, mas também mais rápidas com uma inclinação no sentido da especialização tanto no tipo do produto como da dimensão em várias gamas para determinadas acerarias. Se está obtendo hoje em dia uma maior produção das acerarias e bem assim uma qualidade mais alta do produto com a aplicação cada vez mais difundida de processos de controle por computador.

34.1 Setor de produto plano

A demanda para a capacidade de produtos de aço com baixo teor de carbono na gama de produtos planos se mostra no Quadro 33.1 no Capítulo 33. No Quadro 34.1 estas demandas se mostram convertidas em demandas equivalentes de capacidade de dos centros de processamento principal, ao loco dos vários processos na aceraria, para se calcular a demanda em capacidade para placas. Para fins de comparação a capacidade existente disponível que se prevê em cada uma das três acerarias existentes se encontra representada no Quadro 33.5.

**QUADRO 34.1 - DEMANDA EM CAPACIDADE DE INSTALAÇÃO E DISPONIBILIDADE
EM 1960 PARA O SETOR DE PRODUTO PLANO**

(Milhares de toneladas)

Tipo de Instalação	Capacidade requerida para a produção de					Capacidade Total requerida	Capacidade Total existente	Capacidade disponível em			Tipo de Instalação
	1.050 Folha de Flandres	310 Chapas galvanizadas e Pranchas ternas	1.840 Outros produtos laminados a frio	2.000 Produtos laminados a quente	1.780 Placas			CSN	USIMINAS	COSIPA	
Fab. de tiras a frio	1.130	320	1.960	-	-	1.130 2.280	750 1.780	750	600	830	Fab. de tiras a frio
Fab. de tiras a quente	1.200	340	2.090	2.150	-	5.780	4.900	1.600	1.800	1.500	Fab. de tiras a quente
Fab. de pranchas	-	-	-	-	1.780	1.780	1.950	-	1.100	850	Fab. de pranchas
Laminagem de Placas e Forjamento	1.250	350	2.180	2.240	1.980	8.025 ⁽¹⁾	6.650	1.980 ⁽²⁾	2.220	2.450	Laminagem de Placas e Forjamento

Note: (1) incluindo 25.000 toneladas de placas para venda

(2) uma quantidade de outras 500.000 toneladas de capacidade foi provisoriamente alocada para produção de blocos (ver Quadro 34.2)

Folha de Flandres - revestimento e laminagem

A escassez em capacidade de folha de flandres ao se chegar ao ano de 1980 será de 500.000 toneladas, e para alimentação de folha de flandres para laminagem à frio essa escassez será de 400.000 toneladas.

A principal tendência tecnológica em folha de flandres tem sido a aceleração das linhas de processamento. As linhas modernas têm capacidades anuais que atingem as 250.000 toneladas. Não existem tendências significativas nas têmperas para laminagem mas existe sim um movimento para a adoção de têmpera contínua que produz melhores rendimentos.

Molinhos modernos para rolamentos de tiras à frio para a produção de folha de flandres são de tipo de moinho tandem de seis trens com controle de margens de rolamento por processo hidráulico e mudança automática do equipamento dos rolos. Os trens são controlados por computadores e têm uma capacidade anual que atinge as 700.000 toneladas. Com o crescimento contínuo da demanda de folha de flandres nos decênios de 1970 e 1980 uma instalação completamente dedicada à fabricação de folha de flandres com uma capacidade que se equipare à instalação para laminagem à frio é possivelmente a melhor opção econômica para o Brasil. Laminagem contínua está presentemente já muito bem desenvolvida e se pode aplicar a uma tal instalação.

Como se pôs em destaque no Capítulo 33, aço sem estanho pode vir a ser um produto importante para o Brasil e pode ser necessário planificar a instalação de unidades TFS da linha de estanhamento à uma data posterior. Uma mudança para TFS não teria qualquer efeito sobre a capacidade de laminagem à frio.

Outros produtos revestidos

Não existem quaisquer desenvolvimentos dignos de nota da produção de chapas galvanizadas e de chapas terne. É antecipado que a falta de capacidade no montante de 310.000 toneladas de chapa galvanizada seja resolvida pela instalação de duas linhas standard com capacidades à volta de 150.000 toneladas cada uma.

Produtos laminados à frio

Além da necessidade de um moinho para tiras laminadas à frio, como acima fazemos referência, existe também uma escassez de cerca 300.000 toneladas em produção de chapas laminadas à frio, algumas das quais terão de ser revestidas.

Esta demanda é provavelmente melhor resolvida com a instalação de um moinho tandem com quatro ou cinco trens. Este moinho deveria incorporar os últimos avanços em automatização que existam no mercado e também controle automático da bitola e equipamento integralizado para a mudança dos rolos. A largura, e conseqüentemente, a produção do moinho dependerá das exigências dos fabricantes de carrocerias de veículos automotrizes. O moinho com uma largura de 2 metros teria uma capacidade à volta de 1,2 milhões de toneladas. Uma capacidade tão elevada com esta pode necessitar certa correção do desiquilíbrio por intercâmbio de produtos entre as três acerarias no setor do produto plano.

Tiras laminadas à quente

Como se pode verificar pelo Quadro 34.1 a demanda para tiras laminadas à quente, quer estas sejam vendidas como produtos acabados à quente ou como chapas, ou fornecidas como carga alimentadora para laminagem à frio tanto na forma de chapas como na forma de folhas de flandres, levará a uma escassez em capacidade de aproximadamente 900.000 toneladas ao se chegar ao ano de 1980.

A tendência nos dias presentes é para a instalação de moinhos de tiras laminadas à quente de operação contínua com capacidades de entre 3 a 5 milhões de toneladas. Um moinho com esta capacidade não se poderia justificar no Brasil à base da escassez que existirá em 1980, mas com o rápido crescimento da procura de tiras laminadas à quente não é difícil prever que uma capacidade tão vasta como esta seja justificada nos meados do decênio de 1980. A capacidade, de fato, dependerá primordialmente da largura e da mistura do produto.

A instalação deverá incorporar as características que se discutem no Capítulo 17, Artigo 17.2, e a sua configuração deve ser assunto para discussão com as Companhias de engenharia que sejam encarregadas da construção à data em que for efetuada a aquisição. A determinação da dimensão ótima da configuração ideal terá de ser assunto de um estudo muito metuculoso da engenharia.

Pranchas

Até ao ano de 1980, não se anticipa qualquer escassez na capacidade de produção de pranchas e o problema de instalar mais fábricas de pranchas não surge por agora.

Placas

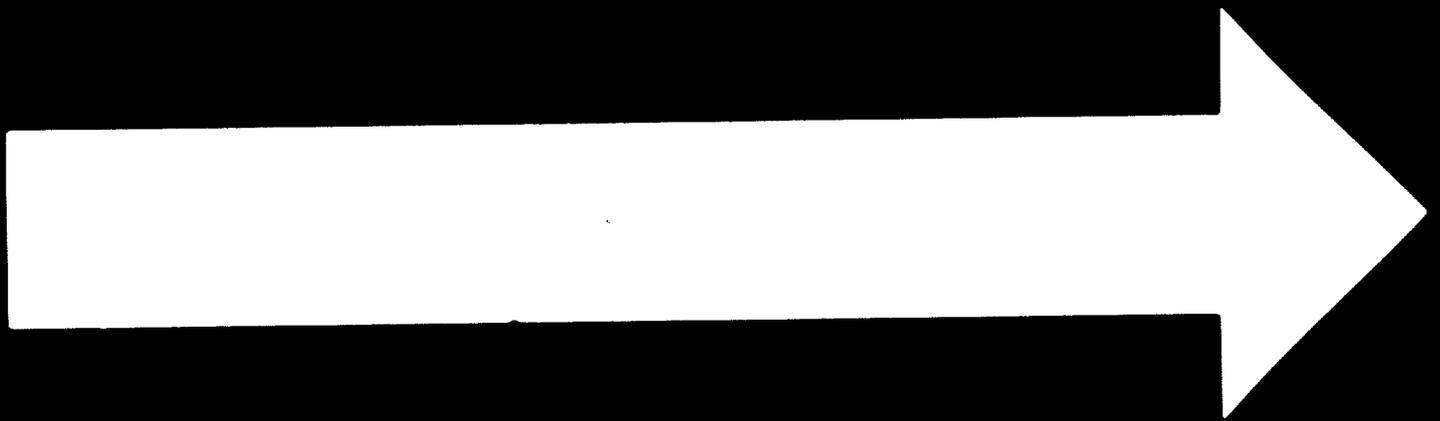
A escassez na capacidade de placas, por alturas do ano de 1980 será à volta de 1.4 milhões de toneladas como se mostra indicado no Quadro 34.1.

Como se menciona no Capítulo 15, os principais fabricantes da indústria siderúrgica continuam a discordar entre si sobre as vantagens do forjamento contínuo para a produção de placas para tiras laminadas à quente. As demandas dos operadores destas instalações no quanto respeita à uma vasta gama de larguras de placas e a demanda contínua para aços sem silício é natural que levem a adiar a aceitação sem reservas de forjamento contínuo durante um bom número de anos mais próximos. Em contra partida forjamento contínuo é ideal para a produção de placas em casos em que se necessita de uma gama limitada de perfis de placas e haja que forjar aço completamente mortos.

O setor de produto plano já possui facilidades para misturar uma gama ampla de placas tanto forjamento de lingotes de laminagem primária como forjamento contínuo. É possível que o possível aumento em capacidade que é requerido possa ser satisfeito por um acréscimo na capacidade de forjamento contínuo. Todavia as necessidades em cada aceraria terão que ser estudadas metuculosamente para assegurar que seja produzida a gama necessária em dimensão de placas.

34.2 Setor do produto não-plano

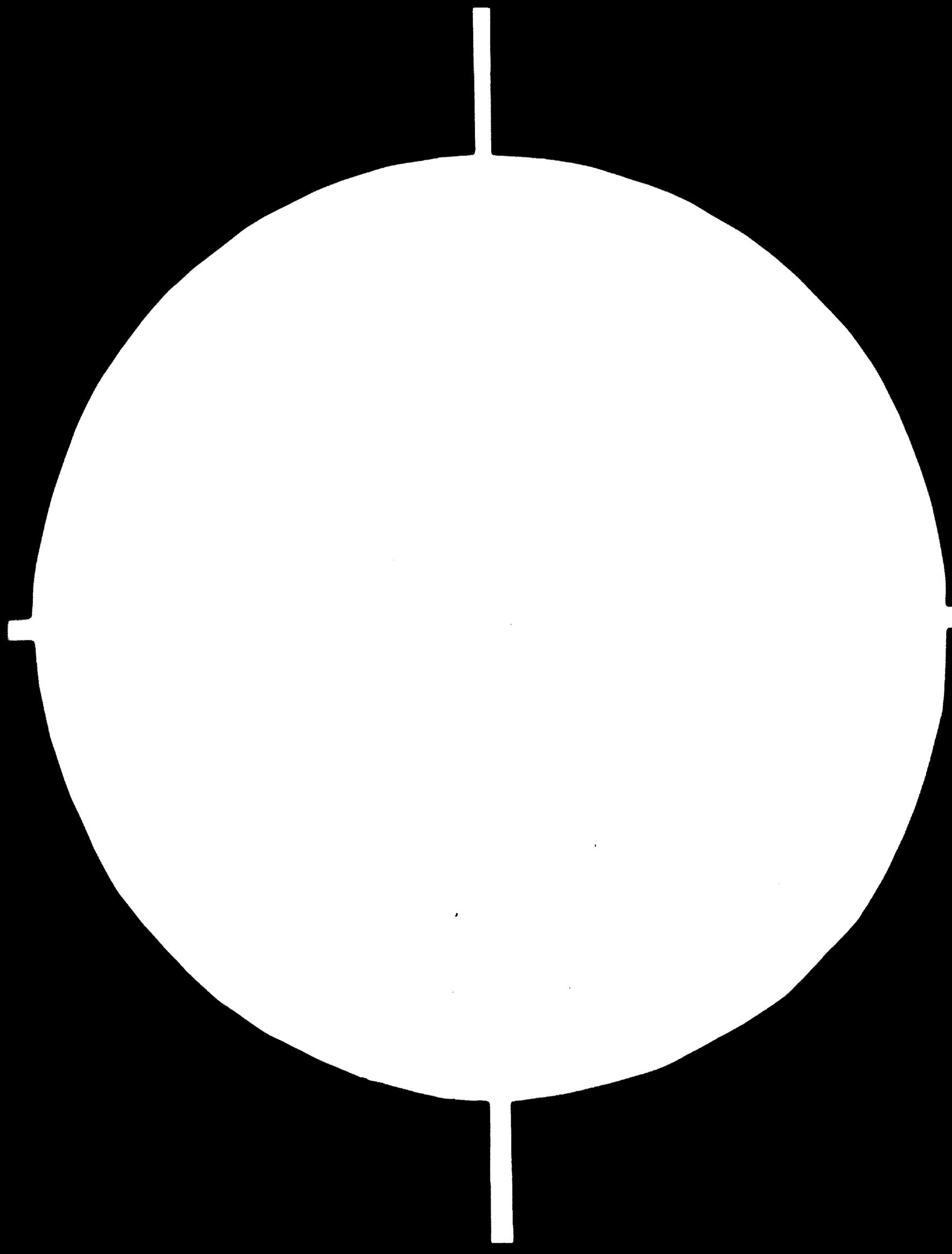
C-583



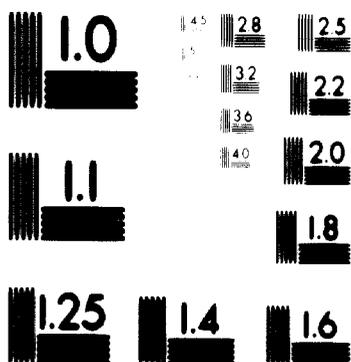
84.12.13

AD.86.07

ILL5.5+10



6 OF 7



MICROCOPY RESOLUTION TEST CHART
NATIONAL BUREAU OF STANDARDS
STANDARD REFERENCE MATERIAL 1010a
(ANSI and ISO TEST CHART No. 2)

24 x F

QUADRO 34.2 - DEMANDA EM CAPACIDADE DE INSTALAÇÃO E DISPONIBILIDADE EM 1980 PARA O SETOR DE PRODUTO NÃO-PLANO

(em milhares de toneladas)

Capacidade requerida		Capacidade disponível				
		Tonelagem	Tonelagem	Tipo de Instalação		
Produto	Tipo	Carga semi-acabada		Tonelagem		
		Tonelagem	Tipo			
Fio máquina		1.580	Tarugos	1.740	800	Fab. de fio máquina
Barras comerciais		2.710	Tarugos	2.850	1.600	Fab. de barras
Perfilados leves		460	Tarugos	510	300	Fab. mercantil
Perfilados médios e pesados		530	Blocos	590)))	725	Fab. de perfilados médios e pesados
Trilhos e acessórios		210	Blocos	230)		
Tubos sem costura		510	Blocos e Tarugos	590	150	Fábrica de tubos
Semis para venda		125	Blocos e Tarugos	125		Ver abaixo
Total de semis				6.635	3.800 ⁽¹⁾	Fab. de semis ⁽²⁾

Nota:

- (1) Incluindo 500.000 toneladas de capacidade para blocos na CSN
 (2) Fab. de semis compreende forjamento de lingotes, trens primários, forjamento de tarugos e forjamento contínuo.

As demandas de capacidade para aços com baixo teor de carbono no setor de produtos não-planos se encontra exemplificada no Quadro 33.2 no Capítulo 33. No Quadro 34.2 estas demandas se encontram relacionadas com o tipo apropriado de moíno e também convertidas para as demandas equivalentes em capacidade de produção de blocos e de tarugos. Para fins de comparação da capacidade potencial existente nas acerarias atuais se fez a transcrição no Capítulo 33, no Quadro 33.6.

Os produtos considerados são aqueles abrangidos pelo Relatório da Technometal: fio máquina, barras mercantis, perfis ligeiros e tarugos; perfis médios e pesados, trilhos e acessórios e blocos; bem assim tubos sem costura.

Fio máquina

Em 1980 a escassez em capacidade em fio máquina será aproximadamente de 800.000 toneladas.

A tendência tecnológica principal e mais importante tem sido no sentido de maior possibilidade por meio de uso de blocos de acabamento sem torcimento bem assim com arrefecimento controlado. Este avanço tem sido acompanhado por uma tendência no sentido de usar tarugos de maiores dimensões para misturar não só a produção como o rendimento.

O moíno moderno de fio máquina para alta capacidade deverá incorporar todas estas características e a sua configuração precisa deve ser matéria para discussão com as companhias de engenharia que fabriquem o moíno de laminagem e data em for decidida a compra. A escassez em 1980 é natural que justifique a instalação de pelo menos um moíno especializado de grande capacidade para a produção de fio máquina dedicado à produção em bruto de uma gama limitada de produtos. Se existe ou não justificação para a construção de um segundo moíno especializado nessa altura isso dependerá do grau de racionalização que possa ser alcançado em toda a indústria.

Barras mercantis

Pelo Quadro 34.2 se verá que existirá uma escassez aproximada de 1.000.000 toneladas ao se atingir o ano de 1980.

Muitos dos des envolvimentos recentes em moínhos de produtos mercantis têm sido dirigidos no sentido de melhorar a qualidade do produto e bem assim de aumentar a sua produção global. Existem hoje capacidades até as 500.000 toneladas anuais.

Tal como sucedem com os moínhos de fio máquina, se deve fazer uso de todas as vantagens oferecidas pela alta capacidade dos moínhos de barra operando com uma mistura limitada de produto. Mais uma vez aqui também será o grau de racionalização aquilo que governará a extensão em que está política terá de ser seguida. A localização dos mercados compradores em relação à posição em que a fábrica se encontra também terá uma influência na dimensão mais econômica da instalação a construir.

Perfis ligeiros

O Quadro 34.2 mostra a escassez de capacidade em perfilados ligeiros que será de 160.000 toneladas ao se atingir o ano de 1980. Esta escassez de per si, não justificará a construção de um moíno especializado mas é provável que exista capacidade suficiente nos moínhos de produtos mercantis existentes para laminar esta quantidade relativamente pequena.

A necessidade de tomar em consideração perfilados leves, desta forma, destaca um valor de uma estudo pormenorizado e de uma compreensão perfeita das necessidades em vergalhões, barras e perfilados leves a fim de satisfazer o mercado antes de se chegar à qualquer decisão sobre a instalação de fábricas novas.

Perfilados médios e pesados

O relatório da Technometal não nos permite ajuizar adequadamente a demanda em capacidade para perfilados médios e pesados no ano de 1980. As cifras do Quadro 34.2 sugerem que não existirá escassez mas tal fato é enganador, porque nenhuma da capacidade instalada é capaz de produzir perfilados universais pesados ou paralelos e flangeados.

A demanda para perfilados pesados dependerá, na sua maior parte, das tendências que sejam seguidas pela construção em engenharia civil e estrutural, e as cifras previsíveis da demanda terão que ser calculadas à luz das tendências da engenharia de construção. É possível também que a indústria de construção naval venha a constituir a esta data um mercado importante.

Uma vez tenha sido estabelecida a existência de demanda esta pode ser satisfeita pela instalação de um moíno de vigas universais, cuja dimensão dependerá da mistura de produto. Os moínhos modernos deste tipo têm capacidades anuais de 500.000 toneladas, e os últimos desenhos já oferecem produções de 750.000 toneladas. Tonelagens desta natureza são muito baixas quando comparadas com as necessidades previstas para 1980, e conseqüentemente, a planificação de uma fábrica desta natureza teria que tomar em consideração o crescimento na demanda durante o decênio subsequente. Como se nota no Capítulo 18, a tendência corrente é para limitar a dimensão da liga produzida a um máximo de 500 a 600 milímetros sendo os perfilados maiores produzidos na forma de vigas em três retalhos.

Trilhos e acessórios

Não existe escassez aparente na capacidade de produção para trilhos e acessórios até ao ano de 1980. Se a demanda aumentar ou se existir necessidade de demanda de trilhos de perfilados diferentes se poderá provavelmente obter a produção adicional em uma das fábricas de perfilagem universais que se prevê sejam construídas.

Tubos sem costura

Ao ser consultado o Quadro 34.2 se verifica que existirá uma considerável escassez em produção de tubos sem costura. Esta escassez tem, todavia, de ser qualificada pelo fato de não se conhecer o fator da produção de tubos soldados. Uma das tendências mais importantes na produção de tubos é a aceitação cada vez maior, hoje em dia, de tubos soldados para aplicações que previamente eram satisfeitas por tubos sem costura. Conseqüentemente, é da maior importância como já

se frisou no Artigo 33.1, que é necessário estabelecer a dimensão do produto à sua qualidade e o uso que vai ser feito dos tubos antes de se tomarem encargos de construção de fábricas para tubos sem costura.

No processo de produção de tubos sem costura a tendência é para instalar fábricas com especificações de engenharia cada vez mais sofisticadas, permitindo produções muito maiores e tolerâncias muito mais perfeitas do produto. A escolha de um determinado tipo de fábrica para tubos sem costura dependerá, em grande parte, dos tipos de produtos a ser manufaturado mais do que a quantidade a ser fabricada e todo o assunto deve ser discutido com fornecedores especializados deste tipo de maquinaria à data que for decidida a sua aquisição.

Voltamos a reafirmar que se deve dar grande consideração à produção de tubagens contínuas e soldadas à face para o mercado de menor demanda de tubagens comerciais e a produção de grandes canos pelo processo U e O e bem assim para além destas medidas por soldagem em espiral.

Blocos e Tarugos

Como se mostra no Quadro 34.2 existe uma escassez total em blocos na capacidade de produção de blocos e de tarugos de uns 2,8 milhões de toneladas ao se chegar ao ano de 1980, se for desejado satisfazer toda a demanda em aço comum para produtos não planos. Deste total se calcula que 2,3 milhões de toneladas sejam em tarugos e as restantes 0,5 milhões de toneladas se refiram a blocos.

O desenvolvimento do forjamento contínuo levou a uma reconsideração de grande importância da produção de blocos e tarugos principalmente dos últimos. O melhor rendimento produzido comparado com o forjamento de lingotes e laminados de laminagem primária e, para as produções de pouca importância, os mais baixos custos em investimento de capital, levaram muitos produtores de aço a escolher ou a optar para o forjamento contínuo. O processo sofre, todavia, da sua inflexibilidade devido ao tempo necessário para mudar os moldes e as guias dos rolos para a produção de perfilados diferentes. É possível que este restringimento não seja de grande importância para o fundidor de blocos ou para o fundidor de tarugos de uma mini-aceraria porque a gama de produtos que oferece é limitada. Todavia para a maioria das acerarias de tarugos há necessidade de uma vasta gama de perfilados de tarugos; isto é ainda de maior proeminência se o produtor de tarugos fornece também produtos re-laminados. Para manter a flexibilidade, se aproveitando ao mesmo tempo as vantagens oferecidas em rendimento pelo forjamento contínuo, várias acerarias foram redesenhadas para produzir continuamente blocos forjados que são depois laminados para tarugos. Este sistema é a única alternativa prática para forjamento de lingotes e laminagem primária para níveis de produção que excedam um milhão de toneladas por ano, porque o número de ramais numa máquina de forjamento de tarugos seria necessariamente excessivo para poder manipular a produção.

A maioria das fábricas de produtos não-planos no Brasil estão presentemente produzindo menos de 100.000 toneladas por ano. Mesmo com expansões triplicadas ou quadruplicadas não vão contribuir extensamente para as necessidades totais em capacidade futura. A existência de um produtor de tarugos em grande escala teria a vantagem de satisfazer todas as necessidades em um único estágio em vez de dividir estas necessidades em muitos estágios permitindo às diretorias das acerarias hoje existen-

tes a se concentrarem na expansão da capacidade de produtos acabados. Uma fábrica com uma capacidade de forjamento contínuo de cerca de três milhões de toneladas de blocos poderia fornecer, através de uma fábrica de tarugos, o setor de produtos não-planos e poderia também ser o local para a instalação de maquinaria para uso de blocos como por exemplo equipamento para vigas universais ou para a construção de tubos sem costura.

34.3 Setor de produtos de aços especiais

Sob o título acima se categorizaram os seguintes grupos de produtos planos e não-planos:

Produtos Planos

Aço inoxidável
Aço silfício
Chapas de aço especial

Produtos Não-planos

Barra não-comum
Barra para aço de ferramenta
Barra de aço inoxidável
Barras de outras ligas altas de aço

No Quadro 34.3 se dá resumo da demanda e das existências e da capacidade existente no setor de aços especiais. As informações expressadas no quadro foram recolhidas dos Quadros 33.1, 33.2 e 33.7 no Capítulo 33. Por este quadro se verá que tanto nos setores de produtos planos como no setor de produtos não-planos do mercado siderúrgico, existirá uma escassez séria ao se chegar ao ano de 1980.

Produtos planos

A escassez total em capacidade para produtos acabados de aço é de aproximadamente de 200.000 toneladas. indiscutivelmente uma parcela desta escassez será na forma de chapas laminadas à frio e orientadas para chapas granuladas um tipo de chapa que é normalmente laminado em fábricas exclusivamente para este efeito. Se torna necessário, portanto, instalar duas ou possivelmente três fábricas pequenas, provavelmente do tipo fábricas acumulativas Sendzimir, para dar satisfação às demandas de 1980. Em termos de fábricas de laminagem à quente a escassez é comparativamente pequena e portanto é possível que a solução mais econômica seja a de entrar em acordos de arrendamento com fábricas de grande volume de produção de produtos planos que possam satisfazer esta capacidade. Os novos desenvolvimentos na instalação Steckel que se discutem no Capítulo 17 podem talvez vir a constituir uma alternativa de interesse.

Produtos não-planos

A maior parte da escassez de capacidade que é de cerca de 500.000 toneladas tem lugar na categoria de barras não-comuns.

As tendências tecnológicas em produtos de aço especial laminado e não-plano são semelhantes àquelas existentes em aços comuns e desde que se tome cuidado em evitar decarbonização excessiva das fornalhas de reaquecimento a barra de aço não-comum pode ser laminada muito satisfatoriamente em trens de barra do tipo usado para a produção de barra mercantil. Todavia aços com ligas de alto teor de carbono requerem uma normalização ou o resfriamento lento imediatamente depois

**QUADRO 34.3 - DEMANDA EM CAPACIDADE DE INSTALAÇÃO E DISPONIBILIDADE
EM 1980 PARA O SETOR DE AÇO ESPECIAL**

(milhares de toneladas)

Setor	Produto	Capacidade requerida	Capacidade disponível
Produtos Planos	Aço inoxidável	55	
	Aço silício	100	
	Outros aços especiais	75	
	Carga para placas (1)	280	40
Produtos não-planos	Barra não-comum	915	
	Barra em aço inoxidável		
	Outras barras em liga alta	35	
	Barra em aço para ferramenta		
	Carga para tarugos (2)	1,060	520 (3)

(1) Rendimento de chapa por placa: 82%

(2) Rendimento de barra por tarugo: 90%

(3) Se assume que são produzidas pequenas quantidades de barras inoxidáveis e de outros tipos

da laminagem e este processo exige a existência de facilidades especiais.

Produtos semi-acabados

Forjamento contínuo é tecnicamente adequado e econômico para a maioria de aços especiais devido às pequenas tonelagens requeridos. Todavia pode se tornar mais vantajoso o aluguel de lingotes desde que haja necessidade de produzir uma vasta gama de dimensões de semis.

34.4 A demanda de aço

Nos três artigos anteriores, a capacidade de forjamento por altura de 1980 foi identificada em termos de placas, blocos e tarugos, pela forma seguinte:

<u>Setor</u>	<u>Capacidade (Milhões de toneladas)</u>	
Produtos planos	8,02	Placas
Produtos não-planos	6,64	Blocos e Tarugos
Produtos em aço especial	1,34	Placas e tarugos
Todos os produtos	16,0	Semis

A capacidade existente já é uma mistura de facilidades de lingotes e de forjamento contínuo. Para preencher a escassez remanescente existem várias opções cada uma delas produzindo um rendimento diferente. Conseqüentemente, é impossível determinar a necessidade do aço líquido com exatidão sem, primeiramente, se fazer uma decisão sobre os processos que vão ser utilizados. A fim de se poder desenvolver a discussão neste ponto se tomou o ponto de vista de um rendimento médio que seria suscetível de obtenção em cada setor levando as seguintes demandas para capacidade na produção de aço.

<u>Setor</u>	<u>Capacidade (Milhões de toneladas de aço líquido)</u>
Produtos planos	8.9
Produtos não-planos	7.4
Produtos de aço especial	1.7
Todos os produtos	18.0

CAPÍTULO 35 - AS IMPLICAÇÕES PARA A INDÚSTRIA SIDERÚRGICA NO BRASIL

No capítulo 34 estabelecemos o nível necessário de produção de aço - nos setores planos e não-planos de produtos especiais - para satisfazer a demanda prevista em 1980 para produtos acabados.

A escolha principal dos processos a adotar se encontra entre fabricação de aço com metal quente ou frio. De uma maneira geral, usinas de produtos planos e fabricação de aço com metal quente são mais econômicas quando operados em grande escala, enquanto que as usinas de produtos não-planos e fabricação de aço com metal frio podem, ambos, ser operados economicamente a níveis modestos de produção. Todavia, decisões sobre facilidades de produção de ferro e de aço são tão influenciadas pela disponibilidade de matérias primas como pelo tipo de produto final pretendido.

Como a carga alimentadora principal - sucata - é a fonte mais barata de ferro (Fe), é desejável que dele se faça uso tanto quanto possível. Por outro lado, demonstramos no capítulo 14 que se a demanda de sucata exceder as disponibilidades existentes o valor da sucata aumentará em preço e a manufatura de aço com metal quente se tornará um processo mais econômico.

Portanto, do ponto de vista nacional, uma solução ideal seria obter o equilíbrio entre a capacidade de fabricação de aço por processos quentes e processos frios que permitisse que a demanda para sucata na indústria fosse ligeiramente menor do que as disponibilidades existentes. Antes de considerarmos as necessidades de produção de aço e de ferro dos vários setores, e os desenvolvimentos tecnológicos a eles correlativos, se torna necessário determinar o equilíbrio aproximado entre os processos por metal quente e por metal frio. O ponto crucial para este ajustamento é uma estimativa das disponibilidades de sucata em 1980.

35.1 Equilíbrio entre a manufatura de aço por metal quente e por metal frio

Referência aos capítulos 12 e 13 revelam que a produção de aço com metal quente é dominada por processos baseados em conversores de oxigênio com o processo a metal frio dominado pelas fornalhas de arco elétrico. O montante de sucata consumida pelos processos de manufatura de aço ao oxigênio podem variar muito vastamente; assumimos que seja prática normal consumir a sucata que se

possa produzir internamente dentro da aceraria. O montante de sucata obtido variará de produto para produto mas, numa base dos rendimentos assumidos no capítulo 34, a indústria brasileira terá uma média total e interna de sucata de cerca de 20 por cento. Se espera que não existam dificuldades na operação de fornalhas para produção de aço com uma carga de sucata de 20 por cento embora com fornalhas maiores este nível de sucata possa ser insuficiente para facultar o arrefecimento necessário. Um aumento para 25 por cento em sucata refletiria sobre as capacidades da instalação em processos de produção de aço, subsequentes, mas como é de esperar a existência de uma escassez, é mais natural que se torne praticável o uso de refrigerações alternativas (ver Artigo 35.5). Se assume que a carga para a fornalha de arco-elétrico seja constituída por 95 por cento de sucata (ver Apêndice 1).

Sucata existente em 1980

As estimativas do montante de sucata existente no Brasil em 1980 se encontram expressadas no quadro 35.1; a sucata obtida internamente dentro das acerarias foi calculada numa base média de 80 por cento do produto acabado provindo de aço líquido.

QUADRO 35.1 - DISPONIBILIDADE PREVISTA DE SUCATA NO BRASIL

1980

(milhões de toneladas)

Fonte	Disponibilidade de sucata em 1980
	Uma circulação de 20 por cento
Internamente nas acerarias	3,6
Sucata processada	1,3 *
Capital - produtos nacionais	1,6 **
- produtos importados	0,4 **
TOTAL	6,9

* Previsão da IBS. Previsão da Atkins Planning é de 1,4 milhões de toneladas

** Previsão da IBS

Capacidade existente para fabricação de aço

Ao ser chegado o ano de 1980 a indústria, com os planos de expansão já autorizados, terá uma capacidade suficiente para produzir o aço requerido que satisfaça todas as demandas em produtos planos e cerca de 5 milhões de produtos não-planos e aços especiais. As quantidades previstas, de fato, se encontram exemplificadas no

quadro 35.2 bem como as necessidades em sucata para cada tipo de processo de fabricação de aço. As toneladas para produtos planos são recolhidas do capítulo 34 (quadro 34.2 e artigo 34.4) porque, as previsões de capacidade disponíveis excedem a demanda prevista, enquanto que as toneladas de produtos não-planos e aços especiais foram recolhidas do capítulo 33 (quadros 33.6 e 33.7).

**QUADRO 35.2 - PREVISÃO DA CAPACIDADE DE MANUFATURA DE AÇO
E NECESSIDADE DE SUCATA PARA INSTALAÇÕES
EXISTENTES EM 1980**

(milhões de toneladas)

Setor	Capacidade em aço líquido	Necessidade prevista de sucata (20 por cento a menos expressado em contrário)
Produto plano: para satisfazer	8,9 * 0,57 *	1,96 0,13
Produto não-plano: Siemens-Martin	0,31	0,23 (70 por cento)
BOF	0,82	0,18
Arco elétrico: (i) à base de sucata	2,20	2,23 (95 por cento)
(ii) à base de ferro poroso	0,35	0,08
Aços especiais	0,65	0,48 (média 70 por cento)
Total	13,80	5,29

* A capacidade total prevista excederá ligeiramente esta cifra
(ver quadro 33.5)

** Ver quadro 34.2

Escassez em capacidade

A escassez na capacidade global de fabricação de aço em 1980, será de cerca de 4,2 milhões de toneladas por ano, concentrada nos setores de produtos não-planos e de aços especiais. A sucata disponível, que excede as demandas da indústria existente será de 1,6 milhões de toneladas, e portanto a escassez poderia ser remediada com cargas de metal quente e de metal frio para produção de aço nas proporções seguintes:

<u>Processo</u>	<u>Capacidade</u> (milhões de toneladas)	<u>Sucata requerida</u> (milhões de toneladas)
Fabricação de aço ao oxigenio	3,3	0,6 (20 por cento)
Sucata p/arco elétrico	0,9	0,91 (95 por cento)
Total	4,2	1,6

35.2 As necessidades existentes no setor de produto plano

Como se expressa no artigo anterior o setor de produto plano tem, nominalmente, capacidade suficiente para satisfazer as demandas do mercado em 1980. Todavia, por essa altura, será necessário ter entre mãos planejamentos para futura expansão.

A instalação de uma usina para tiras laminadas à quente por processo contínuo, como discutido no artigo 34.1, é natural que cause um certo desequilíbrio entre as 3 operações neste setor, e portanto se torna necessário tomar uma decisão para adicionar capacidade de produção de aço que tenha de ser construída mais cedo do que, à primeira vista, se torne aparente.

No quadro 35.3, as capacidades requeridas em 1980 para produção de aço, para produção de ferro, para concrecionamento e para produção de coque se encontram definidas contra as previsões de capacidade existente na indústria atual (recolhidas do quadro 35.5).

As capacidades se encontram também desdobradas entre os três métodos para indicar o grau de auto-suficiência de cada um deles.

Se torna evidente que existe ampla capacidade para produção de ferro - a Usiminas é a única instalação que não possui um excedente substancial de capacidade em relação as suas necessidades de produção de aço. A expansão das instalações BOF, da CSN, de 2 para três fornalhas, deverá de uma maneira geral, equilibrar as facilidades necessárias.

Por outro lado, a CSN é a única instalação com suficiente capacidade de concrecionamento e de fabricação de coque para satisfazer a sua presente capacidade de produção de aço e mesmo nesse caso, e por essa altura, terá pouca capacidade de concrecionamento para satisfazer o total instalado e autorizado em capacidade de produção de ferro.

O processo de aumento gradual de produção numa aceraria integrada tende a elevar o desequilíbrio de capacidade entre os vários itens individuais da instalação, porque cada aumento na instalação tem de tomar em consideração crescimento para além do presente nível de rendimento. É função importante do planejamento reduzir ao mínimo o custo deste desequilíbrio.

Pela consulta ao quadro 35.3 se verificará que existirão desequilíbrios em 1980, principalmente, em termos de fabricação de coque e de concrecionamento; porque não é praticável deslocar concreção, coque ou metal quente entre os três processos e se torna necessário manter um certo nível de equilíbrio em cada uma das instalações. Ao planejar para resolver a deficiência em concrecionamento e capacidade de fabricação de coque em 1980, é portanto, necessário tomar também em consideração o provável regime de crescimento na demanda para os anos que se seguem a 1980.

Capacidade adicional para fabricação de aço para além de 1980 poderia ser produzida, por exemplo, adicionando mais fornalhas na CSN e na Usiminas; conjuntamente, estas duas empresas poderiam fornecer entre 4,0 e 4,5 milhões de toneladas por ano de aço adicional, mas a Usiminas necessitará também de mais capacidade para fabricação de ferro.

O incidente aparente em capacidade de concrecionamento na CSN não pode ser usada nas duas outras instalações onde o desequilíbrio total de capacidade entre concrecionamento e fabricação de aço é de cerca de 3,3 toneladas por ano. O excedente na CSN será em qualquer caso, uma deficiência logo que seja instalada uma fornalha BOF.

Evidentemente será necessário instalar capacidade adicional de certo vulto para concrecionamento no setor plano, especialmente quando o aumento em demanda depois de 1980 seja tomado em consideração. As economias em escala de instalações de concreção continuam a subir para rendimentos mais elevados e, instalações de concrecionamento por grades móveis, contínuas e modernas, permitirão que no fim da década se possam produzir mais de 5 milhões de toneladas por ano. O problema com instalações de concreção é, todavia, que não podem ser operadas continuamente a um elevado grau de baixa utilização sem prejudicar a qualidade da concreção. Conseqüentemente, é de esperar que a indústria brasileira se veja restringida à instalação de usinas mais pequenas do que as dimensões máximas hoje em dia existentes.

O rendimento, no alto-forno, de concreção e de pelotas é muito semelhante e a prática de usar peletização está crescendo hoje em dia em todo o mundo, mas no setor de produtos planos no Brasil não parece oferecer vantagens significativas. A possibilidade de uma vasta instalação central de peletização para servir as 3 acerarias poderia ser considerada, mas é natural que não venha comprovar ser econômica. Em primeiro lugar as economias em escala seriam pequenas porque a instalação teria de ser constituída por várias linhas de peletização. Em segundo lugar haveria um aumento nos custos de transporte e certas desvantagens administrativas. Contudo, uma vantagem seria a possibilidade de planejar um programa de expansão a longo prazo bem como um mínimo de sub-utilização. A possibilidade de fornecimento do setor de produtos planos com uma instalação de peletização, servindo também o mercado de exportação, pode bem merecer consideração pormenorizada.

Uma outra possibilidade que podia ser estudada é a de uma grande instalação de peletização a ser montada na Usiminas ou na Cosipa. Essa instalação deveria ter capacidade suficiente para satisfazer a demanda das cargas aglomeradas a serem usadas pela Usiminas e pela Cosipa. Suponhamos, por exemplo, que se faria uma

**QUADRO 35.3 - CAPACIDADE EM MANUFATURA DE AÇO REQUERIDA E EXISTENTE EM 1980 PARA
O SETOR DE PRODUTO PLANO**

(Milhões de toneladas)

Departamento	Capacidade requerida	Capacidade total existente	Capacidade existente em			Departamento
			CSN	Usiminas	Cosipa	
Fabricação de aço	9,47	9,58	2,70	4,12	2,76	Fabricação de aço
Fabricação de ferro	8,33	12,13	4,80; 2,38*	3,73; 3,63*	3,60; 2,43*	Fabricação de ferro
Concrecionamento	12,66	10,37	4,32; 3,61;* 7,30**	3,80; 5,52;* 5,67**	2,25; 3,69;* 5,47**	Concrecionamento
Fabricação de coque	4,17	3,52	1,28; 1,19;* 2,16**	1,09; 1,81;* 1,87**	1,15; 1,21;* 1,80**	Fabricação de coque

Notas: (i) Em capacidade de fabricação de coque se assume um regime real de produção, em 1980, de 420 kg por tonelada de metal quente incluindo chispas para concrecionamento

(ii) As necessidades em capacidade para manufatura de ferro assumem uma carga BOF de 80/20 de sucata de metal quente

* Capacidade requerida para igualização com a capacidade instalada para produção de aço

** Capacidade requerida para igualização com a capacidade instalada para produção de ferro

dessas instalações na Usiminas. Por altura de 1980 a instalação estaria enviando cerca de 1 milhão de toneladas por ano em pelotas para a Cosipa a fim de satisfazer a deficiência sofrida por essa empresa. Eventualmente, deixaria de estar em posição de satisfazer a demanda crescente de ambas as empresas. Nessa altura seria construída uma outra instalação da Cosipa - para concrecionamento ou peletização - e a instalação de pelotas na Usiminas reverteria de novo ao fornecimento apenas daquela empresa. O mérito deste projeto teria de ser determinado à luz dos custos de transporte.

Se torne aparente do quadro 35.3 que, por 1980, a capacidade de fabricação de coque para além dos planos já autorizados, será absorvida apenas pela Usiminas. Com baterias de fornos de coque capazes de produzir, pelo fim da década, até 1,6 milhões de toneladas de coque por ano, a quantidade requerida de 0,7 toneladas por ano seria representada por uma unidade muito mais pequena, com economias muito limitadas em escala. Seria provavelmente aconselhável instalar uma fábrica maior que não trabalhasse à sua capacidade máxima durante um certo período. Esta capacidade seria justificada a longo prazo, porque passado o ano de 1980 será necessária uma capacidade maior para a produção de coque.

35.3 As necessidades de setor de produtos não-planos

Em contraste com o setor do produto plano, o setor não-plano terá uma escassez substancial em capacidade ao ser atingido o ano de 1980. A necessidade total de aço líquido é de 7,4 milhões de toneladas (artigo 34.4) enquanto que a capacidade prevista do setor é apenas de cerca de 3,7 milhões de toneladas; se assume que existam mais 0,57 milhões de toneladas na CSN para a produção de blocos para o setor não-plano. No interesse de racionalização a longo prazo esta capacidade, na CSN, se pode esperar que seja eventualmente transferida para a manufatura de produtos planos.

Existe portanto uma necessidade de fornecer entre 3,1 e 3,7 milhões de toneladas de capacidade adicional de fabricação de aço nestes setores e, como foi discutido no artigo 35.1, o fornecimento de sucata é natural que dite que a totalidade desta capacidade seja fornecida por processos de fabricação de aço com metal quente.

Nenhuma das instalações existentes neste setor é adequada para uma expansão desta amplitude, e portanto, será necessário construir acerarias completamente novas. Economias em escala favorecem unidades grandes de altos-fornos e instalações para produção de aço ao oxigênio, e portanto haveria uma certa vantagem se a escassez na capacidade da fabricação em metal quente pudesse ser compensada em uma única instalação integrada com uma fábrica de construção de blocos e de tarugos, como se discute no capítulo 34, artigo 34.2. Por outro lado, com um pequeno sacrifício em econômicas na fabricação de aço, uma instalação com uma produção de 2 a 2,5 milhões de toneladas por ano poderia fornecer blocos e tarugos enquanto que a escassez remanescente poderia ser produzida à razão de 1 milhão de toneladas por ano numa instalação para forjamento de tarugos por processo contínuo, tomando vantagem do baixo custo de distribuição aos seus utilizantes colocando a aceraria no centro do ponto focal onde existe a demanda.

A figura 35.1 ilustra a distribuição geográfica da demanda para produtos não-planos; por esta distribuição geográfica se torna evidente que São Paulo é o local mais indicado para a construção de uma aceraria de grande vulto, mas que São Paulo, Belo Horizonte e, possivelmente, Rio de Janeiro são todas localidades possíveis para a instalação de acerarias produzindo tarugos de menor dimensões.

Além da capacidade necessária de produção de aço com metal quente existirá também uma necessidade de certa capacidade adicional de fabricação de ar a metal frio. O montante frisado que pode ser fornecido dependerá do fornecimento de sucata ou substitutos de sucata, e das demandas no setor de aços especiais.

35.4 As necessidades do setor de aços especiais

A demanda prevista em capacidade de aços especiais se mostra, por setor e por qualidade, no quadro 35.4; a capacidade prevista da indústria existente se encontra também no quadro. A demanda para maior capacidade nos setores de produto plano demanda uma expansão oito vezes maior àquela existente nas facilidades presentes. Todavia, muito do aço classificado como "especial" é constituído por tipos de baixo teor de silício, elevado teor de carbono ou ligas baixas que podem ser produzidos em conversores ao oxigênio. As tonelagens que são requeridas destes aços mais geralmente usados, podem justificar a sua produção em uma das instalações maiores do setor de produtos planos.

O setor de aços especiais não-planos está melhor equipado para poder corresponder às demandas futuras do mercado. A demanda em 1980 se espera que seja apenas um pouco mais do dobro da capacidade já existente; todavia, a maior parte desta capacidade só pode produzir aços não-comuns e de tipos especiais mais simples. Ao se chegar a 1980 haverá necessidade de quadruplicar a expansão da capacidade existente para aços de ligas altas.

QUADRO 35.4 - CAPACIDADE DE ACOS ESPECIAIS REQUERIDOS E EXISTENTES EM 1980

(Toneladas de aço líquido)

Setor	Capacidade requerida	Capacidade disponível prevista
Produto plano	350,000	42,000
Produtos não-planos	1, 350,000 (39,000)*	610,000 (11,000)*

* Cifras entre parênteses são as tonelagens (incluídas no total) para aços de ligas altas.

Como sucede no setor de aços especiais de produtos planos, uma grande proporção da tonelagem de aço definida como "especial" pertence à categoria não comum e pode ser feito por métodos de produção de aço em bruto, desde que exista

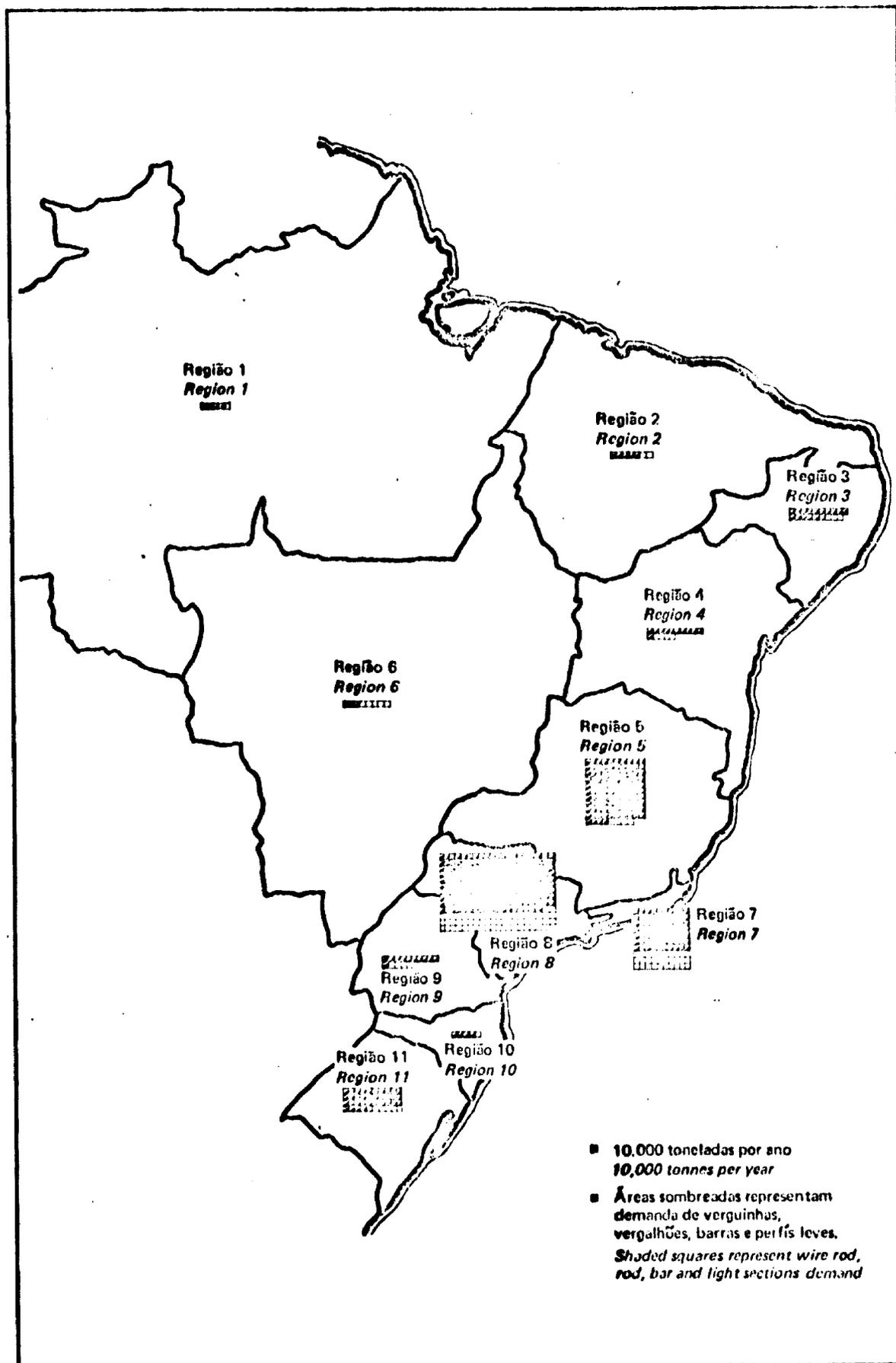


FIGURA 35.1 -- PADRÃO DA DEMANDA PARA PRODUTOS NÃO PLANOS EM 1980
FIGURE 35.1 -- NON FLAT PRODUCTS PATTERN OF DEMAND 1980

um controle adequado da sua qualidade.

O total dos produtos presentes em aço especial são manufacturados em 14 das acerarias incluídas neste estudo; muita desta capacidade - calculada em 0,5 milhões de toneladas ao se chegar ao ano de 1980 - é dedicada à produção de aço não comum e de ligas baixas. Uma possível solução das necessidades do setor seria a requalificação e a expansão destas instalações para poderem produzir aços especiais de qualidade mais sofisticadas, deixando os tipos mais simples, e não comuns, às grandes acerarias de tarugos que são sugeridas no artigo anterior.

A expansão da manufatura de aço especial não pode ser planejada em pormenor sem existir um ajuizamento exato do mercado em matéria de crescimento da demanda para cada um dos dois principais grupos de aço definidos como arco elétrico ou de fundição por indução. Estes grupos necessitam de ser sub-divididos no que se pode definir como fundição de lingotes que podem ser fundidos continuamente e ainda mais sub-divididos entre aquelas que requerem equipamento adicional de refinação como, por exemplo, desgasificação por vácuo. Com uma configuração das necessidades do processo, desta natureza, é então possível a locação da produção nas instalações existentes a fim de ocuparem as facilidades que possuem e seguidamente, por diferenciação, determinar a escassez em facilidades.

Ao ser feita a determinação da localização futura da manufatura de aços de ligas altas, se deve tomar em mente que muitos destes aços são feitos frequentemente em pequenas quantidades, sobretudo quando destinados a produtos não-planos. Este fato permite uma certa flexibilidade de localização porque o custo de transporte tanto na forma de sucata como de produto acabado é relativamente insignificante, devido ao elevado valor intrínseco do produto.

35.5 Tendências tecnológicas na produção de aço e de ferro com implicações significativas no planejamento da indústria siderúrgica brasileira

No contexto das necessidades dos setores dos 3 produtos discutidas nos três artigos precedentes, podemos agora chamar a atenção para as vantagens em tecnologia que são relevantes a estas necessidades. Uma discussão mais vasta destes tópicos se encontra nos capítulos sobre tendências tecnológicas que se encontram devidamente referenciadas.

O setor de produto plano está já absolutamente ocupado com a fabricação de aço a metal quente usando conversores ao oxigênio e, portanto, em linha com as modernas tendências mundiais. As unidades que estão sendo instaladas nas acerarias no corrente programa de expansão são suficientemente amplas para justificar o desenvolvimento de cada uma das três fábricas existentes antes de ser feito o planejamento para a construção de uma quarta aceraria. Neste setor, portanto, os desenvolvimentos mais significativos a serem estudados se relacionam com as práticas de operação e as modificações da instalação.

Nos setores de aços especiais e de aços não-planos, por outro lado, a amplitude da escassez em capacidade é tal que haverá necessidades de serem construídas novas acerarias; este fato permite uma oportunidade de introduzir os últimos des-

envolvimentos tecnológicos no processo e na instalação dentro da indústria siderúrgica brasileira.

Tendências na fabricação de aço pelo processo BOF (capítulo 12, artigo 12,2)

Os desenvolvimentos mais dignos de menção são: a redução no período de fornada-a-fornada; a prática de variar uma especificação standard do aço por adições de elementos de ligas no colheirão; controle mais efetivo de emissão de fumos; e uma tendência para uma configuração operacional de três fornalhas em cada grupo de quatro.

Provavelmente o índice mais importante do performance em produção de aço pelo sistema BOF é o período médio de fornada-a-fornada consistentemente mantido durante um período longo. Períodos correntes de ciclo nas operações BOF no Brasil variam de entre 80 minutos a 35 minutos. Os períodos mais morosos resultam de demoras devidas a, por exemplo, faltas de metal quente ou a pré-aquecimento de sucata. Os períodos mais rápidos são satisfatórios quando comparados com as boas práticas correntes nos países industrializados. Por alturas de 1980 o Brasil deve esperar obter períodos a volta de 30 minutos para as fornalhas mais pequenas, possivelmente um pouco mais para fornalhas com capacidade superior a 100 toneladas. Desde que este período de tempo se mantenha durante longos períodos, permitirá que duas fornalhas de 100 toneladas possam produzir um pouco mais de 3 milhões de toneladas por ano para este efeito, é importante que a disponibilidade se equipare com as práticas usadas mundialmente; os cálculos foram baseados em 8 mil horas por ano, o que representa uma disponibilidade de 90 por cento. A disponibilidade presente é inferior a esta cifra e, portanto, será necessário se fazer melhoramento. Como se indica no artigo 35.1, o teor relativamente baixo da sucata de carga (20 por cento) que tem sido o assumido pode dar margens a certas dificuldades em arrefecimento. Nestas circunstâncias será necessário aumentar o teor da sucata de carga ou fornecer redutíveis alternativos, se se desejar o tempo ideal de fornada-a-fornada. É importante, do ponto de vista nacional, chegar rapidamente a um acordo quanto a política global no quanto respeita ao teor de sucata numa carga BOF, dado que poderia influenciar o equilíbrio entre a capacidade de produção de aço à quente e à frio o ser instalada nas novas acerarias. Além disso, uma decisão de usar mais sucata levaria, à luz das faltas antecipadas em sucata, a uma possibilidade de estudar os méritos de aumentar a produção de ferro poroso comparado com importação de sucata.

O rendimento de aço obtido em boas práticas de produção pelo processo BOF é de cerca de 91 por cento dos materiais de carga portadores de ferro. A presente performance brasileira é ligeiramente inferior a esta cifra. Com uma nova instalação o objetivo seria o de obter rendimentos mais elevados.

Com um processo BOF operando duas fornalhas em cada três, o período para revestimentos não é crítico e, portanto, se não tornarem essenciais longas campanhas, mas para uma operação suave do processo, se deve tentar obter campanhas em excesso dos valores atuais existentes no Brasil que são à volta de 400 aquecimentos. Como se afirma no capítulo 4, este baixo valor, pode ser atribuído à qualidade insatisfatória dos tijolos de revestimento; melhoramentos na sua qualidade devem permitir que a indústria atinja valores até mil e duzentos aquecimentos que são aqueles esperados em boas práticas de fabricação. Quando estas longevidades de revestimento

se possam atingir consistentemente, se deve então considerar aumentar as capacidades do processo BOF com a adição de uma quarta fornalha, sempre que o espaço tal permita.

No momento presente as limitações nas instalações de desenho BOF e nas instalações contínuas de forjamento de tarugos, mas principalmente nestas últimas, tornam impraticável tentar fundição de tarugos com colheirões de aço de mais de 100 toneladas de capacidade; isto, por sua vez, limita os fornos de produção de aço a capacidades de 100 toneladas. As dificuldades de operação do processo BOF com três bases em funcionamento tornam aconselhável planejar para o presente de forma a se puderem trabalhar 2 fornalhas em cada três deixando espaço para a adição de uma quarta fornalha a uma data subsequente. Portanto, a dimensão máxima praticável de um alto-forno BOF para fundição de tarugos de 100 x 100 milímetros deveria ser considerada à volta de três milhões de toneladas por ano. Desenhos beneficiados para oficinas de produção de aço e de fundição, dentro de uns poucos anos, permitirão planejamento para assentamento seguro de uma oficina para forjamento de tarugos com uma produção 50 por cento superior a esta, isto é, cerca de 4,5 milhões de toneladas por ano, mas não recomendamos essa instalação ao momento presente. Máquinas de tecnologia bem comprovadas e de êxito econômico para tarugos com 8 ou mais ramais, ou fundição em seqüência a longo prazo, ou usina BOF com três fornalhas em funcionamento, permitiriam imediatamente aumentar a cifra de 3 milhões de toneladas. Um rendimento mais elevado de tarugos também evidentemente será possível com tarugos de maior perfil.

Se uma usina é construída para produzir tarugos laminados de blocos forjados continuamente, a restrição na dimensão do colheirão deixa de ser aplicável e uma única usina poderia, por exemplo, satisfazer todas as necessidades adicionais no setor de não-planos por altura de 1980 ou, pelo menos, poucos anos depois.

Fabricação de aço pelo processo BOF resulta em grandes quantidades de pó e de fumos óxidos de ferro. Portanto, em áreas populadas será necessário fazer uma instalação de equipamento de controle de poluição. A preocupação com a qualidade ambiental no Brasil é, sem dúvida, este assunto que está sendo agora matéria de cada vez maior interesse público. Além disso, para satisfazer as necessidades da opinião pública, processos de controle de poluição como, por exemplo, sistemas OG e IRSID podem melhorar globalmente os rendimentos do processo (capítulo 23, artigo 23.3).

Fabricação de aço pelo processo OBM (capítulo 12, artigo 12.3)

Os promotores deste processo e dos processos semelhantes ao oxigênio por sopramento à parte inferior, afirmam que têm duas vantagens sobre o processo BOF: a capacidade de aceitar uma proporção mais elevada na carga e uma redução de fumos nocivos.

À luz da situação da sucata no Brasil, o primeiro ponto não é natural que seja de grande significado. Emissões de fumo menores têm de ser consideradas contra o custo dos controles de fumo em fornalhas BOF existentes.

Todavia, como se nota no capítulo 12, se afirma que o sistema OBM possui vantagens econômicas e estas devem ser examinadas à luz das condições prevalecentes no Brasil. O estudo pormenorizado, pode, revelar, que variações regionais em disponibilidade de sucata favorecem o uso do processo OBM em áreas como, por exemplo, São Paulo, Belo Horizonte ou Rio de Janeiro. Isto seria benefício adicional em assistir no controle da poluição numa área industrializada já existente.

Tendências na fabricação de aço por arco elétrico (capítulo 13)

Capacidade adicional de produção por arco elétrico será justificada futuramente no Brasil. A instalação de capacidade até um máximo de 1,5 milhões de toneladas por ano ao se atingir o ano de 1980 pode ser considerada mas, na prática, a existência de sucata provavelmente limitará a capacidade mais ou menos para meio milhão de toneladas.

Dado que as econômicas, em matéria de escala, de usinas de arco elétrico à base de sucata estão em grande parte esgotadas em cerca de 1 milhão de toneladas por ano, não é de esperar que o Brasil deseje considerar a instalação de acerarias à base de sucata com uma capacidade superior à mencionada mesmo que exista uma capacidade total de sucata para esse efeito. A economia, em matéria de escala, obtida entre 0,5 e 1 milhão de toneladas por ano é, contudo, superior a EUA \$ 2 por tonelada, e portanto uma aceraria para uma produção de 1 milhão de toneladas por ano tem de ser seriamente considerada quando existir sucata suficiente.

Para que uma instalação de fundição de tarugos por regime contínuo possa ser alimentada adequadamente, uma usina de arco elétrico deve ser constituída por duas ou mais fornalhas. De contrário o fornecimento de aço para usina de fundição será intermitente de que resultará uma baixa utilização dos fundidores de tarugo. Isto, por sua vez, colocaria uma restrição na dimensão máxima das fornalhas. Assumindo o uso de práticas modernas em fornalha de aço, em tal caso, três fornalhas poderiam produzir um milhão de toneladas de aço líquido por ano, cada uma destas fornalhas sendo de uma capacidade ligeiramente superior a 100 toneladas. Para 0,5 milhão de toneladas por ano as fornalhas teriam mais ou menos metade desta dimensão.

Períodos mais curtos de fornada-a-fornada serão possíveis pelo uso de transformadores que permitem maiores potências de entrada. Algumas instalações de dimensões médias e grandes usam hoje em dia correntes ultra-altas de mais de 250 kVa por tonelada e com fornalhas mais pequenas a corrente utilizada vai até 5 kVa por tonelada. Novas fornalhas de arco elétrico a instalar no Brasil deveriam ser planejadas dentro desta gama, e a facilidade com que as fornalhas existentes podem ser convertidas torna de interesse considerar a sua conversão. Uma outra vantagem de corrente muito elevada são períodos mais reduzidos de fornada-a-fornada, que permite um fornecimento frequente de metal aos fundidores contínuos sem necessidade de 4 ou 5 fornalhas, que seriam as necessárias para períodos de fornada-a-tomada usando uma potência menor.

O fator que tem de ser tomado em consideração logo de entrada quando se estuda a produção de aço por arco elétrico é a necessidade total de energia elétrica em relação à quantidade que a rede nacional local pode oferecer. Uma aceraria com uma produção de 1 milhão de toneladas por ano, demandará cerca de 80 MW, o

equivalente a uma grande central elétrica. Mesmo que a capacidade geradora nessa área seja muito mais do que a cifra acima mencionada o efeito da existência de uma aceraria de tão grande volume será pronunciado dentro da rede geral de abastecimentos de energia elétrica.

Os problemas de existência de corrente elétrica adequada, de solucionarem a demanda máxima requerida, podem ser facilitados pelo uso de cargas pré-aquecidas ou de refinação por fornalha dupla (processo SKF-MR). O uso de gás de petróleo liquidificado para o pré-aquecimento na primeira das fornalhas duplas, combinado com um período curto de ciclo (2-2 e meia horas) permite que o consumo de eletricidade possa ser reduzido em mais de 200 kWh/tonelada.

A fim de se obter alta produção e baixo custo em manufatura de aço por arco elétrico à base de sucata, é da maior importância para a indústria siderúrgica brasileira que a sucata seja adequadamente selecionada e preparada.

Tendências de fabricação de aços especiais (capítulo 21)

Embora a totalidade de aços especiais seja feita em fornalhas de arco elétrico, visto que é o método mais econômico para a maioria dos tipos de tonelagem requerida, o número de qualidades especiais, bem como uma grande parte da produção de aços não-comuns são frequentemente produzidos em vastas usinas integradas.

Muitos aços não-comuns possuem presentemente suficientes ligas que permitem considerá-los como dentro da linha limitante entre aço não-comum e aço especial em qualquer classificação de natureza simples. Estes fatos têm de ser claramente estabelecidos antes de ser planejada a capacidade. Estes aços incluem, particularmente aços elétricos de alto teor de silício, aços silício-manganês para molas e aços de teor de ligas baixas para aplicações estruturais que durante muitos anos foram invariavelmente produzidos em fornalhas Siemens-Martin e que mais recentemente têm sido produzidas em instalações BOF, porque a possibilidade de controlar o processo é muito mais rápida, e a BOF tem melhorado muito o desenvolvimento da tecnologia. Este melhoramento no controle do processo levou à investigações na produção de alguns dos aços mais sofisticados, incluindo certos graus de aço inoxidável, em conversores de oxigênio. Embora não existam dúvidas sobre a capacidade de produzir muitos graus de aços não-comuns usando os processos de oxigênio é duvidoso se os processos de oxigênio usando uma grande percentagem de ferro líquido poderão competir em produção com os graus em aço inoxidável fabricados pelo processo normal de arco elétrico. As razões básicas para este fato são o custo da carga e o rendimento, particularmente o rendimento em cromo. O processo de arco elétrico, que tem sido consideravelmente acelerado pelo uso de maior potência, pode ser manipulado para dar um rendimento de cromo, o mais alto possível, e tem sido tomada vantagem da sua capacidade de utilizar minério de cromo na carga. Este fato, aliado à utilização de sucata comum e de ligas elevadas, e possivelmente de usar também na carga de óxido de níquel, permite que possa usar uma carga a custo mínimo que não pode ser reduzido por um processo de soprimento.

Tendências em manufatura de ferro em altos-fornos (Capítulo 10)

O maior alto-forno planejado na Brasil terá uma produção anual de 2,8 milhões de toneladas por ano, ou um pouco menos de 8 mil toneladas por dia, o que compara bem com os maiores altos-fornos do mundo, situados no Japão. Ao chegar 1980 esperamos, como discutido no capítulo 10, ver fornaldas em operação com produções no dobro desta cifra, enquanto por alturas de 1980 uma fornalha com uma produção de 8 mil toneladas por dia será provavelmente ainda considerada como muito grande estará bem dentro da competência tecnológica da experiência mundial e não existirão quaisquer dificuldades em explorar o seu potencial.

A produção presente dos altos-fornos brasileiros é extremamente baixa em comparação com as modernas instalações, como, por exemplo, no Japão e nos Estados Unidos da América. Pelos padrões modernos atuais o índice de produção de um alto-forno (BOI) é considerado como bom se atingir a cifra 100.* Ao chegar 1980 esta cifra terá provavelmente subido para entre 120 e 130. O melhor rendimento presente, japonês, é de cerca de 170, uma cifra que é considerada como se aproximando do máximo possível. É evidente que a média brasileira de BOI de cerca de 50 poderia ser muito melhorada e se forem constituídas fornaldas de alto rendimento estas tem sem dúvida de ter uma produção muito maior.

As mudanças importantes em desenho e operação que podem ser efetuadas nas novas fornaldas são:

Prática de carregamento: (capítulo 10, artigo 10.6)

Eficiência de operações de fornaldas se encontra estreitamente ligada à dimensão da partícula e à distribuição dos materiais de carregamento. A tendência é para usar partículas mais pequenas e mais uniformes de minérios em torrão ou concreção. A natureza quebradiça do minério brasileiro significa que valerá a pena, sobretudo numa fornalha nova de alto rendimento, fazer uma carga de 100 por cento de minério de ferro em forma preparada, seja esta forma concreção ou pelotas.

Escolha entre concreção e pelotas nem sempre é fácil de fazer, e a prática de peletização tem estado a desenvolver rapidamente através do mundo. Em termos de operação de alto-forno existe muito pouco onde escolher entre pelotas e concreção bem dimensionada. O custo capital de peletização é ligeiramente mais elevado do que aquele de concreção, enquanto que o custo de conversão de concreção, quando se tomem consideração o custo das chispas de coque é mais elevado do que aquele de peletização. Muito depende da forma de alimentação do minério de ferro. Se for suficientemente fino para necessitar apenas pequena trituração, então a peletização será a escolha mais recomendada. Trituração, todavia, é uma operação custosa e deve ser evitada se for possível. Tomando em vista os dois

* Ver apêndice 1

pontos, é natural que a maior parte do minério seja concrecionado. Isto permite a possibilidade de adicionar materiais de fluxo para evitar a necessidade de carregar calcários no alto-forno.

Conjuntamente com a prática de alimentar uma carga 100 por cento preparada se deve aliar dimensão ótima dos materiais que constituem esta carga e se devem adicionar a prática de usar um segundo crivo de passagem antes de proceder à carga. O melhor rendimento só pode ser obtido depois de experiências metalúrgicas para determinar a dimensão mais adequada de partícula para os materiais brasileiros. Práticas modernas envolvem a remoção de todas as partículas de menos de 10 mm de uma carga para fornalha. A dimensão ótima do coque, por sua vez, também não pode ser determinada sem serem feitas experiências. É possível que o coque embora se conformando com o mesmo limite inferior de dimensão possa ter um limite superior apreciavelmente para além de 25 mm à medida típica de minério de ferro para as boas práticas de alimentação.

Regime de coque: (capítulo 10, artigo 10.3)

Os regimes de coque, como discutidos no capítulo 10 estão dependentes de muitos fatores. O regime de coque que tem sido assumido em cálculos neste capítulo é de 420 kg/tonelada de metal quente a que se necessita adicionar o coque equivalente do óleo injetado. O regime corrigido de combustível no Brasil é correntemente muito mais elevado do que esta cifra. A escassez de carvão coqueificante no Brasil, todavia, constituirá um incentivo muito poderoso para melhorar as práticas até 1980 para que atinja o melhor nível de rendimento que é hoje obtido mundialmente.

Injeção de óleo: (capítulo 10, artigo 10.4)

Alguns dos existentes altos-fornos brasileiros fazem uso de injeção de óleo, mas essa prática deve ser standard em todas as novas fornalhas. Sem dúvida, as vantagens de injeção de óleo são tais que seria aconselhável levar a cabo projetos de desenvolvimento na maioria dos altos-fornos existentes com o propósito de introduzir injeção de óleo em todos eles. Com o coque brasileiro custando mais de EUA \$40 por tonelada e com o óleo apenas metade desse preço, uma fornalha poderia sem dúvida trabalhar a injeção de óleo, mesmo que o óleo substitua menos do seu próprio peso em coque. Injeção de óleo típica para 1980 será de 50/75 kg por tonelada; no caso de injeção de óleo no Brasil se torna altamente recomendável e se justificarão valores ainda mais elevados do que os acima mencionados desde que a produção da fornalha não seja reduzida. Investigações recentes têm mostrado que uso de vapor para atomizar o óleo injetado no sangrador permite regime muito elevado de injeção de óleo sem produzir uma zona de arrefecimento no sangrador. Este desenvolvimento deveria ser de interesse no Brasil.

Injeção de gás (capítulo 10, artigo 10.4)

Injeção de gás nos sangradores não é tão vulgar como em geral injeção de óleo embora seja largamente prática em algumas partes do mundo. Gás natural não parece existir no Brasil para este propósito mas se poderia fazer transporte de gás natural ou liquidificado ou de gás liquidificado de petróleo. Uma tonelada de coque poderia ser substituída por entre 800 a 900 kg de gás natural liquidificado. Isto significa que, sob as condições prevalentes no Brasil, o gás natural liquidificado teria de ser obtido entregue na aceraria por entre EUA \$45 e EUA \$50 por tonelada para que o seu uso justificasse consideração; de fato, não é natural que tal seja possível.

Fornos de coque a gás podem também ser usados como um substituto de coque mas a sua disponibilidade depende da demanda feita por outras fontes e não é natural que justifique consideração exceto quando exista um excedente contínuo.

Se tem feito experiências em injeção de gases reformados com o objetivo de aumentar o potencial de redução do gás na pia. Isto resulta no aumento do valor calorífico do gás superior mas aumenta também o valor dos créditos do gás. Este procedimento requer a montagem de uma instalação para reformação de gás que custa mais do que uma instalação para injetar óleo ou gás nos sangradores, mas muitos operadores têm afirmado que, na prática, reduz com muito êxito o consumo de coque. Esta é uma área onde valerá bem a pena acompanhar os desenvolvimentos.

Temperatura de fundição: (capítulo 10, artigo 10.5)

As temperaturas de fundição nas fornalhas brasileiras são, de uma maneira geral, bastante baixas. As fornalhas existentes poderiam ter as suas temperaturas de fundição elevadas para 1.050 graus centígrados mas esta temperatura ainda ficaria bem abaixo das práticas corrente em fornalhas modernas que trabalham à volta de 1.150 graus centígrados. Ao se chegar a 1980, as práticas normais deverão ter atingido os 1200 graus centígrados ou os 1250 graus centígrados. Temperaturas altas de fundição só podem ser obtidas em fornos construídos especialmente para as produzir; este fato limita seriamente a extensão do ponto a que se podem beneficiar as instalações existentes.

O regime de coque desce mais ou menos em 10 kg por tonelada para cada 100 graus centígrados de aumento na temperatura de fundição. Além de servir como um economizador de coque, temperatura elevada de fundição pode ser usada também para compensar a perda térmica na zona do sangrador no sistema de injeção de combustível.

Tem sido manifestado também um certo interesse no uso de fundição à frio enriquecida com oxigênio para produzir a necessária temperatura na zona do sangrador. Este processo tem a vantagem de reduzir consideravelmente o custo da instalação, porque fogões de fundição à quente constituem uma proporção substancial do custo total. O aumento no regime de coque é anulado pela in-

jeção de óleo. Maiores avanços nesta prática devem ser acompanhados de perto para possível aplicação futura no Brasil.

Alta pressão a topo: (capítulo 10, artigo 10.5)

O uso de alta pressão a topo tem um efeito benéfico pequeno no regime de coque e, deste ponto de vista, não será de interesse para o Brasil. Todavia, produz um melhoramento na produtividade de cerca de 1 por cento por cada 0,1 atmosferas. É ponto geralmente aceito que todos os altos-fornos podem justificar economicamente certo aumento na pressão a topo acima da pressão atmosférica desde que a demanda justifique a produção extra. Pressões de entre 0,5 e 1 atmosferas podem geralmente ser obtidas por modificação das fornalhas existentes. Aumentos maiores tem de serem incorporados na fase de desenho. Altos-fornos com um rendimento muito elevado operam a uma pressão de topo de cerca de duas atmosferas e as novas fornalhas que estarão em funcionamento no Brasil no fim desta década deveriam ser desenhadas de forma a atingirem esta cifra.

Uso de minério de ferro parcialmente reduzido como carga alimentadora de um alto-forno: (capítulo 10, artigo 10.7)

Este assunto é discutido em pormenor no capítulo 10. As vantagens da prática são muito evidentes; a produtividade é aumentada e o regime de coque é diminuído. As desvantagens são igualmente evidentes; para se obter uma vantagem econômica o custo de pré-redução de pelotas tem de ser entre EUA \$6 e EUA \$12. De momento o custo de pré-redução é consideravelmente mais elevado do que qualquer destes preços e não devemos esperar que desça para um nível que possa justificar consideração séria de pré-redução de pelotas numa base a longo prazo. A única altura em que cargas pré-reduzidas possam ser seriamente contempladas é quando se tem um pequeno aumento no rendimento de um alto-forno para manter o equilíbrio numa aceraria e atrasar a construção de uma fornalha nova. Deve ser possível planejar a expansão da indústria siderúrgica brasileira sem necessidade de utilizar materiais pré-reduzidos no alto-forno.

Tendências em concrecionamento e paletização (capítulo 7)

Os vários tipos de instalações de concrecionamento foram discutidos no capítulo 7, artigo 7.2, e o sistema de grelha de movimento contínuo seria certamente a escolha a preferir. O rendimento das duas melhores instalações brasileiras de concrecionamento contínuo foi revisto no capítulo 3 e excede à média das boas práticas mundiais.

Quando os regimes de coque na fabricação de ferro são reduzidos e a totalidade da carga concrecionada, as quantidades necessárias de chispas não existirão sem que se proceda o esmagamento de torrões de coque; para cada tonelada de coque carregada no alto-forno serão necessários 200 kg de chispas. Com boas práticas na fabricação de coque e com carvão de boa qualidade, a produção de chispas não teria de ser, nem de longe, perto deste nível. Existem várias alternativas. Primeira, com torrões de coque poderiam ser triturados. Segundo, a deficiência poderia ser compensada com carvão vegetal. (Este não é tecnologicamente viável e não é muito praticável. Em

qualquer eventualidade, carvão vegetal não é tão satisfatório como chispas de coque para fazer concrecionamento, e este fato pode bem se refletir na produtividade ou qualidade da concreção.) A terceira alternativa, requer que se faça, tanto quanto possível compensação da deficiência com combustível gasoso que pode ser usado para pré-aquecimento do ar, portanto, reduzindo as necessidades em combustível sólido.

Instalações de pelotas não produzem economias numa escala que se possa comparar com aquelas obtidas em instalações de concreção, porque as unidades individuais maiores não excedem em muito os dois milhões de toneladas por ano. Os custos de pelotização só descem em cerca de 25 por cento entre 10 milhões de toneladas por ano e 1 milhão de toneladas por ano. Conseqüentemente não existe qualquer perda com a construção de várias instalações pequenas. A única forma satisfatória de fazer pelotas aglutinadas à frio tem sido a de misturar as chispas com cerca de 10 por cento de cimento Portland deixando as pelotas macias a repousar durante cerca de 5 semanas para atingirem a sua resistência total. Mesmo nessa altura não viajam também como as pelotas cozidas ao forno. Tais pelotas se comportariam muito mal num alto-forno devido ao seu alto teor de cimento.

Portanto, no Brasil, não existe qualquer alternativa ao produto cozido para a produção de pelotas oxidantes. Existem vários métodos bem comprovados comercialmente de pelotização. Todos têm custos mais ou menos semelhantes. A máquina de forno com arrefecimento de grade parece ser aquela que produz um artigo mais consistente.

Pelotas, sendo capazes de substituir concreção em qualquer quantidade e de serem transportadas com segurança, oferecem uma boa solução para o problema de se manter uma facilidade de preparação de uma carga equilibrada durante o crescimento contínuo da fabricação de ferro e de aço. Com a rápida expansão de acerarias tanto nos setores de produtos planos como de produtos não-planos, parece haver, no Brasil, uma possibilidade de usar uma ou mais instalações de pelotas para fornecer a preparação marginal extra na capacidade de carga para as várias acerarias, que poderá resolver dificuldades durante períodos em que a instalação de concrecionamento extra for instalada, esteja a trabalhar a baixa utilização. Um número de complicações comerciais pode derivar deste arranjo, incluindo o fato de que acerarias não gostam de ter a preparação de cargas fora da sua responsabilidade mas, existiriam, sem dúvida, vantagens definitivas.

A tendência corrente é de adicionar, tanto quanto possível, de fluxo na instalação de preparação da carga. Desta forma, o fluxo é cozido antes de ser carregado ao alto-forno e a carga térmica e o regime de coque no alto-forno é reduzido. Tem sido obtido um sucesso menos realístico no cozimento de pelotas do que em concrecionamento porque ainda foi comprovado ser possível obter uma resistência adequada nas pelotas quando se encontram presentes grandes quantidades de fluxo. Se encontram em progresso investigações sobre esta matéria e se espera que se dêem desenvolvimentos de grande utilidade.

É prática comum incluir quantidades substanciais de calcário na mistura de concrecionamento. Todavia, a impossibilidade de obter um controle absoluto da percenta-

gem de re-circulação no ramal e da basicidade da fornalha tem, no passado, impossibilitado prever exatamente quanto calcário deve ser adicionado ao ramal de concretamento para o fluxo de concreção. Desenvolvimentos em práticas de concreção tornaram possível e em certos casos, obter uma concreção com um super fluxo muito pronunciado. Esta possibilidade deve ser examinada pela indústria siderúrgica brasileira porque pode provar ser aplicável em instalações modernas no Brasil. É de esperar, todavia, que se mantenha prática normal a retenção, no alto-forno, de certo controle sobre a basicidade da escória. Conseqüentemente, uma pequena porção do fluxo será contínuo, quase em todos os casos, a ser carregada diretamente ao alto-forno.

Tendências na manufatura convencional de coque (capítulo 8)

Se têm feito vários desenvolvimentos importantes nas práticas de manufatura convencional de coque que se encontram discutidas no capítulo 8. Alguns destes desenvolvimentos permitem que seja reduzido o custo do carvão que é alimentado; alguns reduzem o custo de conversão de carvão para coque e alguns apenas aumentam a produção dos fornos sem exercerem grande efeito global nos custos a dispender. Todos estes desenvolvimentos devem ser considerados no Brasil.

Esmagamento seletivo da carga de carvão assegura uma distribuição mais uniforme dos vários constituintes do carvão e pode ser utilizada para produzir um coque mais robusto. De interesse no Brasil deve ser o fato de que também permite uma lotação de carvão que inclui uma proporção maior de carvão fraco coqueificante ou não coqueificante embora possa manter e se mantenha, a mesma resistência no coque. Se afirma que em determinadas circunstâncias, uma mistura contendo apenas 45 por cento de carvão coqueificante pode produzir um coque de consistência satisfatória. O custo de preparação de uma carga de carvão por trituração seletiva se calcula que seja EUA \$1 por tonelada de carvão produzido. Este custo é tão pequeno que pode ser recuperado pela inclusão lotação de quantidades relativamente pequenos de carvões não coqueificantes de baixo preço.

Melhoramentos em outros áreas mostram menos vantagens dramáticas embora a prática de secar e pré-aquecer lotações de carvão, antes de proceder ao carregamento, permite vastos aumentos na produção do forno de que resulta o seu custo ser muito mais do que recuperado da economia em cargos capitais por tonelada na despesa com os fornos. Se tem afirmado que pré-aquecimento pode produzir uma economia global no custo de coque até EUA \$ 1,5 por tonelada. O aumento nas dimensões dos fornos modernos resultou, evidentemente, numa produção maior por cada forno individual. A este respeito, os novos fornos planejados no Brasil parecem se conformarem com a tendência corrente. Instalações modernas podem agora fornecer carbonização até 35 mm por hora comparado com os regimes tradicionais de cerca de 25 mm por hora. Estes desenvolvimentos demandam refratários de alta qualidade, um assunto que requer um exame muito meticoloso no Brasil.

Na base de que, presentemente as acerarias de maior dimensão desenhadas para produzir 100 por cento de tarugos produzirão cerca de 3 milhões de toneladas por ano de aço líquido, cerca de 1,2 milhões de toneladas por ano de coque serão necessários para a produção de ferro. Será necessário coque adicional na forma de chispas que

terão de ser carregadas na instalação de concrecionamento. A quantidade de chispas dependerá da prática adotada em combustíveis na instalação de concrecionamento mas poderia ser tão elevada como 0,3 milhões de toneladas por ano. Se o coque e todas as chispas provêm da mesma instalação de forno de coque, nesse caso será necessário produzir 1,5 milhão de toneladas por ano de coque e de chispas. No capítulo 8 foi frisado que pelo fim desta década a mais avançada bateria de fogões de coque individuais deve ser capaz de produzir cerca de 1,6 milhão de toneladas por ano de coque. Conseqüentemente, a forma de uma instalação convencional para produção de coque numa grande aceraria de torugos parece clara. Consistirá de duas baterias de fogões de coque, sendo a segunda construída em continuação da primeira quando a necessidade tal o justificar.

Tendências no desenvolvimento de produção de coque formado (capítulo 9)

Coque formado como uma alternativa para coque convencional de forno deve ser de grande interesse para o Brasil, porque oferece a oportunidade de usar carvão mais barato não coqueificante em substituição do dispendioso carvão coqueificante metalúrgico importado. As propriedades físicas de coque formado se mostraram ser comparáveis àquela do fogão.

Foram desenvolvidos vários processos e destes três existem o que estão recebendo séria consideração e quem sem duvida serão desenvolvidos ainda mais durante os próximos anos. Estes processos são:

- (a) processo Bergbau - Forschung (BBF)
- (b) processo FMC
- (c) processo Sapozhnikov

Todos esses processos são discutidos no capítulo 9.

Produção comercial de coque formado ganhará popularidade mais rapidamente naqueles países onde existem duas circunstâncias favoráveis ao coque formado. Primeiro aqueles países que têm carência de carvões coqueificantes adequados mas que podem obter carvões não coqueificantes mais baratos com análises aceitáveis. Segundo, porque possuem um regime médio de crescimento a long prazo em produção de ferro e de aço com a conseqüente demanda para substanciais facilidades novas para fabricação de coque. O Brasil é uma destas nações e deveria começar imediatamente a desenvolver um programa de estudo que lhe permitisse, dentro de uns poucos anos, tomar decisões definitivas sobre a aplicabilidade do carvão formado à sua própria indústria siderúrgica.

Porque é natural, que os países que presentemente operam instalações de coque formado continuem a manter os seus segredos sob pormenores de custo e resultados obtidos o Brasil, não terá outras alternativas exceto de instalar uma ou mais pequenas unidades para coque formado, baseada nos processos referidos nesta secção.

Se deve tomar em conta certas outras vantagens possíveis em coque formado. A sua configuração regular e a sua dimensão devem fazer com que seja possível

transportar coque formado entre as várias instalações. Isto assistiria grandemente a manutenção de um equilíbrio global razoável em capacidade de produção de coque à medida que cresça a necessidade de produção de ferro. Uma outra possibilidade é de as chispas de coque formado poderem ser usadas em instalações de concrecionamento. Como já vimos, com baixos regimes de coque e 100 por cento de minério de ferro a ser carregado como concreção, a quantidade total de chispas de coque usadas em concrecionamento atinge mais ou menos 1 quarto do coque utilizado no alto-forno. Chispas de coque formado ou possivelmente carbonizado mas não briquetado deveriam ser adequados para aplicações em instalações de concreção; isto é, uma área onde resistência não é importante e reatividade um pouco menos importante do que num alto-forno.

Tendências na manufatura de ferro por redução direta (capítulo 11)

O elevado custo de carvão metalúrgico de qualidade e uma possível escassez de sucata são razões que justificam se dar consideração cautelosa à produção de ferro poroso.

As instalações de HYL e SL/RN presentemente em construção no Brasil fornecerão dados muito úteis sobre o valor destes processos em condições prevaescentes no Brasil. As instalações SL/RN ainda têm de provar o seu valor em operação, mas o processo HYL está agora bem estabelecido e o arranque da instalação no Brasil não deve apresentar quaisquer problemas especiais.

A indústria siderúrgica brasileira se manterá sensível a problemas de preço de carvão coqueificante importado. Mesmo com regimes muito baixos de coque que se prevê para os últimos anos desta década, os processos de altos-fornos continuarão a necessitar de cerca de 580 kg de carvão importado por cada uma tonelada de aço líquido subirá em EUA \$6. Em tal caso o processo HYL a base de nafta para produção de aço através de uma fornalha de arco elétrico se tornará mais competitivo se o preço da nafta se mantiver firme, é também, provavelmente verdade, no entanto, que uma tal mudança levará mais rapidamente à adoção da manufatura de coque "formado" com carvões mais baratos.

Não existe qualquer razão que leva a supor que mudanças em tecnologia ou demanda levem a uma alteração importante no preço da nafta. Nem tampouco é de esperar que por alturas de 1980 gasificação de outros combustíveis como, por exemplo, óleo ou carvão possam produzir um gás redutível apreciavelmente mais barato do que o preço corrente da nafta brasileira. A vasta disponibilidade de gás natural para manufatura de ferro poderia reduzir notavelmente os custos do processo a HYL. Este fato se mantém, por agora uma pergunta sem resposta mas a disponibilidade de gás natural a 3,5 cents por therm poderia reduzir o custo de aço líquido em EUA \$ 6 por tonelada; com gás natural a 2,5 cents por therm o custo de aço líquido poderia ser reduzido por cerca de EUA \$8,5 por tonelada.

Em contrapartida, sob condições de escassez de sucata, mesmo reduções mais modestas no custo de ferro poroso produzido pelo processo HYL poderiam justificar

bem o uso de ferro poroso como um suplemento temporário nas cargas para processo de fabricação de aço por arco elétrico.

CAPÍTULO 36 - IMPLICAÇÕES PARA O PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO NA INDÚSTRIA SIDERÚRGICA DO BRASIL

Nos dois capítulos anteriores discutimos a implicação para o Brasil dos desenvolvimentos tecnológicos mundiais na configuração e tratamento do aço e na produção de ferro e de aço. Como resultado, foi possível indicar as estratégias tecnológicas possíveis de evoluir para o desenvolvimento da indústria siderúrgica brasileira.

Todavia para preparar um planejamento estratégico completo para a indústria existem problemas muito mais vastos que necessitam também de ser considerados para além das opções tecnológicas. Neste capítulo indicaremos aqueles tópicos que requerem maiores estudos em profundidade antes de se poder delinear um planejamento estratégico definido para toda a indústria.

Nos capítulos anteriores consideramos, um após outro, os setores de produtos planos, dos não planos e de aços especiais.

36.1 Estrutura do setor de produtos planos

É quase sempre mais econômico, do ponto de vista de custo capital, ampliar ou modificar instalações existentes do que construir instalações novas. Nós não vemos necessidade de construir instalações novas para produtos planos antes de 1980. A escassez de lugar pode ser resolvida pela expansão das instalações existentes.

Os pontos salientes no setor do produto plano que são realçados pelos capítulos anteriores, e que necessitam cuidadosa consideração, são os seguintes:

- (i) Ao ser atingido o ano de 1980 existirá uma falta prevista de 900 mil toneladas de tiras laminadas a quente. É justificado assumir que esta cifra aumente, possivelmente, com rapidez, nos primeiros anos da década seguinte.
- (ii) A próxima aceraria de tiras laminadas a quente a ser instalada no Brasil deve ser do tipo de operação contínua para se aproveitarem as vantagens tecnológicas descritas no Capítulo 17. Uma aceraria dessa natureza deve ter uma produção de pelo menos 3 milhões de toneladas por ano e pode ser desenhada para produções muito mais elevadas. A localização desta aceraria também é um assunto que merece um estudo muito importante. Importante será também considerar o futuro da aceraria de laminagem a quente já existente e pertencente a CSN que, em 1980, terá 34 anos de

idade provavelmente incapaz de trabalhar com eficiência.

- (iii) Se prevê uma escassez em 1980 em folha de flandres e em produção de chapas laminadas a frio, dois produtos que usam tiras laminadas a quente como matéria alimentadora. À luz deste fato parece que necessária seria uma instalação adicional para a produção de folha de flandres e, bem assim, que as instalações de produção de chapas agora existentes podem necessitar de expansão.

Como anteriormente se afirma abrange um número de problemas tecnológicos e logísticos que demandam estudos especializados que vão muito além das fronteiras deste relatório. Nós estamos de que já foi feito certo estudo visando o próximo programa de expansão de produtos planos, mas recomendamos que seja posto em movimento, tão cedo quanto possível, um estudo formal pormenorizado. Por exemplo, para que uma aceraria de tiras laminadas à quente possa ser absolutamente proficiente em 1980 tem de ser encomendada, o mais tardar em princípios de 1977. Estudos, engenharia pré-contratual, e mobilização de fundos podem bem levar três anos a realizar e, portanto, o estudo o mais tardar deverá ser iniciado até 1974.

A diferença entre a escassez prevista na capacidade de tiras laminadas à quente em 1980 e a capacidade de uma aceraria nova é muito considerável. Isto serve para demonstrar que expansão em um setor do processo dentro da seqüência total de processos na produção de chapas ou de folhos de flandres, começando pelo minério de ferro, geralmente produz uma situação de desequilíbrio. Acresce ainda que o avanço na procura é um processo contínuo que não pára em um momento dado como por exemplo em 1980. Portanto, necessário é, ter os olhos postos ainda mais para além ao ser formulada a política de investimento e ao serem tomadas as decisões necessárias.

Por estes motivos, é importante para o planejamento da produção de tiras, considerar este setor da indústria na sua totalidade. Isto deve ser facilitado pela recente decisão de fundir as três principais companhias de produtos planos sob a égide de uma companhia principal, propriedade do Estado. Embora seja uma idéia muito atraente em teoria o ter, em um único local, uma unidade de produção que se encontra em equilíbrio perfeito através de toda uma seqüência de processos, esta situação raras vêzes sucede na prática. Existe amplitude para transferência de materiais semi-acabados como, por exemplo, placas e bobinas laminadas à quente entre as diferentes acerarias. Este método de correção de desequilíbrios em acerarias individuais deveria ser explorado ao máximo tanto sob os aspectos práticos como econômicos.

A ser chegado o momento para encomendar acerarias novas para laminagem à quente e à frio é bem possível que tenham tido lugar maiores avanços tecnológicos. Por este motivo, recomendamos veementemente que sejam incorporados nos planejamentos feitos os métodos de engenharia mais modernos que sejam conhecidos até esta data. O estabelecimento e a manutenção de uma qualidade de primeira ordem é de importância imperativa no campo de produção de tiras largas. Neste campo é de importância vital para o Brasil o ser internacionalmente competitivo e, bem assim, que o rendimento de produtos de melhor qualidade seja um rendimento elevado.

Para a consumação deste princípio há necessidade de equipamentos do melhor padrão e qualidade.

36.2 Estrutura do setor de produtos não-planos

No setor de não-planos, a necessidade para construção de facilidades siderúrgicas num local inteiramente novo remove as complicações de planejamento que normalmente se encontram associadas com a expansão de instalações já existentes. Ao ser considerada a estrutura futura desse setor, temos que tomar em consideração neste artigo problemas, como, por exemplo, os processos a serem utilizados, as dimensões da instalação a ser construída, a localização da aceraria e o momento oportuno em que se devam tomar as decisões.

Se torna evidente, pelo capítulo anterior, que durante o período até 1980, nós prevemos que a capacidade adicional para a produção de aço seja dividida entre altos-fornos de produção de aço a oxigênio e fornelhas de arco elétrico baseadas em sucata.

A possibilidade de transportar convenientemente produtos semi-acabados no setor não plano, permite que se faça o planejamento da capacidade adicional de produtos semi-acabados, independentemente da planificação de facilidades adicionais de laminagem de produtos acabados. O ponto crucial é, portanto, a escolha entre processos de metal quente e à base de sucata para a produção do aço. Essa escolha tem de ser fatalmente restringida, até certo ponto, pelas existências disponíveis de sucata.

A recolha de sucata por uma forma bem organizada e adequadamente classificada obriga a um trabalho exaustivo da parte dos mercadores de sucata. Se a indústria de sucata não corresponder às exigências de reclamação e se atrasar nas suas atividades, as disponibilidades não serão certamente como se mostram no Quadro 35.1. É de interesse não esquecer que se o preço de sucata descer para além de um equilíbrio razoável entre a demanda e a procura, nesse caso existirá menor incentivo para se recolher certas espécies de sucata. Para que uma aceraria possa produzir o rendimento máximo do seu valor, é absolutamente essencial que contenha todos os processos existentes e a sucata vital para a sua operação seja prontamente recolhida, classificada e transportada. A falha em recolher 10 por cento do processo disponível e da sucata primordial para o processo resultaria, em tais circunstâncias, numa falta de sucata. Nos casos em que o rendimento médio de produtos acabados provindo de aço líquido é de 80 por cento, a posição se torna menos difícil. Todos os cálculos foram baseados assumindo que o Brasil não desejará importar sucata. Se houver necessidade de importar sucata, nesse caso, independentemente do problema da balança de pagamentos, o Brasil terá controle muito limitado sobre os preços da sucata. Se, em qualquer momento dado no futuro, for considerado de vantagem fazerem importação de sucata, em tais circunstâncias, a sucata adicional, seria facilmente consumida nas instalações BOF.

Se torna essencial, evidentemente, proceder imediatamente a um estudo pormenorizado da situação e fornecimento de sucata no Brasil. O estudo deveria incluir um exame muito minucioso da organização da indústria de sucata e da sua capacidade para recolher, classificar e transportar sucata para as acerarias, não esquecendo a possibilidade de que a receita por unidade de sucata manipulada pode descer se,

como se espera, o preço da sucata descer do seu alto nível presente de US\$ 40 por tonelada. As existências de sucata nos setores capitais e de processamento podem também necessitar maiores estudos, e as existências dentro das próprias acerarias constituem um fator crucial que requer reavaliação do rendimento esperado do processo. O efeito da distribuição regional das existências de sucata capital, deveria constituir um aspecto importante do estudo.

A forma de uma instalação nova à base de metal quente

Em virtude da limitação no fornecimento da sucata é de esperar que as necessidades adicionais da produção de aço a metal quente sejam, em termos gerais, dentre 3 a 4 milhões de toneladas por ano. Esta tonelagem não inclui os aços não comuns que são presentemente abrangidos pela categoria de aços especiais que será discutida no artigo seguinte. Duas perguntas surgem a respeito de acerarias novas; uma se as instalações devem ter forjamento de lingotes e laminagem primária para tarugos, ou fundição contínua de blocos seguida por laminagem para tarugos, ou fundição contínua de tarugos; a segunda pergunta é se a capacidade deverá ser instalada em uma ou em duas acerarias. (As econômicas em matéria de escala levam a considerar que a divisão entre três acerarias não é praticável).

Escolha da instalação de fundição:

A decisão de instalar fundições contínuas para blocos seguidas por laminagem para tarugos, ou a alternativa de fundição contínua de tarugos depende, até certo ponto, da dimensão das instalações, e parcialmente da gama de dimensões dos produtos semi-acabados que sejam requeridos pelos clientes tanto no país como no estrangeiro. A multiplicidade de dimensões de tarugos pode exigir uma gama de máquinas de fundição que quando combinadas com a gama de composições a serem fundidas pode levar a uma grave redução na utilização, e portanto, uma fundição contínua de tarugos numa base de cem por cento tem de ser excluída por motivos econômicos. Neste caso toda a produção ou parte dela pode ter necessidade de ser fundida em blocos que serão seguidamente laminados. Uma decisão para construir uma única aceraria, especialmente se esta tiver uma capacidade superior a três milhões de toneladas por ano, pode apresentar problemas tecnológicos que levam os planejadores a considerarem seriamente fundição de blocos e não fundição de tarugos. A demanda total de blocos para venda direta, laminagem e tubagens pode bem ser tal que as instalações existentes possam não estar em posição de satisfazer as necessidades, além de que parte da produção de instalações novas poderá ser necessária para produção para além de tarugos.

Todo o problema de escolha entre fundição de blocos ou fundição de tarugos deve constituir o assunto de um estudo especial. O estudo deve incluir um exame pormenorizado das dimensões do tarugo e composições requeridas tanto para consumo interno como para exportação. Deverá incluir também mais estudos dos fatores tecnológicos que afetem a escolha da instalação de fundição. O desenvolvimento levado a cabo pela United Steel nas suas acerarias do Sul de Chicago, onde se produzem blocos fundidos a uma velocidade contínua e elevada, integrada com facilidades para laminagem de tarugo, sem dúvida irá estabelecer padrões de rendimento que serão amplamente copiados no futuro. A escolha de instalação de fundição se encontra também associada com decisões sobre o local onde construir as novas instalações.

Localização de instalações adicionais para produção de aço com metal quente:

A localização de novas instalações no Brasil dependerá da posição relativa do fornecimento de matérias primas, mercados para produtos acabados e utilizantes de produtos semi-acabados. Estes últimos compreenderão instalações de re-laminagem (presentemente existe menos de 0.2 milhões de toneladas por ano localizadas perto de São Paulo), instalações existentes integradas e semi-integradas com capacidade potencial de laminagem que excede à capacidade potencial de manufatura de aço e indústrias associadas como, por exemplo, manufatura de tubagens e estiramento de fio máquina.

A maior parte da capacidade de produção em não planos se encontra localizada nas regiões de Minas, Rio de Janeiro e São Paulo, regiões que são também aquelas com maior procura do produto. O Quadro 36.1 compara a demanda interna prevista em 1980 com a capacidade existente. Se verificará que fora das três regiões acima referidas embora a capacidade e a procura não se encontrem equilibradas, as lacunas são tais que não existe necessidade de vulto para capacidade adicional, tendo em mente que a especialização do produto pelas acerarias tem de significar que nenhuma área é absolutamente auto-suficiente.

QUADRO 36.1 - LOCALIZAÇÃO DA CAPACIDADE E DEMANDA NACIONAL PREVISTA EM 1980 NO SETOR DE PRODUTOS NÃO PLANOS
(Milhares de toneladas de produto)

N ^o	Região Localização	Capacidade Prevista	Demanda 1980	Falta (1)
1	Norte	44	49	5
2	Norte-Nordeste	-	66	66
3	Nordeste	144	181	37
4	Este	(302)	144	(-162) (2)
5	Minas Gerais	1032	1022	-10
6	Central	-	75	75
7	Rio de Janeiro	677	957	280
8	São Paulo	1111	2433	1322
9	Paraná	20	124	104
10	Santa Catarina	-	48	48
11	Rio Grande do Sul	239	391	152

Notas (1) Uma falha negativa indica um excesso de capacidade sobre a procura

(2) A capacidade indicada na região 4 inclui a USIBA que, a este momento está planejando para produzir apenas tarugos.

Fonte: Baseado no Relatório da Tecnometal de 1969.

Para satisfazer a necessidade à volta de 3 a 4 milhões de toneladas por ano de metal quente, baseada na capacidade de produção não plana dentro do triângulo São Paulo - Rio de Janeiro e Minas Gerais, se poderiam adotar três métodos diferentes de estudo, cada um deles necessitando um exame pormenorizado. Estes métodos são:

- uma aceraria integrada construída num local independente;
- uma aceraria integrada construída num local ao longo da linha da costa;
- várias espécies de 'produção dispersada'.

Uma aceraria num local independente poderia ser situada perto de uma área onde se faça mineração de ferro. Carvão importado constituiria uma carga de retorno vindo da costa para a área mineira e, conseqüentemente, seria transportada a baixo custo. Produtos acabados poderiam ser embarcados da costa por trem de ferro e depois distribuídos por navios costeiros de cabotagem ou poderiam ser distribuídos diretamente por via rodoviária ou trem de ferro às principais áreas de consumo. No caso de transporte para áreas de menor demanda e para exportação viagens marítimas seriam, sem dúvida, as mais aconselháveis, não obstante a necessidade de transbordo. As desvantagens de um esquema dessa natureza seria que as acerarias se encontrariam bastante afastadas do seu mercado natural e que os transportes de produtos acabados por trem de ferro seriam dispendiosos, demandando material rolante diferente daquele usado para transporte de minério e de carvão.

Uma aceraria construída na linha da costa poderia ser erguida junto a um centro de procura ou em um ponto conveniente para o transporte de minério de ferro para a costa. Neste último caso, os produtos seriam largamente distribuídos por via marítima, enquanto que, no caso anterior, grande parte da produção faria uso das vias rodoviárias e ferroviárias. O estabelecimento de uma aceraria perto de um centro de procura ofereceria muitas vantagens. O movimento costeiro de minério constituiria uma operação regular que poderia usar barcos especializados, isso reduzindo significativamente o custo em comparação com aquele pago pelo embarque de produtos acabados. Além disso, o valor dos produtos em trânsito seria mais baixo, o que reduziria o capital de movimento. A sua proximidade de um mercado principal também beneficiaria a recolha de informações e asseguraria um serviço mais rápido.

Produção dispersada por diferentes acerarias poderia ser feita por uma das várias formas, por exemplo, uma fábrica produzindo tarugos distribuindo a maior parte da sua produção a relaminadoras situadas perto dos seus mercados; várias instalações integradas de pequenas dimensões, cada uma localizada junto ao mercado; ou várias instalações semi-integradas, localizadas também junto aos seus respectivos mercados. Produção centralizada de tarugos permitiria a produção de aço pelos sistemas de alto-forno - BOF a um nível razoável de escala enquanto que as relaminadoras poderiam ser localizadas junto aos seus respectivos mercados e poderiam ser instalações especializadas onde tal fosse aconselhável. Instalações para produção de tarugos teriam provavelmente capacidade de laminagem para satisfazer a demanda local em produtos acabados, e poderiam ser localizadas perto de uma mina de ferro ou num local ao longo da costa como acima foi discutido. O embarque de tarugos para relaminadoras poderia constituir uma carreira regular e a gama limitada de dimensões assistiria em muito o manuseamento; conseqüentemente, os custos de transporte para produtos acabados seriam inferiores quando em viagem sobre a mesma rota.

Qualquer escolha entre estes tipos de instalações necessitaria de ser baseada numa avaliação metódica e de natureza precisa sobre a demanda do mercado, custos de transporte relativos a determinadas localizações sob consideração e outros fatores econômicos e comerciais.

De uma maneira geral, locais junto a costa têm sido preferidos à locais junto a minas porque o custo de transporte de minério para costa é inferior ao de transporte de toneladas equivalentes de carvão para a mina e de produtos acabados para a costa.

Produção dispersada oferece certas vantagens que podem anular qualquer custo mais elevado. Permite um nível mais alto de contato com os mercados individuais e encoraja uma especialização efetiva. É provavelmente mais fácil de adaptar à condições de variação e poderia provar ser justificada sob o ponto de vista econômico.

A forma de uma possível instalação nova para produção de aço por arco-elétrico à base de sucata

Se pode dizer muito pouco sobre a dimensão e a possível localização de novas instalações produtoras de aço à base de sucata. A capacidade total instalada, como anteriormente se discutiu, dependerá de um exame à situação da sucata. Se a quantidade de sucata existente for abundante então existe, claramente, a possibilidade de construir uma ampla instalação a arco elétrico. Em tal caso o estudo de localização semelhante, na sua natureza, àquele feito para instalação de uma aceraria à metal quente, deverá ser levado a cabo. A maior parte da sucata se encontra no sudeste e uma grande instalação teria, provavelmente, de ser limitada a essa região. Quantidades de sucata menores podem justificar a construção de uma ou duas acerarias menores para preencher a lacuna.

A localização tanto de uma fonte de sucata como de instalações intermediárias de pequena capacidade nas regiões costeiras do norte sugerem com insistência que se faça um estudo da possibilidade de uma nova instalação produtora de aço à base de sucata naquela área.

A forma de capacidade nova de uma usina de acabamento no setor não plano

As possibilidades surgidas pela falta de capacidade se repetem em poucas palavras nos capítulos seguintes. Todas as instalações podem ser localizadas independentemente dos produtores de tarugos se tal for aconselhável.

A escassez prevista em fios máquina é de aproximadamente 800 mil toneladas. Esta capacidade pode ser satisfeita pela construção de duas ou mais usinas. As usinas teriam provavelmente produções de entre 300 a 600 mil toneladas por ano.

A falta prevista para barras mercantis é de cerca de 1 milhão de toneladas e de perfis ligeiros de cerca de 160 mil toneladas. Barras mercantis poderão provavelmente ser produzidas em usinas de alta capacidade para fabricação de barras e duas, ou possivelmente três usinas seriam necessárias para satisfazer a demanda em capacidade; existiria então capacidade nas usinas de barras mercantis existentes para a compensação da escassez na produção de perfis ligeiros.

A escassez prevista em tubos sem costura é de 360.000 toneladas mas se deve frisar aqui que esta cifra é dependente da extensão da substituição de tubos soldados por tubos sem costura, o assunto que requer um estudo muito pormenorizado bem como uma avaliação da gama do produto, dado que isto influencia o número de usinas a serem instaladas. É, todavia, de se esperar que a demanda extorvenha a necessitar a construção de duas ou três usinas adicionais para a produção de tubos.

Perfis médios e pesados: segundo as capacidades cotadas das usinas e o estudo feito nos mercados, parece não existir demanda adicional para perfis médios e pesados em 1980, mas seria prudente fazer uma re-avaliação desta situação porque o Brasil não se encontra presentemente em posição de laminar perfis muito pesados, um produto para que se possa materializar uma grande demanda no futuro.

Momento adequado para decisões no setor de produtos não planos

Este assunto só pode ser discutido nos termos mais generalizados enquanto não existirem planejamentos mais específicos. Se assumirmos que uma aceraria de grandes dimensões, de alto-forno, seria capaz de satisfazer toda a demanda para aço à base de metal quente que seja necessário adicionalmente e que esta aceraria estaria em funcionamento completo em 1980, nesse caso as obras para a sua construção teriam que começar em 1974/75. Os trabalhos preliminares de engenharia levariam pelo menos um ano a realizar; e estes teriam de ser precedidos por uma gama de estudos especiais como é recomendado neste relatório.

Facilidades para laminagem - acabamento constituem um problema mais simples de decidir porque tomariam a forma de série de instalações menores que seriam construídas como sua demanda tal determinasse.

36.3 Estrutura do setor de aços especiais

No quanto diz respeito à laminagem o setor de aços especiais pode ser dividido em produtos planos e produtos não planos, se bem que esta divisão não possa ser tão bem definida como no setor de aços comuns. Em matéria de produção siderúrgica não é possível fazer tais divisões.

Laminagem de produtos planos

Produtos planos podem ser classificados:

pranchas - na sua maior parte de aço inoxidável. Se assume que algumas das chapas de aço com elevado teor de carbono ou de liga baixa que requerem tratamento térmico se encontram incluídas no setor que trata dos produtos planos de aço comum.

tiras largas - na sua maior parte de aço inoxidável ou semelhante, mas também aços silícios e particularmente, chapas silícias orientadas para granulação.

tiras relativamente estreitas, até mais ou menos 500 milímetros de largura em aços com teor médio de carbono ou liga baixa, a maioria dos quais laminados à frio.

A falta prevista em capacidade para estes produtos é de 240.000 toneladas em 1980, em relação à capacidade existente de umas 40.000 toneladas no caso do aço silício que não é orientado para granulação. Não possuímos uma análise das faltas nos respectivos grupos individuais de produto, mas em qualquer caso a validade da demanda prevista tende a depender muito do crescimento na demanda para tiras de aço inoxidável que, por sua vez, dependerá imenso da sua disponibilidade. Consideramos, portanto, que no momento presente essa cifra seja tratada com uma certa reserva.

Nos parece que a demanda no Brasil para a prancha em aço inoxidável no Brasil não será suficiente para justificar durante muitos anos a construção de uma instalação especial para pranchas. É todavia, praticável a laminagem de quantidades limitadas em uma ou outra das instalações de prancha existentes por método de aluguel, e esta política devia certamente ser aquela adotada.

Tiras de aço inoxidável laminado à quente ou à frio (vendidos como laminados à frio) constituem, de fato, o ponto principal. O Brasil está encontrando as mesmas dificuldades de todos os outros países que enveredam pela produção de aço inoxidável - deverá ser criado inicialmente uma capacidade que deva ser excessiva para as necessidades imediatas ou deverá ser permitido que o mercado seja criado primeiramente por permissão de importação de quantidades substanciais? Nós, de nossa parte, pensamos que a resposta deverá ser um compromisso. Como sugerimos, no Capítulo 34, se poderá possivelmente encontrar um resposta em um aumento progressivo de usinas para produzir aço inoxidável e chapas silícias orientadas para granulação. Esta matéria, todavia, também justifica um estudo especial.

Em países industrializados tiras estreitas de qualidade especial até 500 milímetros de largura são produzidas em usinas pequenas contínuas ou semi-contínuas, algumas vé zes em usinas reversivas de laminação à frio. Mais uma vez aqui, apenas um estudo especial poderá revelar se uma operação desta natureza se justifica no Brasil.

Laminagem de produtos não planos

No setor de produtos de aços especiais não planos a capacidade existente de laminagem satisfará mais ou menos à procura esperada em 1980, e serão necessárias mais ou menos 540.000 toneladas por ano de capacidade adicional. Quase toda esta capacidade extra será mais para aços não comuns do que para aços de ligas altas. Serão necessárias pelo menos duas usinas novas de barras para satisfazer a demanda e as perguntas para que é necessário encontrar resposta são, que quantidade deste aço não comum do ponto de vista puramente tecnológico, pode ser processado em instalações dedicadas a produtos não planos em aço comum e, do ponto de vista de organização até que ponto é considerado aceitável, fragmentar, desta forma, a indústria de aços especiais.

Fabricação de aço no setor de aços especiais

Neste setor a produção de aço se encontra dividida entre aqueles aços que podem ser perfeitos pelo processo de alto-forno, BOF e aqueles aços que requerem fundição por arco elétrico. Como já foi notado, os elementos à nossa disposição não eram bastante claros entre as várias categorias de aços especiais e não especiais

para nos permitirem a determinação da demanda relativa em capacidade para estes dois processos. Embora este fato tenha de ser estabelecido em um outro estudo, se torna já aparente que deve haver necessidade para capacidade adicional para produção de aço por arco elétrico.

Por outro lado, aços não comuns e de liga baixa que podem ser feitos pelo processo de alto-forno são também usualmente adequados para a fundição contínua. Este fato, introduz a possibilidade de provimento de capacidade para estes graus num novo auto-forno, de grandes dimensões pelo processo BOF para aço comum se forem incorporadas facilidades de processamento, como por exemplo, desgasificação por vácuo.

36.4 Considerações de planejamento que são comuns a todos os setores da indústria

Até o momento nos temos concentrado sob o planejamento dos setores individuais da indústria à luz das diferentes implicações que afetam cada um destes setores, das tecnologias relevantes a cada setor e das tendências financeiras e econômicas na indústria siderúrgica mundial. Em muitos casos mostramos que as escolhas tecnológicas abertas à indústria brasileira podem ser restritas pela disponibilidade de materiais e de fontes de energia. Similarmente a localização das instalações podem ser governadas pelas suas relações com as fontes de abastecimento e com os centros de demanda. Fatores como estes são de importância geral e não devem ser limitadas apenas a um determinado setor. Todos esses fatores têm de ser reunidos no planejamento da indústria na sua globalidade.

Matérias primas e produtivas

No Capítulo 35 mostramos que um determinante de grande vulto no crescimento contínuo, no Brasil, de fabricação de aço com metal quente, é o fornecimento de redutíveis. As opções existentes são duas; primeira, a continuação de compra de carvão coqueificante importado; a segunda, o uso de redutível proveniente de carvões mais baratos usando técnicas desenvolvidas idênticas àquelas empregadas para o manufatura de coque formado. Repetimos, mais uma vez aqui, que é essencial à indústria brasileira manipular cuidadosamente e levar ensaios a cabo, onde se justifiquem, à procura de processos alternativos para manufatura de coque formado.

Afirmamos também que é necessário para uma indústria sadia que esteja assegurado o fornecimento de sucata de primeira qualidade; e, para este fim, que haveria necessidade de estabelecer uma indústria nacional de sucata. Alternativamente, sucata pode ser substituída por outra carga, de alta qualidade, como, por exemplo, produtos reduzidos (ferro poroso) fabricado com minérios de ferro indígenas de alta qualidade. Acentuamos a necessidade de um estudo pormenorizado tanto da mobilização da sucata como da produção de ferro poroso.

Refrotários, adições e ligas

O Brasil tem fontes adequadas da maioria destes materiais. É importante assegurar suficiente capacidade de processamento para produzir as toneladas desejadas nas formas preparadas e na qualidade requerida para satisfazer as necessidades da indústria.

Mercados internos

Embora estudos de mercados já tenham sido feitos e continuam é preciso não esquecer que uma das influências mais significativas na demanda de aço é, de fato, um fornecimento maior. Este fato, aliado ao desenvolvimento dos novos usos para o aço e da substituição do aço por outros materiais, faz com que seja de especial importância manter uma vigilância muito estreita às possíveis mudanças no padrão da demanda que possa afetar o planejamento da indústria.

Um desenvolvimento indicado pelas tendências comerciais mundiais é o aumento na comercialização do produto semi-acabado, principalmente de tarugos. Este fato pode facultar um meio de explorar desequilíbrios temporários e incapacidade, e, oportunamente, vir a constituir uma parte substancial do mercado por direito próprio.

Potencial de exportação da indústria siderúrgica brasileira

A expansão da indústria fazendo uso das tecnologias mais modernas existentes no momento colocará o Brasil numa posição satisfatória para competir nos mercados mundiais.

Desde que seja mantido controle sobre a demanda de sucata para assegurar que seu preço é controlado pelo custo da manufatura de aço por metal quente de preferência a ser controlada pela sua falta, os novos materiais serão relativamente baratos em comparação com aqueles de outras nações exportadoras. Isto será, até certo ponto, anulado pela necessidade de importar reduzíveis; todavia, o Brasil se encontra bem colocado para servir às necessidades dos países vizinhos na América Latina e deve explorar também o potencial do mercado na África Ocidental.

A possibilidade de construir acerarias para o fornecimento ao estrangeiro de produtos intermédios deve também merecer consideração. O Japão e os países da comunidade econômica européia poderão bem ter interesse especial em investir em acerarias de grande vulto, em localizações adequadas para manufatura de produtos semi-acabados para um mercado cativo a longo prazo. O efeito de um arranjo dessa natureza no Brasil, seria aumentar o valor das exportações de minério brasileiro.

Transporte

Há necessidade de estabelecer a disponibilidade de sistemas adequados de transporte para seleccionar a posição ótima para construção de unidades produtoras em relação às fontes de matérias-primas e aos mercados para os produtos acabados. O objetivo primordial do estudo do sistema de transporte é reduzir ao mínimo os custos totais de manuseamento os equilibrando com os custos das matérias-primas (tanto indígenas como importadas) contra o custo dos produtos acabados.

Os sistemas de transporte em bruto e que a presente indústria dispõe são complicados por vários fatores como por exemplo bitolas diferentes nos trilhos ferroviários. Todavia, de uma maneira geral, a rede ferroviária liga as fontes de matérias-primas ao mercado através dos centros de produção. Até que ponto estas facilidades serão adequadas em 1980 para servir à indústria em termos de capacidade de transporte, e do ponto de vista de empedimentos na localização de acerarias no-

vas, terão de ser estudados em grande pormenor.

Indústrias e serviços de apoio: investigação; e treino de pessoal

Estes assuntos são da maior importância e são abordados em capítulos separados para cada assunto - Capítulos 37 a 39.

CAPÍTULO 37 - DESENVOLVIMENTO DE CAPACIDADE PARA ENGENHARIA E MANUFATURA DE MAQUINARIA

Neste capítulo examinamos os passos que tenham de ser tomados antes de se poder arrancar uma aceraria com o objetivo de determinar como o Brasil pode eventualmente desenvolver uma capacidade local plena para toda a seqüência de operações.

A engenharia, o desenho e a construção de uma aceraria completamente integrada é um empreendimento de grande vulto que demanda a montagem, no local correto e no momento preciso de numerosas competências e tecnologia especializadas. Direta e indiretamente muitas milhares de pessoas estão empregadas nesse empreendimento por períodos que vão de entre mais de 2 até 3 anos.

A partir do início de um projeto até o arranque de uma instalação há que tomar os seguintes passos principais:

- Estudos de viabilidade
- Engenharia do projeto
- Administração do projeto
- Engenharia civil estrutural
- Desenho de maquinaria e equipamento
- Construção de maquinaria e equipamento

Em alguns destes campos os engenheiros brasileiros já têm a competência bastante necessária enquanto que em outros campos, ou presente, tem que se depositar confiança em peritos ou em organizações de países que tenham desenvolvido as suas indústrias siderúrgicas em um nível maior do que aquele existente no Brasil.

37.1 Estudo de viabilidade

Devido à magnitude do trabalho de desenho e construção de uma aceraria integrada e devido também às vastas somas de dinheiro que é necessário dispendir, se torna imperativo o estudo metuculoso e detalhado antes de ser tomada qualquer decisão para ir avante com o processo; esta fase é geralmente conhecida pelo nome de 'Estudo de Viabilidade'. Sem dúvida, algumas vezes é mesmo necessário fazer um 'Estudo de pré-viabilidade', cujo objetivo é examinar se existe um caso prima facie que justifique levar a cabo um dispendioso estudo de viabilidade.

As áreas primordiais que este estudo principal terá de abranger são:

O estudo de mercantilização para determinar que produtos podem ser vendidos, a que mercados podem ser vendidos e em que quantidades podem ser vendidos.

A existência de fornecimentos e de matérias primas.

A seleção do método de processo mais apropriado para os produtos a fazer e os fornecimentos existentes de matérias primas.

O cálculo aproximado do equilíbrio entre massa e energia com o propósito de determinar as quantidades de matérias primas e de fornecimentos que são requeridos.

A seleção do local da instalação, que é geralmente determinada numa base de reduzir ao mínimo o custo total de transporte das matérias primas e produtos mas que têm também de tomarem em consideração outros fatores ambientais.

A disposição das instalações no local de construção e a determinação das necessidades nos campos de engenharia civil e de construção.

O cálculo do capital necessário.

O cálculo das necessidades financeiras para o movimento comercial bem como as suas custas, as receitas a obter e a percentagem de lucros que se podem esperar.

Cálculo do fluxo das receitas e exame ou método de financiamento.

O produto final de um estudo de viabilidade desta natureza será a produzir um plano geral de aceraria mais indicada para as circunstâncias particulares do local, o relatório das necessidades em termos de materiais, manuseamento e finanças e um cálculo dos lucros e ou de outros benefícios que pode, evidentemente, produzir algumas vezes uma resposta negativa, isto é, se o tipo de aceraria prevista não constituir um empreendimento proveitoso.

Este estudo e o estabelecimento de um projeto viável demandam um julgamento muito profundo e são invariavelmente o produto de um esforço de uma turma de engenheiros e metalurgistas de grande competência que, conjuntamente, preparam o estudo sob uma chefia competente. A experiência provém de terem trabalhado anteriormente em estudos semelhantes, aliado ao acesso de informações sobre os êxitos e falhas e outros estudos em anos anteriores. Uma empresa siderúrgica de vulto e bem estabelecida, que se propanha construir uma instalação nova, é bem possível que conte entre o seu pessoal com homens de experiência vasta que se possam constituir em uma turma para levar a cabo este estudo; ao mesmo tempo poderá recrutar para assistir uma turma dessa natureza consultores especializados em determinados aspectos da tecnologia. Sem dúvida, esta forma de pensar é muito comum em países de grande produção, onde o aço já constitui parte da vida económica quotidiana.

Em países onde não é possível encontrar com facilidade pessoal de tal competência ou onde este não exista, é costume recrutar os serviços de engenheiros consultores com a experiência nesta área muito vasta da tecnologia. O número de

firmas ativas neste campo não é muito grande mas o seu emprego tem a vantagem de que, pelo fato do seu trabalho os levar a muitos países onde vêem muitas circunstâncias de frentes, a sua experiência é geralmente muito vasta. Um pequeno número de grande companhias siderúrgicas em países avançados neste ramo industrial também se encontram dispostas a fornecer serviços semelhantes, na sua totalidade ou parcialmente. Os seus conselhos têm o mérito de que são baseados nas suas próprias experiências e vicissitudes mas por isso, podem também ter um ponto de vista correspondentemente acanhado. Algumas das companhias de engenharia de máquinas também oferecem serviços consultivos que, em casos específicos, também são de grande valor.

No quanto respeita ao estabelecimento no Brasil de uma capacidade local plena, as três companhias de grande volume de manufatura de produtos planos já se encontram bem equipadas e dispoendo de engenheiros experimentados que compreendem bem a natureza do problema. Todas essas companhias foram construídas inicialmente à base de projetos submetidos por consultores estrangeiros ou por companhias siderúrgicas. Os seus planos de expansão foram promovidos de maneira semelhante e são, do ponto de vista tecnológico, suficientemente competentes para formarem um julgamento próprio sobre os méritos dos conselhos externos recebidos.

No setor de produtos não planos, aquelas companhias que se encontram bem afiliadas com empresas estrangeiras terão a vantagem dos conselhos das companhias principais ou das firmas concessionárias de licenças no quanto respeita planos de expansão e é, regra geral, no estabelecimento de uma instalação inteiramente nova num local nunca explorado que os problemas podem surgir tanto no prazo curto como no prazo médio. Existem no Brasil engenheiros com experiência bastante mas o problema está em saber se o seu número será suficiente para suportar os problemas que surgem no futuro imediato, tendo em consideração o regime projetado de crescimento.

Ao ser considerada, neste contexto, a capacidade local, seria muito sensato que se olhasse para as possibilidades de construir a base de ampliação daquilo que já existe. No Brasil existem firmas de engenheiros consultores que, segundo fomos informados, já trabalharam em esquemas relativamente pequenos dentro da indústria siderúrgica mas que ainda não levaram a cabo o estudo de viabilidades em grande escala para uma aceraria integrada de grande capacidade. Qualquer firma de consultores que possua no seu quadro de pessoal o número adequado de engenheiros bem versados nos vários aspectos da tecnologia de produção de ferro e de aço deve, com o apoio adequado de que evidentemente necessitam poder levar a cabo com eficiência estudo de viabilidade; todavia, o problema com uma firma nova é que geralmente para estabelecer a sua reputação precisa de ter tomado parte, com grande êxito, em projetos de grande valor.

Se sugere que a CONSIDER possa tomar a iniciativa de encorajar duas ou três das principais firmas de engenheiros consultores brasileiras a que tomem os passos necessários para se equiparem tecnologicamente com o propósito de assumirem a vanguarda no campo especializado do ferro e do aço. Isto poderia ser feito por um de dois métodos ou possivelmente por ambos os métodos. Em um deles se poderiam recrutar engenheiros especializados em aço para o quadro do pessoal, se necessariamente, no estrangeiro ou se poderia procurar uma associação com uma firma

consultora de grande experiência internacional por forma a obter aquela experiência que só se adquire em qualquer trabalho quando tenha sido feito pela respectiva firma em projetos específicos. Sem dúvida, segundo fomos informados, duas firmas brasileiras de consultores já possuem associações desta natureza.

Uma alternativa seria a CONSIDER atuar mais diretamente convidando um dos mais experientes engenheiros em indústrias siderúrgicas no Brasil a constituir uma pequena turma de estudo com especialistas jovens com certa experiência em operações siderúrgicas e seus problemas econômicos, que estudariam as várias disciplinas que tenham que ser consideradas na tecnologia global em países desenvolvidos. Quando chegar o momento de ser desenhada uma aceraria nova, pode ser aconselhável contratar os serviços de consultores estrangeiros, mas teria de ser uma das condições contratuais que os membros da turma de estudo teriam adjuntos às várias fases do trabalho numa forma que permitisse a máxima oportunidade para aprenderem por experiência própria. Subseqüentemente, o grupo de estudo estaria em posição de servir como turma consultiva com assistência externa quando se tornasse necessária. Um esquema desta natureza necessitaria de receber apoio oficial e apoio financeiro suficiente.

37.2 Engenharia de projeto e administração

Uma vez concluído o estudo de viabilidade e assumindo que o resultado desse estudo foi decidido proceder com o projeto, o desenho da aceraria recomendada pelo estudo deve então ser feito com o maior detalhe incluindo especificações para todos os itens da instalação e todos os grupos a montar, a fim de se poderem fazer concursos públicos para concorrência pelos fabricantes. Também devem ser estabelecidos os termos e desenhos em pormenor suficiente no quanto respeita à engenharia civil e de construção e, bem assim determinar as necessidades de todos os serviços requeridos pelo local da construção como, por exemplo, eletricidade e água.

Esta fase de engenharia da instalação constitui a primeira parte de uma atividade mais vasta da administração do projeto e que inclui:

Divisão do trabalho em contatos adequados

Concursos públicos para os contratos e seleção dos concorrentes

Programação do trabalho e controle desse programa.

Administração no local de construção e fiscalização do trabalho do empreiteiro

Controle de custo

Avanço da instalação

A instituição de uma organização administrativa adequada, se esta não for já existente, tem de ser a primeira atividade a levar a cabo uma vez tenha sido decidido prosseguir com o projeto.

No caso da indústria privada, será nomeado um conselho de administração, representando os acionistas, de harmonia com as leis comerciais da nação. Se o instalação vai ser propriedade do estado presumivelmente, o governo nomeará um governador ou um corpo administrativo. Este corpo, sobre o qual recairá a responsabilidade final, será constituído por um Chefe Executivo e ele, por sua vez, será responsável pelo estabelecimento da organização do projeto.

Conselho de Administração

Executivo - Chefe

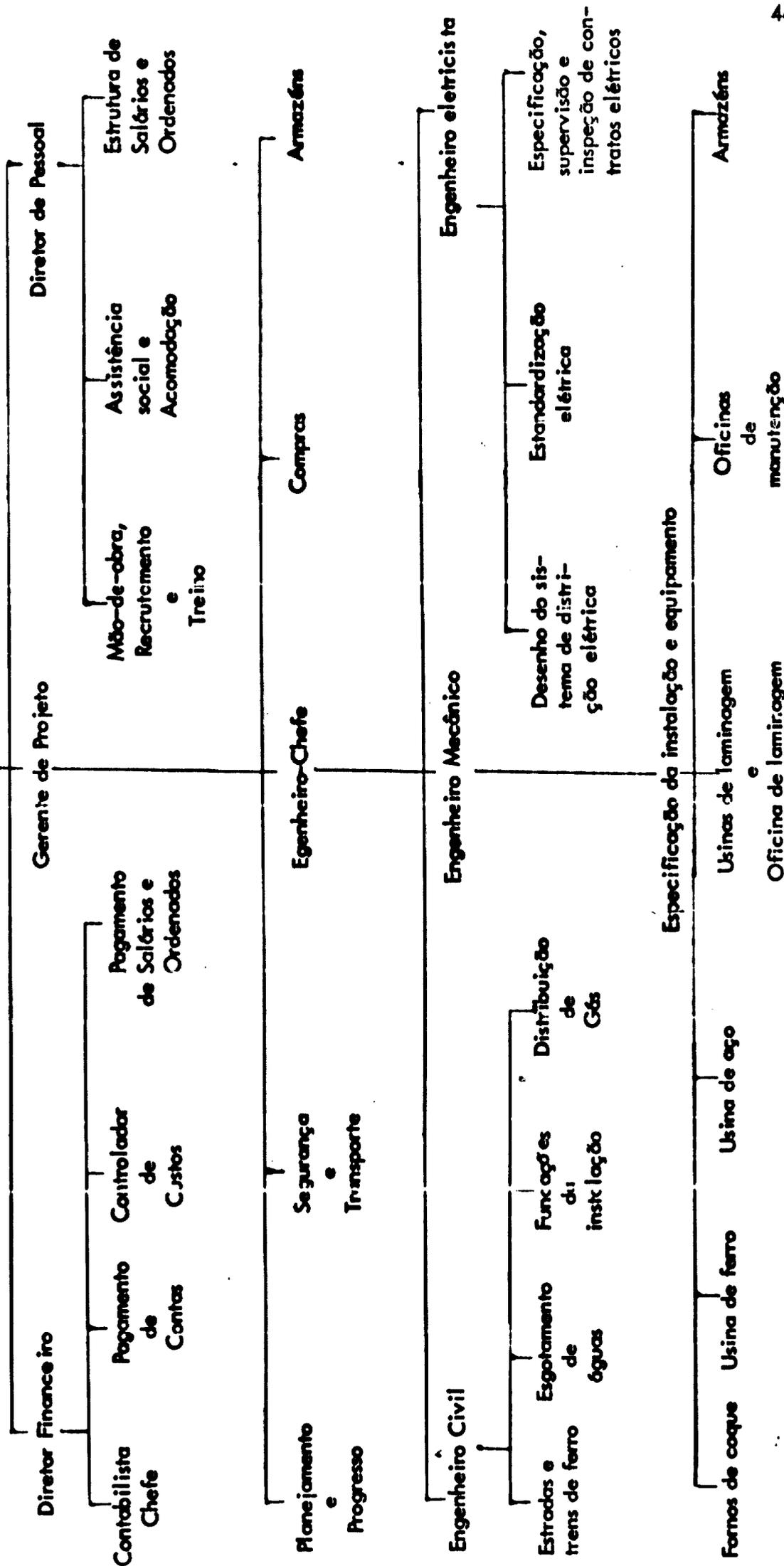


FIGURA 37.1 - CARTA DE UN DELINEAMENTO TÍPICO DA ORGANIZAÇÃO PARA ENGENHARIA, ADMINISTRAÇÃO E CONSTRUÇÃO DE UMA ACERARIA INTEGRADA PARA FERRO E AÇO

A Figura 37.1 mostra as funções principais que têm de ser desempenhadas.

As funções que cabem aos diretores de finanças e de pessoal não requerem comentários especiais.

A principal responsabilidade operacional caberá ao Gerente do Projeto. Ele, por sua vez, terá sob a sua direção o Engenheiro Chefe, uma unidade que o ajudará no planejamento da obra informando o progresso feito, um Oficial de Compras, que será responsável por uma custódia adequada e administração de contratos; um Superintendente de Armazéns, que será responsável por uma custódia adequada e administração de grandes quantidades de materiais e equipamentos que serão entregues no local da edificação e, finalmente, um Oficial de Segurança. É provável que o mesmo funcionário possa também administrar o serviço de transporte mas esta função tem de depender das circunstâncias locais.

O Engenheiro Chefe terá sob a sua direção um Engenheiro Civil, um Engenheiro Mecânico e um Engenheiro Eletricista. As funções que cabem a cada um deles se mostram na carta e não devem requerer mais comentários específicos. Desnecessário se torna dizer que estes funcionários superiores terão assistência do pessoal apropriado para os desempenhos das suas respectivas funções.

Enquanto que qualquer companhia que se esteja preparando para construir uma aceraria nova necessitará de um Conselho de Administração, um Chefe Executivo e de um Diretor de Finanças, é muito possível, no caso das restantes funções fazer um concurso para engenharia de instalação a ser construída numa base pronta de arrancar. Em contra-partida, a companhia, pode preferir fazer as suas nomeações abrangendo todo o campo da atividade. Entre estes dois tratamentos extremos para fins de construção existem várias situações intermediárias e o problema está em ajuizar bem qual delas é aquela que melhor serve o Brasil e as condições brasileiras em termos imediatos, perfados médios e a longo prazo. A resposta dependerá, mais uma vez, do número de engenheiros e administradores disponíveis para ocuparem as posições principais mostradas na carta no momento em que são necessários.

Existem evidentemente bons administradores e engenheiros de grande competência no Brasil, mas o governo está contemplando uma escala de expansão da indústria siderúrgica dentro de período e numa escala limitada pelo tempo que é, quase sem paralelo, exceto possivelmente na União Soviética e no Japão onde as existências em engenheiros são muito maiores. História e a experiência sugerem que o volume incalculável daquilo que se propõe pode ser bem para além dos recursos da mão-de-obra nacional competente que existe presentemente.

Indiscutivelmente, a existência de engenheiros com a experiência necessária tem constituído muitas vezes o fator limitante na construção de acerarias e, em muitos casos, em que o projeto se tem atrasado ou excedido o custo previsto isso se deveu ao fato da engenharia não ter sido adequadamente estudada antes das assinaturas de contratos ou de ser iniciado o trabalho propriamente dito. Não existe nada mais dispendioso em tempo e em dinheiro do que alterações nos planos durante a manufatura e construção. Isto quer dizer que se não deve ordenar qualquer trabalho enquanto todo o projeto não tenha sido bem estudado e analisado até o último dos seus pormenores. Enquanto um trabalho não se encontra bem definido

não é possível fazer a sua medição. Sem medição, não é possível preparar orçamentos financeiros de confiança nem autorizar e controlar, realisticamente, as despesas. Definição significa engenharia. Tempo e dinheiro dispendido em engenharia antes do trabalho de fato se iniciar é quase sempre tempo e dinheiro que se poupam ao final. Deve ser a função principal da administração executiva assegurar que este princípio seja rigidamente seguido.

No quanto respeita ao que já foi decidido, para o primeiro estágio, três das grandes acerarias brasileiras existentes irão ser ampliadas, e o trabalho sem dúvida será de responsabilidade, tanto em engenharia como em administração, do pessoal já existente nessas acerarias com aquele auxílio externo que os administradores julguem ser necessários. O mesmo se aplicaria à quaisquer expansões previstas para estas instalações. É provável que já exista localmente capacidade plena em engenharia de ferro e de aço dentro dessas companhias. Todavia, como vão estar empenhados neste programa durante alguns anos, pode ser difícil dispensar o número necessário de pessoal qualificado sem detrimento de outros projetos em mão.

O estabelecimento de uma instalação inteiramente nova num local nunca explorado pode necessitar para um grau de assistência externa sobretudo se esse programa é posto em execução concorrentemente com a expansão das instalações existentes.

Poderia bem ser, considerando todas as circunstâncias dos planos de siderurgia do Brasil, que seria de bom juízo, em qualquer eventualidade, colocar contratos para as unidades principais da instalação, isto é, a usina de ferro, a usina de aço, as usinas de laminagem e as oficinas de laminação, oficina de manutenção e armazens, numa base de contratos de entrega prontos a arrancar para cada respectivo perímetro. Quando a mão-de-obra em engenharia se encontra limitada no centro e com frequência melhor conjugar os recursos de empreiteiros de equipamento numa base de contratos de sublocação total da responsabilidade de engenharia, escusado dizer com um sistema apropriado de supervisão e de coordenação. Desta forma, se pode manter uma organização central com uma dimensão relativamente modesta.

Na prática, é muito normal encomendar fogões de coque e altos-fornos numa base de prontos a arrancar porque não existe outro método verdadeiramente prático. É convencional também contratar um alto-forno com todos os seus equipamento correlativos constituindo uma unidade única, sendo, no entanto, assunto para julgamento dependente de circunstâncias se será melhor incluir instalações de aglomeração quando se concede um contrato para a construção total de uma aceraria ou se as duas partes da instalação devem ser tratadas separadamente.

É desejável contratar uma aceraria à base de oxigênio em termos de prontos a arrancar, pelo menos no quanto diz respeito à engenharia. É importante que toda a instalação seja considerada como um conjunto integrado no quanto respeita a desenho e engenharia e existem grandes vantagens em colocar a responsabilidade total nas mãos de uma única empresa de engenheiros.

As usinas de laminação compreendem um assunto de grande diversidade, mas não é de esperar que uma companhia estabelecesse vastas instalações de laminação, como por exemplo, usinas para quente e à frio, usinas de barras, usinas de verga-

lhões ou usinas estruturais sem procurarem consultores externos em engenharia. A maior parte dos conhecimentos e da experiência existente se encontra nas mãos de firmas de reputação internacional dedicadas à construção de equipamentos. Consideramos que existe mérito, no estágio atual de desenvolvimento, na colocação de contratos para equipamentos de usinas de laminagem em termos de engenharia total e de construção numa base de entrega pronta a arrancar, o que inclui a colocação da responsabilidade nas mãos do construtor da usina pela definição e pela procura de todos os complexos que constituem essa usina, incluindo a parte elétrica, a parte de construção, os guindastes, as fornalhas, e todos os equipamentos correlativos.

Em todas as áreas da construção os contratos devem ser conferidos numa base que permita a máxima oportunidade aos engenheiros brasileiros para se associarem com a engenharia e a construção das unidades a serem instaladas, em todas as fases, tanto da produção, como da sua instalação. Mais uma vez aqui acentuamos que, seja qual for o nível em engenharia fornecido pelas universidades e colegios técnicos, apenas a experiência e a prática contínua permitem que os homens aprendam aquilo que constitui a engenharia e a construção de instalações para a indústria siderúrgica. Frisamos também, uma vez mais, que o desenvolvimento da 'capacidade local plena' na implementação de um projeto, tanto do ponto de vista de engenharia como do ponto de vista de administração, só pode ser conseguido, adotando tal processo.

37.3 Engenharia civil estrutural

Obras civis

Os vastos projetos de construção civil presentemente sob construção ou, recentemente completados no Brasil não deixam dúvidas de qualquer natureza de que existe dentro do país a capacidade para executar desenho e construção de engenharias civis para o tipo de projetos previstos.

Todavia, podem aparecer dificuldades devidas pura e simplesmente ao elevado volume daquilo que está proposto. A manutenção de um programa de desenho de engenharia civil e de construção é um ponto crucial na implementação bem ordenada de um projeto de construção de uma aceraria. O crescimento projetado da indústria siderúrgica brasileira dentro de um período de tempo previsto levará a demandas pesadas sobre os recursos nacionais em desenho de engenharia civil e sob os apoios logísticos da construção, isto é, sobre a capacidade de produção existente de cimento, reforços, aços estruturais e sobre algumas categorias de pessoal especializado.

Não existem dúvidas de que outras indústrias também têm projeto de expansão em mente a ser construídas ao mesmo tempo. O planejamento do uso destes recursos existentes, será portanto, de grande importância e nós colocamos a maior ênfase no desenho de engenharia civil, porque enquanto pelo menos não estejam estabelecidas as principais linhas gerais do desenho não é possível as necessidades físicas e materiais. Deste ponto de vista, é provavelmente desejável suplementar recursos nacionais em desenho com a assistência vinda do estrangeiro.

As necessidades prováveis da indústria siderúrgica para o regime de expansão previsto no quanto respeita à engenharia civil e aos trabalhos de fundações, são uma

demanda anual contínua de cerca de entre 600.000 a 700.000 m³ de trabalho de betão armado com o valor de cerca de US\$ 100 milhões por ano. Isto significará entre 150.000 e 180.000 toneladas de cimento e entre 60.000 e 70.000 toneladas de reforço por ano.

No ano de 1969 cinco das principais companhias de engenharia civil executaram contratos com um valor aproximado de US\$ 1.500 milhões no campo de trabalhos industriais e públicos, o que indica a existência de um nível satisfatório de competência dentro de toda a indústria.

Já foi aprovado um programa de desenvolvimento para aumentar a produção da indústria de fabricação de cimento o que levará a um aumento na produção anual até 25.5 milhões de toneladas ao ser atingido o ano de 1975.

Aços estruturais

Embora algumas edificações numa aceraria possam ser construídas com betão armado, regra geral, todas as partes de um programa de desenvolvimento necessitarão de fornecimentos de aços estruturais. O mérito de continuar a importar estruturas de aço pesado tem de ser analisado à luz do crescimento no mercado interno que é suscetível de substituir certas áreas na construção em betão armado.

As necessidades prováveis do programa da indústria de aço para fabricação de aços estruturais de vulto são entre 50.000 a 60.000 toneladas por ano. A possível capacidade de fabricação está presente em instalações que produzem soldagens estruturais e que se encontram adjacentes às acerarias da CSN e da USIMINAS que, segundo consta, tem uma capacidade combinada de aproximadamente 55.000 toneladas por ano. Isto leva a dizer que será necessário uma certa expansão para que possa satisfazer a demanda total. Presentemente não existem no Brasil perfis laminados pesados.

Acresce ainda que betão armado é usado vastamente em pequenas obras de edificação industrial e não industrial; para assegurar o uso econômico contínuo de quaisquer facilidades novas para a produção de aço, o programa de desenvolvimento fora da indústria siderúrgica tem de incluir projetos que requeiram aços estruturais, porque, do contrário, a despesa capital e o treino de engenheiros e de artífices se não pode justificar.

37.4 Desenho de maquinaria e equipamento

Todos os países que produzem aço têm beneficiado, a uma altura ou outra, desenvolvimentos em desenhos de maquinaria que tenham tido lugar em outros países. Por exemplo em altos-fornos, a indústria siderúrgica dos Estados Unidos na primeira metade do século, melhorou as práticas europeias de que a sua tecnologia tinha originalmente derivado dentro da última década os japoneses, construindo nesta base, tomaram a testa no desenvolvimento ainda maior do alto-forno construindo unidades com uma produção vastíssima que oferecem grandes benefícios devidos a sua grande escala. Muitos desses desenvolvimentos têm sido acompanhados por dificuldades e por problemas. Não nos passa pela cabeça que o Brasil faça outra coisa que não seja adquirir a mais completa tecnologia existente nas várias fontes mundiais e aplicando, dentro do seu conceito, as necessidades de que carece, pelo menos durante a década presente.

Este mesmo princípio se aplica a quase todos os campos das instalações para a produção de ferro e aço. Por exemplo, a laminação contínua de tiras largas de aço, à quente e à frio, começou nos Estados Unidos no quartel de 1920. Os desenvolvimentos desde essa data para cá, tanto nos Estados Unidos como em outros países, têm sido tão vastos e os avanços tecnológicos em desenho de equipamento tão grandes, que o Brasil não poderia aspirar e os poder acompanhar logo de início e, sem dúvida, desejará ter acesso à tecnologia mundial, para dela fazer uso e para melhorar a medida que oportunidades se apresentem.

Com o decorrer do tempo os fabricantes brasileiros de aço irão também fazer as suas contribuições ao mundo, mas em termos curtos e médios de tempo, os depositantes de tecnologia de equipamento continuarão a ser as companhias especializadas de engenharia que têm a experiência do que sucedeu com o crescimento de novos processos e estão em posição de aplicar esse crescimento em termos de desenho de engenharia. Se pode prever que, em princípio, tais companhias entrem em acordos de licenciamento com companhias siderúrgicas e de engenharia do Brasil assegurando o intercâmbio de tecnologia como uma base, quando apropriada, para a produção de desenhos no Brasil para contratos específicos. Recomendamos que este princípio seja encorajado, porque permite que os engenheiros brasileiros adquiram conhecimentos fundamentais e atualizados em desenho de maquinaria e equipamento. Esta política demandará uma soma modesta em cambiais, mas porque é uma soma modesta se torna mais econômica de todos os pontos de vista do que a política alternativa, provavelmente impraticável, de criar institutos de desenho brasileiros, para produção de desenhos novos de maquinaria e equipamento de grande vulto à base de princípios fundamentais.

Em resumo, portanto, somos de opinião que não se trata de um objetivo desejável e imediato uma 'capacidade local plena para desenho de maquinaria e equipamento'. O Brasil, no seu programa corrente, deveria fazer o que outros países fizeram procurando inicialmente adquirir os melhores desenhos de equipamento existentes nas fontes mundiais sem quaisquer restrições. Com o decorrer do tempo, não temos dúvida de que melhorará e beneficiará esses desenhos à luz da experiência prática e de investigações planejadas. Em momento oportuno, quando os engenheiros brasileiros estiverem convencidos de que os dados e elementos adquiridos desta forma lhes permitem desenhar produtos melhores ou novos, evidentemente que os devem construir se forem uma proposição econômica. Esta tem sido a idéia geral do desenvolvimento fora dos países autoritários.

37.5 Construção de instalações e maquinaria

Considerações gerais

Implícito no objetivo de desenvolvimento de uma indústria importante para produção de ferro e de aço é o desenvolvimento associado do número de indústrias que passem a consumir ferro e aço. Eventualmente essas indústrias contribuirão mais do que dez vezes para o produto nacional bruto gerado pela própria indústria siderúrgica. Evidentemente a realização de um aumento planejado da capacidade da indústria de ferro e de aço só pode ter significado no contexto de uma expansão concorrente e em um desenvolvimento das principais indústrias consumidoras de aço; sem a existência dessas indústrias consumidoras a indústria siderúrgica brasileira abortaria. Portanto a dedicação de recursos à estimulação do desenvolvimento dessas

Indústrias tem de constituir uma primeira prioridade; como os recursos totais são limitados, os méritos comparativos dos projetos alternativos de desenvolvimento necessitarão de exame pormenorizado antes de serem tomadas decisões.

Em termos curtos, isto é, durante o período durante o qual se tem de construir as novas acerarias que vão satisfazer a demanda de produtos em 1980, a indústria de construção de maquinaria para a produção de ferro e de aço, na sua totalidade, é natural que seja considerada como tendo uma prioridade mais baixa na sua reclamação de recursos, porque existirão lucros mais atraentes com investimentos à indústria cujo consumo é muito mais intenso. A velocidade com que o Brasil pode desenvolver uma capacidade plena neste campo será determinada, principalmente, pelo regime a que a economia brasileira possa acomodar o crescimento do produto nacional.

Todavia, existem setores da indústria de fabricação de maquinaria para aço onde o desenvolvimento imediato produziria resultados compensadores. Em particular, aqueles setores que fornecem maquinarias a um número de outras indústrias que reclamam também um desenvolvimento maior num futuro não muito distante. Exemplos dentro dessa categoria, são as indústrias de equipamentos elétricos, que fornecem itens como motores e sistemas de comutação para uma variedade de utilizantes industriais e a indústria de maquinaria para manuseamento mecânico que também fornecerá uma variedade de utilizantes como transportadores, guindastes, e equipamento de manuseamento móvel. Outros setores que deveriam ser expandidos dentro de um futuro muito próximo são aqueles que fazem fornecimentos regulares ou que fornecem itens de substituição para a indústria siderúrgica. Exemplos neste campo, são as firmas que se dedicam à produção de tijolos refratários e de lâminas para as usinas de laminagem.

Do ponto de vista das necessidades totais da indústria siderúrgica em um futuro próximo, se pode dizer que o regime de expansão corresponda a instalação de uma tonelagem anual de instalações de equipamentos de entre 100.000 a 120.000 toneladas, com um valor médio, incluindo custos de engenharia e de desenho de cerca de \$1.000 por tonelada.

Manufatura de maquinaria pesada

Nas indústrias de manufatura de maquinaria médio e pesado, o Brasil já tem uma capacidade de produção e, obviamente seria de interesse nacional o desenvolvimento necessário para aumentar a produção anual destas indústrias. As necessidades, dentro do Brasil, para itens muito pesados e muito sofisticados de equipamento mecânico e elétrico não são de esperar que sejam de grande volume ou de necessidade regular e não se prevê que esta área particular de manufatura possa ser estabelecida economicamente no momento presente.

Uma grande proporção de maquinaria e equipamento que constitui os vários itens de uma fábrica de ferro e de aço é relativamente simples de fabricar e de construir mas as dimensões das instalações atuais são tais que as fábricas para a sua produção precisam de ser equipadas, em alguns casos, de forma o que possam manusear, maquirar e conformar peças de equipamento que têm um peso enorme.

A manufatura de altos-fornos, de instalações para concrecionamento, de ins-

talações para peletização e, até certo ponto, instalações para produção de aço, exigem uma grande proporção das facilidades serem do tipo usado para produção de caldeiras, isto é capacidade e facilidade para dobramento e configuração de grandes chapas que são depois unidas entre si com bastante grau de precisão. No caso de uma instalação para produção de ferro, a carcaça exterior da fornalha é montada no seu local de trabalho com perfis construídos e preparados propositadamente na oficina do construtor, enquanto que os colheirões para a produção de aço são completamente montados antes de deixarem a oficina onde foram construídos e unidades como, por exemplo, os carros para transferência de colheirão são uma combinação de fabricações soldadas para o corpo principal e de maquinaria para a sua proporção. Uma outra secção muito grande do equipamento é aquela compreendida por estruturas de aço onde são alojados vários equipamentos especializados do processo e uma quantidade considerável de partes maquinadas e de forjamentos em ferro e em aço. A maioria do trabalho para a construção destes itens de maquinaria exige facilidades de fabricação que se encontram dentro das capacidades normais da indústria de engenharia e que são, de uma maneira considerável, já existentes no Brasil. Os vasos para produção de aço pelo processo básico de oxigênio, todavia, são de uma maneira geral fabricações muito volumosas e soldadas constituídas por partes componentes muito pesadas. Manufatura desses vasos demanda soldagem de alta qualidade e requer a existência de guinchos nas oficinas de construção e de máquinas ferramentas de grande capacidade. Não seria possível construir uma capacidade para produzir apenas vasos para a fabricação de aço, porque uma facilidade desta natureza para ser econômica tem de possuir um mercado para outros produtos como, por exemplo, grandes vasos de pressão.

Poços de ensopamentos, fornalhas de reaquecimento e fornalhas de tratamento térmico, compreendem, em grande parte, fabricações de aço estrutural, tijolos refratários e forjamentos, bem como certo equipamento mecânico. Normalmente, a fabricação de fornalhas não demanda facilidades de manufatura que se não encontram dentro das capacidades produtivas das firmas de engenharia dedicadas a produtos médios e pesados. As fornalhas para a produção de aço por arco elétrico tem um certo elemento elétrico especializado mas o restante equipamento acompanha as linhas gerais adotadas na construção de fornalhas.

Fabricação de maquinaria

Esta fabricação inclui ventiladores para altos fornos, pequenos tubos geradores, equipamento para usina de laminagem e itens de maquinaria em todos os outros perfis de instalação. A maioria das máquinas ferramentas necessárias são convencionais, embora muitas das partes aplicadas na usina sejam hoje em dia desenhadas especialmente para maquinagem em máquinas pesadas de frisagem horizontal que, com frequência, se encontram equipadas com controle numérico. Existe também necessidade de uma gama de engrenagens comportantes constituída por engrenagens para trabalho pesado de passo grosso que, em dimensão, vão desde pequenos pinhões duplos helicoidais até as rodas dentadas com, digamos 1,5 metros de diâmetro. Quase todos os componentes podem ser feitos em oficinas equipadas com guinchos suspensos com uma capacidade de entre 10 a 20 toneladas, enquanto que a maioria das unidades máquinas podem ser montadas em oficinas de montagem equipadas com guindastes com uma capacidade de içamento de 50 toneladas.

Consideramos que o Brasil se deveria colocar numa posição que lhe permitisse, em termos gerais, fornecer a maioria deste equipamento.

Para além destes pesos se encontra um grupo de itens que é constituído, principalmente, pelos bastidores da usina de laminagem para as usinas primárias e para as usinas de laminagem de tiras à quente e à frio. Existem muito poucas fundições de aço no mundo capazes de produzirem estes forjamentos e estas facilidades se não podem instalar economicamente a menos que exista a perspectiva de uma demanda complementar para forjamento muito grande em aço na categoria de entre 100 a 200 toneladas, para o uso em outras indústrias capitais e, tal situação não pode ser prevista como realizável no Brasil dentro dos 10 anos mais próximos.

Identicamente, oficinas capazes de fazerem a maquinagem de peças com estas dimensões com a precisão requerida são, de fato, unidades altamente especializadas. Unidades dessa natureza demandam maquinaria muito custosa e pessoal operador e supervisão, ambos altamente experimentados e especializados. As oficinas propriamente ditas com facilidades para instalação de guindastes capazes de içar 150 a 200 toneladas em peso são também muito dispendiosas. Nós não recomendamos este tipo de investimento e somos de opinião de que o Brasil deveria continuar a política de importar estas unidades extremamente pesadas para laminagem. Quase todas as principais companhias de engenharia que produzem usinas de laminagem estarão sempre prontas a assinar contratos na base de que fornecerão elas próprias as unidades pesadas deixando à indústria brasileira a manufatura das unidades de maquinaria que se encontram dentro das capacidades de produção do Brasil.

A maioria dos guindastes suspensos para acerarias, são, essencialmente, semelhantes aqueles que se usam nas fábricas de engenharia dedicadas a produtos médios e pesados e necessitam das mesmas facilidades para a sua construção. Pelo que vimos da indústria de engenharia mecânica do Brasil (e temos de confessar que as nossas visitas foram limitadas), nos parece que o Brasil já se encontra virtualmente auto-suficiente na produção de guindastes, exceto no caso de alguns guindastes muito especializados colheirão e daqueles que contêm engrenagens de controle elétrico muito sofisticadas. As companhias de engenharia brasileiras já estão procurando e obtendo acordos de licenciamento com companhias de engenharia internacionalmente conhecidas pela sua fabricação de usinas de laminagem. Ficamos muito bem impressionados com o vigor e com a energia que está sendo dedicada nestes sentidos e pensamos que se os planos para a indústria siderúrgica do país forem conhecidos com tempo suficiente, a indústria de engenharia nacional tomará todos os passos que sejam necessários para fornecer aquilo que seja economicamente possível de produzir. Não nos parece que seja necessário impor qualquer pressão especial na indústria de engenharia que exceda o passo natural do desenvolvimento, embora a CONSIDER deseje, presumivelmente, verificar de tempos a tempos que os planos de expansão estão, de fato, a serem implementados por forma a satisfazer as necessidades dos desenvolvimentos da siderurgia do Brasil.

Devemos esclarecer, todavia, que não nos foi possível, dentro do tempo ao nosso dispor para proceder ao estudo a fazer quaisquer cálculos quantitativos da capacidade de manufatura da engenharia pesada brasileira nem a fazer a relação dessa capacidade com a demanda prevista. É possível que a CONSIDER se encarregue ou encomende um estudo que sirva de base à monitorização subsequente que seja levada a cabo. É de interesse mencionar neste contexto que quando, em 1946 a indústria siderúrgica do Reino Unido se decidiu pelo seu vasto plano de expansão do

após guerra, a British Iron and Steel Corporation que era o órgão central da indústria pediu à Associação representando os fabricantes de equipamentos, garantias específicas sobre a competência dos seus membros para executarem a maior parte do programa estipulado. Deste fato resultou um considerável investimento adicional da parte dos fabricantes de maquinaria para ampliarem as suas facilidades próprias que, do contrário, só existiriam demasiado cedo ou demasiado tarde. A CONSIDER pode bem pensar numa iniciativa semelhante que seria de vantagem realizar no Brasil dentro de um futuro próximo embora, para ser efetiva, necessitará de especificar com uma precisão quase perfeita não só o programa pretendido mas também o seu tempo e fases de realização.

37.6 Produção de rolos

É evidente que aumentos em produção de aço são um aumento correspondente num consumo de rolos de laminagem. Existem vários tipos distintos de rolos de laminagem e, presentemente, a maior parte dos seus tipos está sendo construída no Brasil se bem que não em volume necessário para que o país seja auto-suficiente. A Villares é a maior produtor de rolos para usinas de laminagem, produzindo rolos com proteção em aço forjado, rolos do tipo de aço forjado para usinas de laminagem à quente e rolos em liga de aço forjado e temperados para usinas de laminagem à frio possuem um acordo de fabricação sobre licença com a Ohio Steel Foundry e as suas facilidades parecem ser excelentes comparando bem com as companhias internacionais de manufatura de rolos. A sua capacidade pode ser vastamente aumentada com um rendimento marginal e segundo afirmaram a sua política é a de fornecer eventualmente e num futuro próximo cerca de 60 por cento do mercado. Isto significará um aumento da sua produção presente de todos os tipos de rolos de 350 toneladas por mês para 950 toneladas por mês em 1975, das quais 150 toneladas por mês seriam em rolos forjados. Em sua opinião lhes parece ser ujuizado continuo a manter uma certa importação, porque a competição entre fornecedores de rolos de qualidade e rendimentos adequados é muito vigorosa estão convencidos de que é necessário manter este entusiasmo para não se dar uma quebra na eficiência das suas próprias operações. Este fato, é em nossa opinião, uma visão de muito mérito.

A CSN também forja parte das suas necessidades em rolos para usinas de laminagem à quente e também rolos para a sua usina estrutural mas sofrem de falta de capacidade de maquinaria. Presentemente estão recorrendo da Villares para solucionar este problema, mas se trata de assunto que necessita de atenção se a expansão da produção da Villares tenha mais tarde de absorver a capacidade total da sua maquinaria.

O mercado para rolos mercantis menores, que são, na sua maior parte forjados com ferro especial e semi-aço, é correntemente satisfeito em parte pela Villares e em parte por fundições de menores dimensões na área de São Paulo e em parte também por importações. Não temos informações sobre as percentagens de fato mas as importações parecem ser de pouca importância.

Algumas cifras da vida útil dos rolos de produção nacional que nos foram dadas se afiguram como sendo bastante abaixo das experiências que conhecemos no mercado internacional. Todavia, não damos grande importância a este fato porque se trata de uma área onde comparações são notoriamente de pouca confiança e

desorientadoras, a menos que se conheçam bem todas as condições em que funcionam. Não vemos motivo algum porque os rolos brasileiros não possam ser iguais aos melhores rolos existentes e como a Villares já conseguiu desenvolver certo mercado de exportação se pode assumir que a sua qualidade é de uma maneira geral satisfatória.

Estamos convencidos, portanto, que desde que a indústria siderúrgica brasileira continue a tornar conhecidos os seus planos de expansão com antecipação suficiente, a presente indústria de rolas fará com certeza, tudo quanto seja necessário no campo de investimento privado para que possa satisfazer a totalidade das necessidades nacionais. Todavia, poderão haver certas exceções. Não nos parece que seria econômico, por exemplo, que o Brasil fabricasse os rolos de apoio para as projetadas usinas de chapas de 160 polegadas devido ao seu grande peso e a necessidade de facilidades dispendiosas para a operação com produtos pesados facilidades que não poderiam ser utilizadas numa base plena. Nós damos importância também à modificação de necessidades com a maior antecedência possível para que a indústria de rolos possa saber em que direção se deve expandir, isto é, ferro fundido, ou aço forjado. Nos parece que se deve manter uma margem razoável como um meio de assegurar que a indústria siderúrgica brasileira tenha à sua disposição rolos que se comparem às melhores que existam no estrangeiro.

37.7 Equipamento elétrico

As necessidades do programa de expansão para a indústria requerem que se faça despesa em equipamento elétrico, incluindo motores, sistemas de comutação e cablagem num montante de US\$35 a 40 milhões por ano.

A base de discussões com fornecedores de equipamento elétrico brasileiro, embora sem qualquer investigação pomenorizada da nossa parte, nos pareça justificado assumir de que os transformadores motores de sistemas de comutação geralmente utilizados podem ser fornecidos pela presente indústria privada brasileira, indústria que se pode esperar que aumente a custo de um investimento apenas marginal. Mais uma vez aqui é necessário que os planos de desenvolvimento sejam publicados muito tempo antes de se darem as necessidades de fato, a fim de que a indústria fornecedora tenha tempo para ajuizar as necessidades em pormenor e tomar todos os passos que se tornem necessários.

Existem, contudo, certas instalações elétricas em usinas de laminagem que exigem menção especial. As transmissões principais e as engrenagens de controle para as grandes usinas reversíveis e para usinas contínuas incluem certas partes de engenharia altamente sofisticadas especialmente quando se requerem relações de velocidade muito precisa e resposta imediata quando se tornem necessárias variações na laminagem. Não nos parece ajuizado que as firmas do equipamento elétrico do Brasil tentem fabricar este equipamento exceto sob licença concedida por companhias experimentadas dos EUA ou da Europa; deve ser ajuizado, pelo menos em termos médios continuar a importar estes equipamentos.

A moderna tendência no desenho de mesas de laminagem é que cada rolo tenha o seu motor individual de transmissão que envolve uma produção múltipla destas máquinas. As características de velocidade variável que são requeridas destes motores são muitas vezes obtidas empregando correntes alternadas de frequência variável. Não vemos qualquer razão que nos leve a dizer que estas fabricações devem ser obtidas em regime de contrato de licenciamento se é que tais contratos já não existem no Brasil.

Instrumentação e equipamento de controle

Todos os aspectos da produção de ferro e de aço demandam sistemas de controle e de instrumentação que, na sua maior parte, são os instrumentos comuns básicos. Uma indústria de instrumentos não pode ser justificada apenas pela demanda gerada pela indústria siderúrgica mesmo no caso de um programa de tanto vulto como aquele que se prevê no Brasil. Todavia, como se prevê um crescimento geral na vida industrial brasileira existirá uma demanda maior para sistemas de controle e para instrumentação.

Num clima de expansão industrial, como o presente, se deve esperar que se desenvolva uma indústria vigorosa nesse setor sem que exista qualquer estímulo particular provindo da indústria de aço. Será, todavia, importante que a indústria siderúrgica se mantenha em estreito contato com a indústria de instrumentos ajudando a instalar as seções para aplicações especiais que tratem de velocidades específicas das acerarias brasileiras.

37.8 Conclusões e recomendações

Não parece que exista razão porque o Brasil não possa melhorar continuamente a sua capacidade para se encarregar, com os recursos indígenas, de pelo menos uma parte da planificação e da engenharia para a expansão da indústria siderúrgica. Em particular recomendamos a formação, num futuro muito próximo, de grupos consultivos que tenham ligações eficientes e efetivas com consultores internacionais e de renome para iniciarem e levarem a cabo estudos de viabilidade e desenho de engenharia.

Recomendamos que seja prestada atenção especial aos problemas da engenharia estrutural associados com acerarias de produtos pesados e também que as técnicas de administração de projetos sejam estudadas e dominadas pelos engenheiros brasileiros.

Estamos convencidos de que as indústrias fabricantes de maquinarias e equipamento que apoiam a indústria siderúrgica se desenvolveram no Brasil numa escala nacional e que seria de mau juízo forçar, artificialmente, o passo do desenvolvimento. Desta forma o Brasil se deve desenvolver numa base mais ampla da engenharia pesada que, com o decorrer do tempo, se encontrará em posição de produzir uma gama cada vez maior de maquinarias para a indústria siderúrgica. Recomendamos que o estágio inicial no desenvolvimento desta capacidade produtora seja baseado em desenhos importados e construída sobre licença; isto permitirá a indústria que se estabeleça com excelentes fundações antes de embarcar num estágio comparativamente mais arriscado de desenho e de construção de maquinaria integralmente brasileira.

No caso das indústrias correlativas como são, por exemplo, a engenharia elétrica e a da instrumentação recomendamos que as indústrias existentes continuem a servir uma vasta gama de indústrias de preferência a se concentrarem nas necessidades especializadas e mais acanhadas da maquinaria para a indústria de aço se bem que, com o decorrer dos tempos, aumentam também os meios de poder satisfazer também essa indústria.

CAPÍTULO 38 - INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO

Uma das decisões mais difíceis para as nações em processo de industrialização se refere ao emprego dos seus recursos a longo-prazo mais do que dos benefícios imediatos que pode adquirir. Qualquer investimento para o futuro requer um sacrifício no presente. Esta dificuldade se apresenta ainda com mais evidência quando o benefício futuro é incerto e intangível como é o caso de investigação e desenvolvimento. É evidente, bastando apenas para isso olhar para as práticas adotadas noutros pontos do mundo, que uma vasta indústria siderúrgica, por exemplo, necessita de um alto nível de atividade em investigação e desenvolvimento. O que é menos evidente é o montante dos recursos que devem ser alocados para tais propósitos e os objetivos totais que devem ser prosseguidos.

38.1 Prática mundial

Como um primeiro passo para se avaliar o nível de esforço que deve ser dedicado à investigação e ao desenvolvimento, se pode sem dúvida olhar para aqueles níveis que são aqueles que se aceitam em outras partes do mundo. Como é apenas de esperar despesas em investigação e em desenvolvimento variam com a produção do aço como se mostra na Quadro 38.1. A maior despesa é feita nos EUA, seguida do Japão, enquanto que a Holanda tem um nível mais baixo de despesa dentre os países que se incluem para fins de comparação. Comparação de despesas por tonelada de produção não constitui, todavia, uma relação com um nível de produção. Se poderia pensar que os EUA seriam também aqueles que mais dispendem por tonelada mas a Suécia, como o nono país em tonelagem produzida, gasta quase três vezes mais por tonelada do que os EUA; este fato constitui principalmente uma ênfase da indústria da Suécia em produção de aços inoxidáveis e produtos de aços especiais. Tão pouco é a proporção do pessoal empenhado na indústria siderúrgica em investigações e desenvolvimento relacionada com o nível de produção da indústria (Quadro 38.2). Se torna aparente que enquanto as grandes indústrias nacionais gastarem mais nesta área do que as indústrias pequenas, até que ponto uma indústria deve depender de investigação e desenvolvimento é, pura e simplesmente, uma questão da política adotada pelo respectivo país. A Suécia, por exemplo, tem tido necessidade de desenvolver um elevado grau de tecnologia sofisticada em matéria de produção. A Bélgica, por sua vez, não se tem especializado de forma alguma e produz principalmente, tipos de aço comum. Em consequência, a despesa por tonelada feita pela Suécia em investigação e desenvolvimento durante o ano de 1966 foi cerca de oito vezes mais do que aquela dispendida pela Bélgica, isto é, \$3,15 contra \$0,38. As cifras comparativas para o Reino Unido e EUA, respectivamente, \$1,30 e \$1,10 por tonelada, podem ser tomadas como uma média geral para as indústrias bem estabe-

QUADRO 38.1 - MONTANTES DISPENDIDOS EM INVESTIGAÇÕES
E DESENVOLVIMENTO PELAS INDÚSTRIAS SIDERÚRGICAS DE
VÁRIOS PAÍSES

País	Anos	Despesa em I & D ('000 \$)	Produção de Aço crú ('000 toneladas)	Despesa em I & D/ tonelada de aço crú (\$)
Alemanha	1964	32.750	37.339	0,88
Bélgica	1955	742	5.893	0,13
	1966	3.389	8.911	0,38
França	1955	6.100	12.592	0,48
	1966	17.220	19.585	0,88
Itália	1955	720	5.548	0,13
	1966	7.504	13.639	0,55
Holanda	1966	3.039	3.256	0,93
Reino Unido	1955	7.264	20.109	0,36
	1966	32.150	24.705	1,30
Suécia	1966	15.000	4.764	3,15
Canadá	1956	400	4.809	0,08
	1966	5.800	9.075	0,64
EUA	1957	64.000	102.254	0,63
	1965	131.000	119.262	1,10
Japão	1956	5.497	11.106	0,77
	1965	42.181	41.161	1,02

Fonte: Organização de Desenvolvimento Económico Europeu.

QUADRO 38.2 - PESSOAL EM INVESTIGAÇÕES E DESENVOLVIMENTO NAS INDÚSTRIAS
SIDERÚRGICAS DOS PAÍSES DA OEDE

País	Ano	Cientistas	Técnicos	Outros	Total	Pessoal na indústria de aço	Pessoal em I & D como % do total
Alemanha	1964	770	...	3750	4340	252.892	1,72
Bélgica	1955	32	143	106	281	48.700	0,58
	1966	107	361	213	681	56.713	1,20
França	1955	429	730	685	1320	120.903	1,09
	1965				1844	158.814	1,16
Itália	1955	33	55	139	277	52.597	0,43
	1966	134	122	355	611	59.265	0,88
Holanda	1966	45	85	230	360	19.038	1,89
	1955	567	195	1080	1842	289.449	0,64
Reino Unido	1966	1432	728	3028	5188	288.000	1,80
	1966	275	350	750	1375	46.200	2,98
Suécia	1957	536	1191	1164	2893	214.156	1,35
	1966	2171	3155	2803	8129	310.487	2,62

Fonte: "Technology in the Iron and Steel Industry", O.E.D.E., Paris, 1969.

lecionadas com uma mistura de produção numa base muito ampla.

Estas cifras dão uma idéia da escala de recursos que terão possivelmente de ser dedicados à investigação e ao desenvolvimento da indústria siderúrgica brasileira. No presente, para ser feita uma comparação com o objetivo em capacidade de 29 milhões de toneladas, deverá ser necessária a alocação de uma soma anual de entre US\$15 e US\$25 milhões de dólares. Uma definição mais minuciosa desta soma, dependerá das decisões sobre a política a seguir e quão inventiva e moderna irá ser a indústria e até que ponto será adquirido no estrangeiro o "know-how" e, finalmente, a natureza dos problemas que surjam sob as condições locais de operação. Considerações semelhantes decidirão o montante de pessoal necessário. Duma maneira geral se poderá razoavelmente assumir que a proporção de pessoal total necessário para pesquisas e desenvolvimento poderá talvez ser semelhante ao número existente no Reino Unido que anda à volta de 2 por cento. Partindo desta base, com uma força operária de cerca de 120.000, a produzir 20 milhões de toneladas por ano, serão necessárias 2.400 pessoas dedicadas à investigação e desenvolvimento de cujo número mais ou menos metade terá de ser diplomado profissional ou tecnicamente qualificado.

38.2 Objetivos da investigação e do desenvolvimento

Duma maneira geral investigação e desenvolvimento da indústria siderúrgica tem três funções principais: investigação básica em, digamos, por exemplo, metalurgia; beneficiamento dos produtos e processos existentes; adaptação dos processos padrões, ou o desenvolvimento de processos novos para satisfazer as condições locais. Duma maneira geral os recursos dedicados a estas categorias devem ser, respectivamente, determinados por: o fato de que o desenho fundamental dos processos de aço não se deve alterar durante, pelo menos, os próximos dez anos; a decisão se o objetivo estratégico da indústria deverá ser especialização e inovação ou simplesmente a produção de categorias ordinárias de aço como um produto auxiliar para as indústrias de consumo domésticas; o grau em que a indústria se encontra estabelecida e integrada com os fornecimentos de minério e de combustível, a sua massa operária e os seus clientes.

O significado da natureza de processos básicos de fabricação mixta de aço é que para se obterem substitutos seria necessário um grande programa de investigação e desenvolvimento prolongado para produzir um artigo que fosse economicamente tão viável. É por assim dizer quase certo que não seria aconselhável para o Brasil embarcar só por si num programa desta envergadura. Sem dúvida o investimento necessário é tão volumoso nesta área de atividade industrial que um país com uma industrialização muito avançada tem de considerar com o maior cuidado o valor de se empenhar em aplicação de capitais em longa escala para processos básicos de investigação. É também, um fato, que muitas das maiores inovações técnicas têm sido obtidas em países que não são considerados entre os maiores fabricantes de aço: a Áustria foi grandemente responsável pelo processo BOF e o México (com a ajuda dos EUA) pelo processo HyL. Semelhantemente existe um campo de investigação básica de processos, o programa de redução direta, fazendo uso de energia nuclear, que discutiremos mais tarde para o qual o Brasil pode bem, em certas circunstâncias chamar grande atenção.

A acentuação do desenvolvimento da indústria siderúrgica brasileira terá, pelo menos até 1980, de ser determinada pela sua posição dentro da economia doméstica.

Será, na realidade, uma indústria primária produzindo aquilo que é virtualmente uma matéria prima para construção, para engenharia, para as carreiras navais e para a manufatura de artigos de consumo. O investimento, massa operária e esforço de desenvolvimento que a indústria siderúrgica possa comandar terão de ser estendidos ao máximo pelas exigências de se obterem 20 milhões de toneladas como capacidade básica bem como especialidades essenciais de produtos que a parte restante da economia irá exigir. Pelo menos, durante os próximos dez anos o que predominará será o crescimento de capacidade de aço crú e isso não permitirá a orientação da indústria, na sua totalidade, para a produção de produtos especializados e de alto valor. A função da investigação e do desenvolvimento será a de melhorar a eficiência dos processos existentes, para benefício da qualidade e consistência da produção e também para assentar as bases de um programa pelo qual as necessidades da indústria doméstica possam ser eventualmente antecipados com novos métodos e novos produtos. É inevitável que num país com o crescimento maciço que o Brasil está presentemente atravessando não haverá uma fronteira definida entre investigação e desenvolvimento, controle de qualidade e solução de problemas. Isso sem dúvida parece ser aquilo que sucedeu no Japão, quando em 1967, imediatamente antes do maior crescimento em capacidade, 56 por cento do orçamento dedicado a investigação e desenvolvimento foi aplicado ao melhoramento de processos existentes e bem assim ao melhoramento dos produtos e apenas 13 por cento foi dedicado a investigações básicas.

A terceira função é fundida com a segunda função, isto é, a adaptação de processos aos ambientes locais. Não é possível fugir a esta área, é essencial que ela exista para a manutenção da indústria em qualquer um dos seus estágios. Os processos devem ser adaptados para poderem ser coordenados com as matérias primas que existam localmente especialmente a produção brasileira de carvão e minérios de ferro. O tratamento de minérios e a sua lotação, por exemplo, podem ser determinados dentro da indústria porque dentro da indústria se podem explorar todas as vantagens de experiência contínua e se pode fazer uso também de todos os resultados obtidos por programas experimentais. A capacidade das indústrias apolantes pode apresentar problemas mas estes podem ser resolvidos por modificação das necessidades das acerarias. Métodos de trabalho que variam de comunidade para comunidade podem causar dificuldades e problemas de controle que requerem consideração e que podem ser estudados em Operações de Investigação. Seguidamente à medida que as acerarias são ampliadas e substituídas, uma boa administração necessitará aos serviços de investigação e desenvolvimento para poder levar a cabo as adaptações que se tornem necessárias.

Também neste caso pode parecer difícil distinguir investigação e desenvolvimento, de uma parte e solução de problemas e funções de controle e qualidade de outra parte, e sem dúvida existe uma certa sobreposição. Todavia, investigação e desenvolvimento é um processo contínuo, uma atividade programada que tem por objetivo problemas a longo prazo e não tanto problemas imediatos, tendendo, portanto, mais a antecipar as situações do que reagir as situações que se apresentem. Isto contrasta também com o controle de qualidade que tem por objetivo meios de obter e manter parâmetros de qualidade mais do que, de fato, a sua manutenção. Embora tenha de haver uma estreita união com a administração de processos no sentido de as comunicações entre as duas esferas necessitam de ser muito amplas e muito fáceis, investigação e desenvolvimento têm de ser um assessorio às decisões de inves-

timento para produção futura mais do que para o rendimento presente.

A natureza dos objetivos delineados como sendo aqueles que em termos gerais servem às necessidades do Brasil durante a próxima década sugerem que a ênfase principal terá de ser mais em desenvolvimento do que em investigação. Não deve ser forçado o passo da investigação básica; é melhor permitir que esse passo se desenvolva naturalmente quando talento inventivo possa a ele ser dedicado sem sacrificar demasiadamente outras direções industriais.

38.3 A organização de investigações e de desenvolvimento

Em muitos países, a investigação e desenvolvimento na indústria siderúrgica são organizados em dois níveis complementares: na aceraria ou na companhia fabricante e no instituto ou universidade especializada em investigações. Existe uma tendência poderosa para as funções de investigação e desenvolvimento se dividirem em harmonia com a localização. Na aceraria, a atenção é dedicada ao produto mais imediato ou ao melhoramento do processo que, se bem sucedido, pode oferecer uma vantagem geral nas operações comerciais. Estrategicamente, por outro lado, investigações a longo prazo são deixadas, na prática, a grandes firmas comerciais como aquelas existentes nos EUA, na Europa ou no Japão ou ainda a institutos e universidades centrais que se dedicam a investigações. Países que fundaram institutos centrais de investigações para a indústria siderúrgica incluem a França (IRSID), o Reino Unido (BISRA, agora absorvida pela BSC), Bélgica (CRM), Índia (NML) e URSS (vários institutos). Nos EUA e no Japão as investigações são, em grande parte, centralizadas nos laboratórios existentes nas acerarias. Investigações a este nível exigem grandes recursos tanto em dinheiro como em pessoal e não existe resultado remunerativo imediatos. Consequentemente tem sido prática comum, estabelecer um organismo central de investigação do respectivo governo da nação, possivelmente com uma certa contribuição financeira por parte daqueles que vão beneficiar dos trabalhos levados a cabo no laboratório. A certa altura da sua existência, a BISRA, no Reino Unido, era financiada por uma contribuição obrigatória dos produtores de aço; a IRSID na França é paga por subscrições voluntárias dos membros associados, e existem também outros exemplos de caráter semelhante. Um organismo europeu de grande importância é o fundo de investigação da ECSC financiado por contribuições de todas as empresas produtoras de aço que fazem parte da comunidade econômica européia. Uma das principais funções desta organização é patrocinar investigações em outras instituições; por exemplo, problemas de fatores humanos em universidades, problemas de poluição em associações investigadoras e investigações técnicas dentro de associações e departamentos individuais de empresas industriais. A organização NML, na Índia é de interesse particular a países que tenham embarcado no desenvolvimento de sua indústria siderúrgica, porque o seu record de êxitos em contribuições para aumentar os conhecimentos à disposição da indústria têm sido muito notáveis.

A presente organização de investigação e desenvolvimento da indústria siderúrgica brasileira se descreve, resumidamente, no Artigo 1.3 do Capítulo 7. Se afigura que o maior esforço em investigação e desenvolvimento está sendo feito por intermédio das companhias individuais. O perigo inerente deste método é o segredo comercial que pode privar a indústria, na sua totalidade, de alguns benefícios descobertos por uma única companhia que pertença ao setor privado. Isto é menos de suceder no setor de produtos planos que é largamente controlado pelo Estado. Por outro lado, o rápido

crescimento no setor industrial da economia brasileira que se prevê tenha lugar durante as próximas duas décadas vai facultar ricas oportunidades que são suscetíveis de serem aproveitadas por aquelas companhias que se adaptem às necessidades do mercado através das suas atividades de investigação e desenvolvimento.

As investigações e desenvolvimentos mundiais dentro da indústria siderúrgica são, de uma maneira geral, segredos abertos e é muito raro que descobertas importantes provenham de um único laboratório ou, até mesmo, de um único país. A diferença entre um desenvolvimento obtido ao nível de laboratório e a sua aplicação em escala comercial prática é tão grande que existe pouca vantagem em se manter um regime de absoluto segredo. Identicamente, o custo de desenvolvimentos novos de grande vulto é tão grande que há necessidade de uma certa medida de cooperação entre instituições e até mesmo entre países.

Um organismo central coordenador e patrocinador numa situação em que os recursos financeiros sejam relativamente baixos poderia contribuir em muito para evitar duplicação desnecessária de esforços e, ao mesmo tempo, impor um certo padrão e direção na totalidade das investigações do país. As atividades nesta organização poderiam incluir as seguintes funções:

- (i) Estudo da mão-de-obra qualificada existente assegurando que a massa operária fosse usada com a maior vantagem para a produção nacional.
- (ii) Estímulo e aprovação de novos projetos de investigação e desenvolvimento que poderiam ser levados a cabo sob contrato conferido a companhias individuais dentro das suas próprias facilidades nas acerarias.
- (iii) Eliminação de sobre-posições desperdiciosas ou duplicação de trabalho.
- (iv) Recomendação aos Governos em casos em que se justifique seja necessária a assistência financeira.
- (v) Serviços de monitorização e estudo dos resultados.
- (vi) Supervisão, e possivelmente, controle de uma política global em importação e adaptação de tecnologia estrangeira.

Isto não deve, todavia, se destinar a impedir que qualquer companhia leve a cabo investigações independentes - o estímulo de vantagens comerciais pode bem constituir um melhor incentivo para o prosseguimento rigoroso de objetivos de investigação.

O organismo cooperador deve ser constituído de representantes de setores público e privado da indústria, das universidades, dos institutos de investigação e do próprio Governo.

A construção de grandes facilidades centralizadas de investigação que sirvam à indústria na sua totalidade não é provavelmente o melhor curso a seguir no Brasil no presente momento. Entretanto, é necessário se dar certa atenção a esta ordem de idéias, agora, com os olhos na forma de investigação e desenvolvimento a seguir pela indústria a longo-prazo para que exista o necessário apoio para a capacidade prevista de 20 milhões de toneladas por ano.

Organização de investigação centralizada, por intermédio de uma associação de investigações, como era o caso com a BISRA, nem sempre tem provado constituir um meio mais eficiente de se obter progresso tecnológico. Todavia, evidentemente é também que uma indústria de grande importância não pode ser apoiada por facilidades investigadoras de pequena importância e no campo de desenvolvimento de processos seguindo uma linha de investigação até que se consiga uma aplicação bem sucedida muitas vezes requer vasta despesa numa instalação piloto.

Não é função neste relatório entrar em discussões pormenorizadas das várias formas em que se podem administrar investigações e desenvolvimentos nem tão pouco as formas como estes podem ser financiados; a forma e o ambiente apropriado para o Brasil requer que se faça um estudo mais extenso. Todavia, como indicação de algumas das possibilidades, mostramos nas Figuras 38.1 e 38.2 a organização de investigação e desenvolvimento na indústria siderúrgica numa economia centralizada e no Reino Unido; a Figura 38.3 mostra uma organização típica de uma associação de investigação.

38.4 A função educativa

Uma outra função importante num departamento ou instituto de investigação e desenvolvimento é a educação. Esta função tem dois aspectos. O mais óbvio processo educativo é a transmissão de desenvolvimentos alcançados no laboratório a instalação do processamento e, eventualmente, a complementação de pessoal empregado na instalação com o pessoal do laboratório que expõe grande experiência e alta tecnologia. Todavia, se as instituições, por sua vez, operam flutuosamente, deve haver uma corrente inversa na transmissão de informações, de experiência e até mesmo permuta de pessoal que passará das instalações para o instituto de investigações. Só desta maneira é que o laboratório se pode tornar sensível aos problemas práticos e às exigências que a instalação de processamento requer. Isto pode ser de grande importância nos casos em que longas tradições de divergências entre profissionais e organismos educativos tenham isolado o cientista de elevada categoria ou o engenheiro do trabalho real que se leva a cabo na própria aceraria.

O departamento de investigação e desenvolvimento da indústria siderúrgica poderia também desempenhar uma outra função educativa. No planejamento do emprego de recursos num ambiente de rápido desenvolvimento industrial, como é o caso no Brasil, não há uma única indústria que possa ser considerada independentemente. A indústria siderúrgica, que constitui a chave de tantos outros desenvolvimentos industriais, pode bem ser instrumental no treino profissional de pessoal de investigações e pesquisas que, eventualmente, prosseguiria com as suas atividades investigadoras dentro de um conceito industrial, muito mais amplo.

38.5 Necessidades requeridas por um programa de educação

A verdadeira capacidade de um programa de investigação e desenvolvimento só pode ser mantido se existir disponibilidade suficiente de cientistas e tecnólogos com altas qualificações. Cerca de um quarto do pessoal empenhado nesse trabalho teria que ser constituído por cientistas diplomados - no caso do Brasil, digamos 600 pessoas. Estes, tipicamente, seriam pessoas diplomadas em metalurgia, física, química, engenharia, etc., podendo incluir também cientistas sociais como, por exemplo, economistas, e psicólogos. Não basta apenas que esse pessoal seja bem qualificado academicamente, é desejável que, pelo menos alguns tenham experiência de trabalho noutras indústrias a fim de que

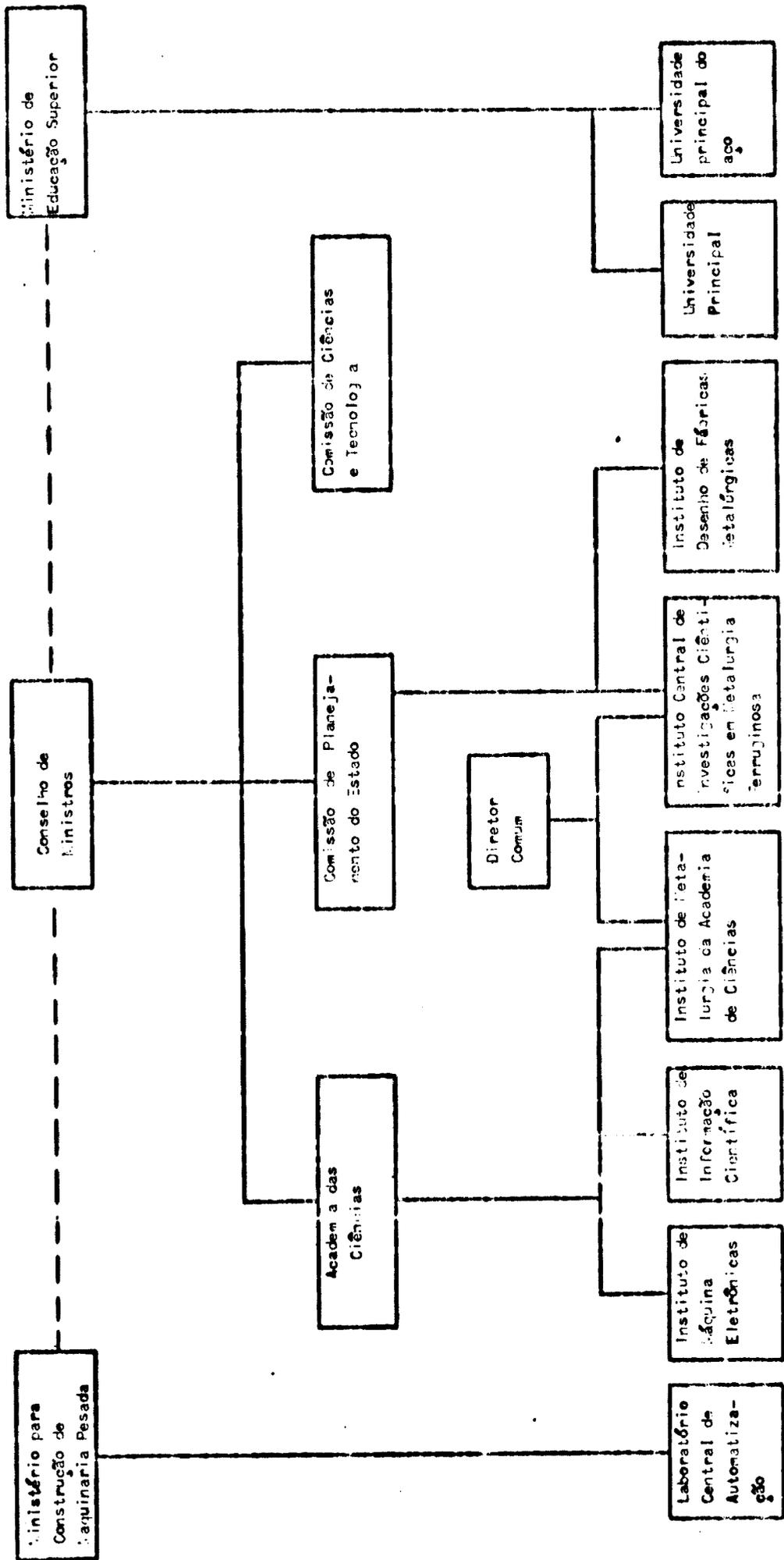
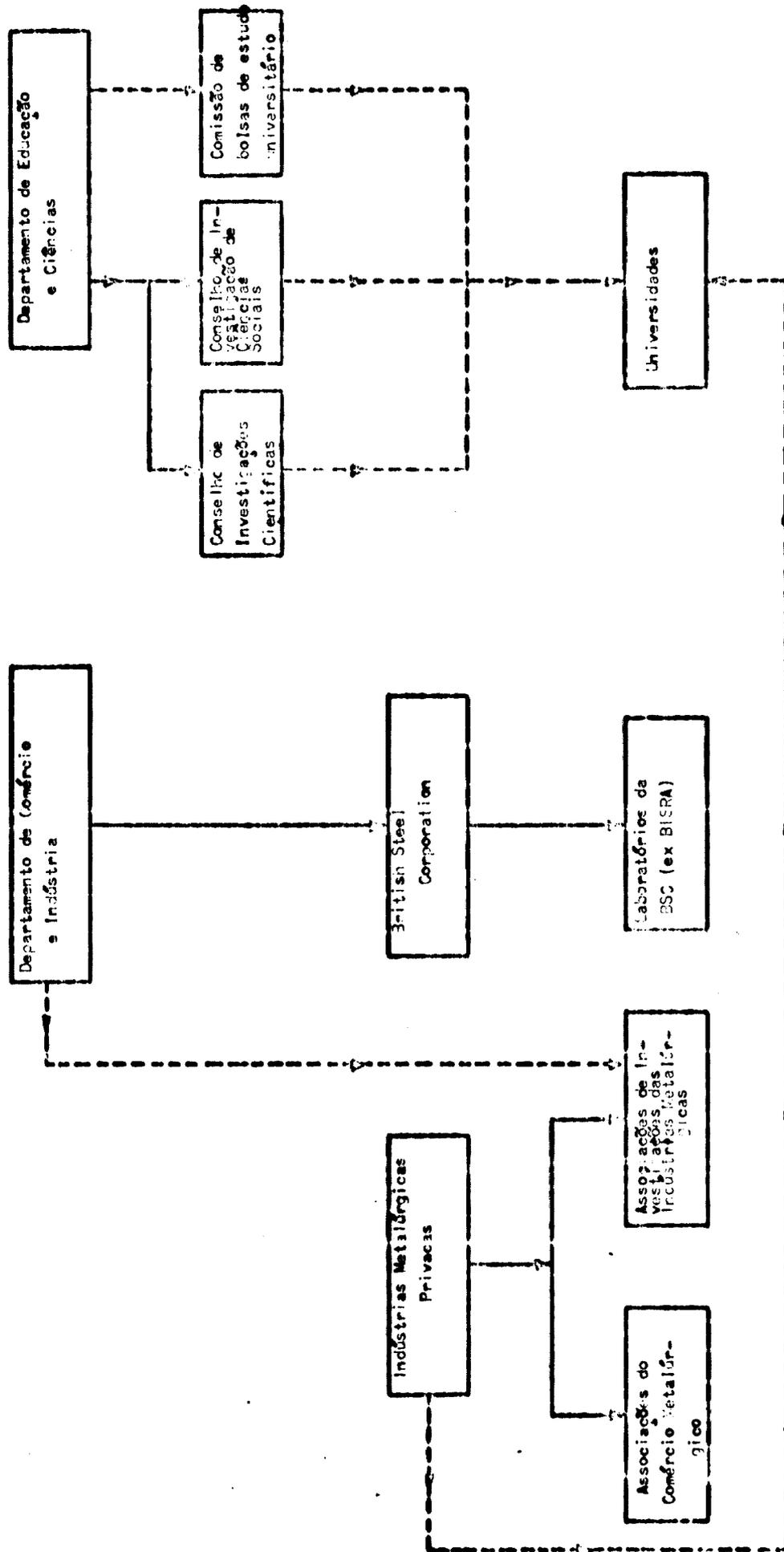


FIGURA 13.1 - ORGANIZAÇÃO TÍPICA DE INVESTIGAÇÕES SIÉRGICAS NUMA ECONOMIA CENTRALIZADA (URSS)



Efe de influência política

Efe fornecedor de fundos

FIGURA 38.2 - ORGANIZAÇÃO DE INVESTIGAÇÕES SIDERÚRGICAS NO REINO UNIDO

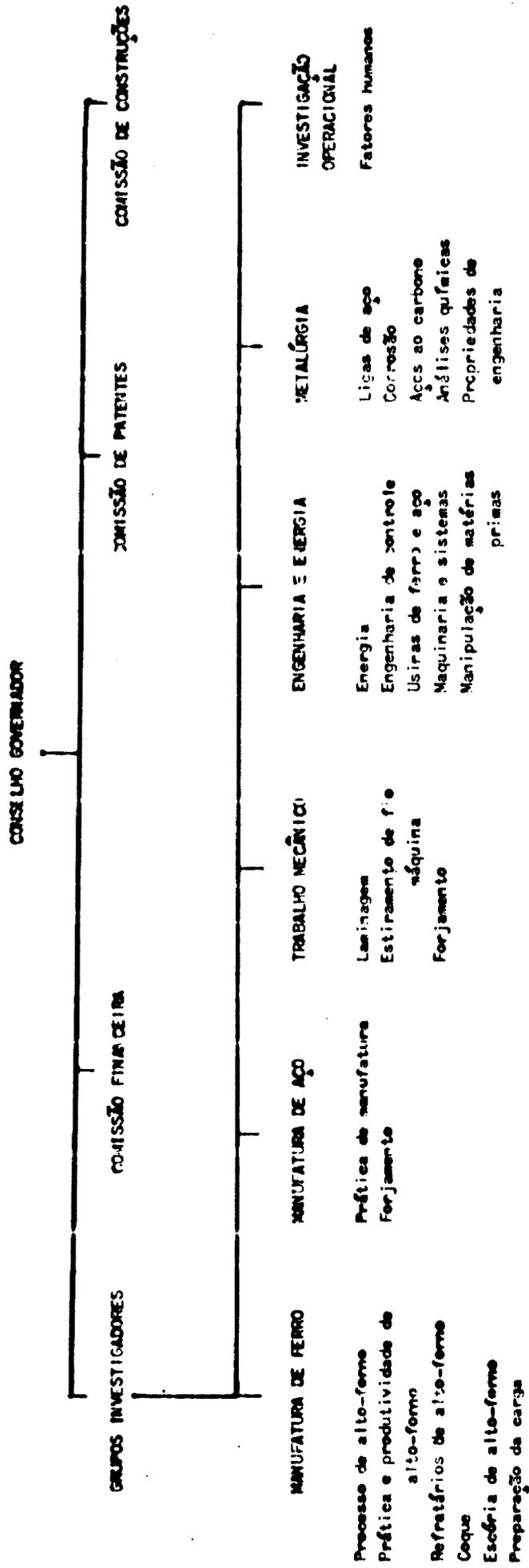


FIGURA 38.3 - ORGANIZAÇÃO DE UMA ASSOCIAÇÃO PARA INVESTIGAÇÕES SI METALÚRGICAS

(BNSM antes da formação da BSC)

as investigações não fique m cortadas das necessidades do utilizante dos produtos manufaturados e fiquem expostas às influências, aos métodos, e às idéias que surjam em outros campos.

O cientista qualificado e diplomado em investigações será fundamentalmente uma pessoa com um curso universitário se bem que com o estabelecimento de institutos de investigações seja possível que a sua formação profissional seja completada quando entra para esses institutos. É importante, por isso, que todos os organismos de investigação considerem como parte da sua missão a educação contínua do seu próprio pessoal e de outras pessoas vindas de outras atividades industriais.

Em matéria de investigação e desenvolvimento o cientista hoje em dia, mais e mais, tem de funcionar como parte de uma turma, sobretudo quando as investigações são organizadas em escalas volumosas. O seu trabalho só pode ser feito com a assistência de técnicos altamente especializados, técnicos que podem bem constituir 75 por cento do quadro do pessoal. O treino deles provavelmente dependerá de colégios técnicos e de instituições de treino vocacional mas os centros de investigação, propriamente ditos dentro e fora das companhias de aço, têm também de desempenhar um papel importante. O treino é tão importante para os técnicos como o é para os cientistas profissionais e, conseqüentemente, há que a êle dedicar igual atenção e igual soma de recursos.

No Capítulo 39 se dá uma análise mais pormenorizadas das necessidades educativas.

38.6 Conclusões gerais e recomendações

Existe um número de áreas que justificam atenção pormenorizada da parte da indústria siderúrgica brasileira e que podem bem oferecer benefícios substanciais no contexto do seu desenvolvimento a longo prazo. Antes de discutir estas áreas, queremos apresentar, todavia, dois pontos de ordem vital que são de grande importância.

Inicialmente o Brasil, a longo prazo, derivará mais benefícios em investigação e desenvolvimentos levados a cabo em outros países do que daqueles provenientes dos seus esforços práticos. Este é o caso em todas as nações exceto aquelas grandemente desenvolvidas na produção de aço e, é talvez possível, que mesmo nestas a situação seja idêntica. É essencial que se estabeleça uma rede de comunicações para monitorar as investigações e os desenvolvimentos que têm lugar no estrangeiro e para assegurar que esta informação e os resultados das investigações e desenvolvimentos internos sejam transmitidos a todos aqueles para quem sejam de utilidade.

O segundo ponto se refere ao princípio de seletividade e concentração de esforços em investigações e desenvolvimentos. A totalidade de esforço dedicado a cada área, em termos de pessoal e de facilidades, tem de ser suficiente para circular uma boa oportunidade de contribuição significativa para as económicas globais da indústria siderúrgica do Brasil. O esforço crítico necessário para se obterem resultados significativos é muito elevado em algumas das áreas. Estes fatos significam que um número de tópicos sobre que se leva a cabo o trabalho prático tem de ser cautelosamente restringido. É de longe muito melhor se fazer um devotação de esforços à monitorização de trabalho estrangeiro em determinado assunto do que obter um fraco

esforço brasileiro em matéria de investigação. Pequenos esforços de investigação produzem resultados insignificantes além de que enfraquecem também o esforço em outros tópicos que recebem menos atenção do que aquelas de que são merecedores.

Áreas facilmente identificadas em que vale a pena empreender estudos pormenorizados são discutidas nos parágrafos seguintes. Algum deste trabalho pode ser levado a cabo em laboratórios de investigação, tanto dentro como fora das acerarias. Todavia, muito trabalho tem de ter a forma de experiência na instalação industrial propriamente dita. É possível que as experiências tenham de ser preconcebidas, observadas e analisadas por pessoal de investigações estranho à organização que trabalhará em colaboração com o pessoal técnico e de operação pertencente a aceraria. Este gênero de experiências pode produzir informações valiosas desde que as mesmas sejam organizadas proficientemente.

Concrecionamento

A importância da qualidade da concreção já foi discutida neste relatório. Com altos-fornos planejados para grandes rendimentos é essencial a existência de concreção de boa medida e de boa qualidade. Se pode obter uma economia substancial reduzindo o teor de circuição. As economias em operação de altos-fornos oferecidas por superfluxo de concreção e as possíveis economias em chispas de coque que se podem obter pela prática de utilização de combustível mixto no ramo de concreção são economias que justificam que se façam experiências industriais no Brasil e que se tome muita boa nota dos resultados obtidos no estrangeiro. Deve também ser examinada a possibilidade de obterem alternativas para as chispas convencionais de coque, produzidas por carvões não coqueificantes por carbonização e possivelmente por briquetação.

Fabricação de coque

As maiores economias na fabricação de aço no Brasil se podem obter por redução do custo efetivo do coque no alto-forno. Isto pode ser melhor obtido por redução do custo do carvão de alimentação, que, presentemente, depende largamente de carvão coqueificante importado e muito dispendioso. Se encontram abertos dois caminhos para fazer uso da oportunidade. O primeiro é o de carvões coqueificantes mais baratos para fornos ranhurados convencionais e o segundo envolve o uso de carvões não-coqueificantes, de preço mais reduzido para a produção de coque formado.

O primeiro método para a redução de custo requer um esmagamento seletivo da carga de carvão; a distribuição mais uniforme dos vários constituintes, com frequência, tornam possível a inclusão de uma percentagem substancial de carvão coqueificante fraco ou de carvão não-coqueificante. Se poderiam levar a cabo experiências em uma das novas baterias de fornos de coque usando uma variedade de carvões mais baratos.

O segundo método requer a construção de pequenas instalações para coque formado. No Capítulo 9 se discutem três processos prometedores e, destes, se deveriam experimentar um ou mais. Instalações para este propósito podem agora ser ad-

quiridas de fabricantes de instalações. Experiências industriais em grande escala requerem a acumulação suficiente de existências de briquetes de coque formado.

Como não existe no Brasil uma organização para investigações em coque o trabalho teria de ser feito pela própria indústria siderúrgica.

Redução direta de minério de ferro

As bases para a operação de processos importantes de redução direta estão bem estabelecidas, mas em localizações individuais há necessidade de levar a cabo experiências nas matérias primas a serem utilizadas. A existência no Brasil de uma instalação SL/RN e de uma instalação HYL oferecerão uma excelente oportunidade para se obterem informações valiosas sobre esses ambos processos e, evidentemente, os centros de investigação e desenvolvimento destes processos deveriam ser localizados nas acerarias.

Um método que pode vir a ser importante para o futuro da indústria siderúrgica brasileira é o processo Midrox de redução de gás. Não existem no Brasil planos para uma instalação desta natureza mas, não obstante esse fato, se deveriam acumular informações sobre este processo e se deveriam acompanhar os desenvolvimentos mundiais com grande atenção. O programa de estudo deveria incluir visitas às instalações existentes sempre que seja possível tais visitas serem organizadas.

Desenvolvimentos no uso de energia nuclear para a produção de ferro podem ser considerados como de futuro muito distante para o Brasil para que valha a pena grande concentração deste método no momento presente mas, em virtude dos seus importantes depósitos de urânio, uma capacidade nascente para investigações sobre energia atômica e bem assim os problemas que o Brasil sofre em matéria de carvão coqueificante levam a sugerir que esses desenvolvimentos sejam acompanhados muito de perto. Se poderiam explorar também as possibilidades de colaboração com os japoneses ou com os americanos ou ainda com os europeus, mas o Brasil não poderá esperar, a este momento, a suportar um programa de investigação deste gênero, de per si, no estágio presente do desenvolvimento da sua indústria.

Fabricação de aço

Os problemas neste campo são principalmente aqueles provindos de se pretender obter bons índices de rendimento com processos padrões operando sob as condições que imperam no Brasil. Se têm dado desenvolvimentos na manufatura de aço pelo processo de arco elétrico e com que o Brasil se deve familiarizar mas nenhum destes processos requer investigações ou experiências. Uma área que constitui uma novidade é a produção de aço por arco elétrico com pellets reduzidas e sem dúvida se procederá a uma grande número de experiências nas acerarias sobre este processo. Identicamente talvez possa ser considerado aconselhável o converter uma das acerarias mais antigas para se procederem a experiências SIP ou OBM.

Aços especiais

Muito se pode fazer para levar para o Brasil a competência e a perícia de outros países fabricantes de aço no campo da manufatura de aços especiais. Isto, provavelmente, requererá a constituição de um pequeno grupo de especialistas para

visitar todas as instalações brasileiras, bem assim, as instalações no estrangeiro, tomando muito boa nota dos progressos que se estão fazendo neste campo.

Forjamento

Se estão dando vários desenvolvimentos no processo de fundição contínua que podem oferecer certas vantagens. Uma das áreas que necessita ser estudada minuciosamente é a da fundição contínua de aços porosos e é essencial que todos os problemas sejam resolvidos se os planos a longo prazo não considerarem a construção de uma instalação para a fundição de lingotes. A URSS afirma ter obtido um grande grau de sucesso com os aços porosos forjados em pranchas e este processo deveria ser acompanhado no Brasil.

Desenvolvimento do produto e substituição

Porque é uma produtora de um material primário, a indústria siderúrgica tem pouca oportunidade de desenvolver produtos finais acabados e de introduzir o aço como um substituto para outros materiais. Pode cooperar com o fabricante de todos os produtos a fim de que possa, satisfazer as suas necessidades, com maior êxito. Existem duas áreas, no campo de produtos finais, em que investigações e desenvolvimentos da parte da indústria siderúrgica teriam bastante valor - o uso de aço na construção civil e como material de embalagem. Melhoramentos em desenho estrutural requerendo barras reforçadas ou aço estrutural devem estar bem dentro das possibilidades de investigação doméstica e de capacidade de desenvolvimento. Mais importante, todavia, seria um ajuizamento rigoroso das oportunidades oferecidas ao aço como material de embalagem especialmente para enlatamento. O material mais importante em enlatamentos é a folha de flandres mas se poderiam usar outros produtos revestidos. As técnicas de revestimentos diferenciais, de aplicações plásticas e de lacas, e, num futuro mais distante, aços sem estanho também deveriam requerer atenção.

Engenharia de manutenção

A importância de uma manutenção efetiva para reduzir os custos da manufatura de ferro e de aço também não se deve desprezar. A indústria mundial está prestando cada vez mais atenção a este ponto, agora denominado *terceira tecnologia*, e, é bem de esperar que justifique um agrupamento central no Brasil encarregado de acumular todas as informações existentes as decimando dentro de todo o país.

Automatização

Com tantas instalações muito modernas a serem construídas no Brasil durante os anos mais próximos se deveria fazer um esforço considerável para estudar as vantagens da automatização. O custo crítico da constituição de um grupo eficiente para investigações de automatização de acerarias para a promoção de um programa de experiências teria de ser muitíssimo elevado mas os benefícios a longo prazo poderiam ser muito compensadores.

CAPITULO 39 - EDUCAÇÃO E TREINAMENTO PARA A INDÚSTRIA SIDERÚRGICA

O estabelecimento de capacidade industrial num país em desenvolvimento faz grandes demandas sobre uma vasta gama de infra-estrutura, especialmente em instituições e serviços sociais. Destas demandas, a educação é uma das mais importantes porque não existe um substituto para uma massa operária educada e treinada ou possível de treinar. Quanto mais elevado o nível de tecnologia de uma indústria tanto mais tem de depender elevados níveis de educação formal e de treino bem como daquilo que se pode descrever como competência técnica, a capacidade de aplicação formal de perícias adquiridas. Existe uma dificuldade imediata para os países que se estão industrializando porque estes países requerem trabalhadores educados e treinados antes de se levarem a cabo programas de vulto em desenvolvimento, mas que tenham, todavia, de resolver os seus problemas no futuro imediato dispondo apenas de um nível educacional apropriado a uma sociedade de pré-industrial ou quase-industrial. Consequentemente, há grande competição entre as indústrias para recrutarem homens qualificados e as firmas, de per si, recorrem a expedientes dispendiosos e ineficientes para preencher a lacuna. A indústria siderúrgica não pode ser excetuada destas dificuldades; realmente porque requer muitos especialistas que só podem ser encontrados dentro das companhias siderúrgicas já existentes, a situação se torna ainda mais difícil.

As necessidades de uma indústria em nascimento em matéria de pessoal qualificado se podem calcular usando como norma os números empregados em indústrias que foram desenvolvidas com grande êxito. Se podem fazer inferências semelhantes, se bem que não com tanta facilidade, acerca da educação e do treino do pessoal trabalhador que não possui treino formal ou académico. Os artigos seguintes oferecem um cálculo preliminar da necessidade total e delineamento do desenvolvimento institucional que será necessário para obter este treino.

A indústria siderúrgica brasileira emprega presentemente cerca de 82.000 pessoas mas quando se compara esta figura com a força trabalhadora dos EUA e do Japão a cifra brasileira é mais elevada em três homens por cada tonelada de aço produzido. Consequentemente, embora a produção de aço em 1980 se espera que tenha triplicada não é de prever que a indústria tenha a seu serviço um número semelhante como total da força trabalhadora. Acresce ainda, que com a instalação de acerarias com equipamentos modernos e com a obtenção de padrões de rendimentos mais elevados, a ênfase será colocada na necessidade de pessoal técnico especiali-

zado e não em pessoal sem especialização. O recrutamento destes tipos de pessoal é um processo a longo prazo e a indústria, com o auxílio do Governo e de outras instituições nacionais tem que preparar planos meticolosos para satisfazer esta demanda.

39.1 A necessidade de pessoal qualificado

Embora os objetivos das indústrias siderúrgicas à volta do mundo e os seus problemas sejam semelhantes, os seus métodos e soluções variam consideravelmente. O mesmo se dá com as instituições sociais como por exemplo instituições educativas e de treinamento. À retarguarda de necessidades comuns para pessoal treinado e de grande pericia, existem idéias diferentes quanto à forma e ao método a adotar para este treino. Um exemplo óbvio é a diferença de opinião entre as universidades européias, de um lado, e as universidades dos EUA e do Japão do outro, no que diz respeito à sua missão como instituições de treino vocativo. Duma maneira geral, as universidades européias se dedicam exclusivamente à exploração vocacional com o resultado de que a sua educação tecnológica tende a ser teórica e para que esta educação teórica possa ser aplicada praticamente há necessidade que os graduados a complementem com um certo período de aprendizagem de fato. As universidades dos EU e do Japão organizam o seu treino numa base puramente vocacional e, incidentalmente, aplicam a esta base certa matéria acadêmica.

Esta diferença na função de universidades tem dois resultados que são de interesse para nós neste relatório. O primeiro é o problema de resolver qual será o coeficiente desejável de homens com qualificações formais em relação a outros na indústria siderúrgica, à base de outras indústrias eficientes e com práticas bem estabelecidas espalhadas por todo o mundo. Se, por exemplo, com a aprovação e a co-opeção da indústria, as universidades estabelecerem cursos acadêmicos em administração de siderurgia e semelhantes matérias vocacionais, é de esperar que passem a haver mais graduados na indústria - de fato, um diploma em tal curso passará a ser uma condição de recrutamento. No caso em que os cursos universitários são menos específicos, será de maior conjectura se os graduados entrarão para a indústria siderúrgica ou para outras indústrias e será mais difícil prever o número de graduados que estarão dispostos e disponíveis para entrarem para a indústria siderúrgica. É de prever que, segundo este sistema, existam menos graduados na indústria siderúrgica e mais pessoas que se tenham qualificado em outras matérias. Isto não quer dizer que em igualdade de circunstâncias um sistema ou outro seja intrinsecamente o preferível; subseqüentemente neste capítulo se discutirão algumas ramificações das duas situações.

O segundo ponto é que não existe maneira fácil de comparar proporções de empregados qualificados de país para país porque, até mesmo, a natureza da qualificação é variável. Nós tivemos de inferir as proporções por desdobramento das forças operárias de harmonia com a categoria das suas funções; serviços de administração, e profissionais, supervisão, pessoal especializado e semi-especializado e pessoal não-especializado. Assumimos que todo o pessoal de administração e profissional será oficialmente qualificado o mesmo sendo o caso com metade dos supervisores, vinte e cinco por cento do pessoal especializado e semi-especializado, e nenhum na categoria de pessoal não especializado. Se tomou em consideração uma cifra total de 120.000 como sendo aquela que representa o número de pessoas que serão emprega-

das numa indústria siderúrgica de 20 milhões de toneladas. Nesta base, com o pessoal operário e de administração distribuídos de acordo com as boas práticas aceitáveis, o número relativo e as proporções relativas da força operária calculada para cada categoria se mostram no Quadro 39.1.

QUADRO 39.1 - ESTIMATIVA DO PESSOAL NECESSÁRIO À INDÚSTRIA SIDERÚRGICA EM 1980

	Administração/ Profissional	Supervisor	Especializado/ semi-Especial.	Não- Especializado	Total
Número	2.000	14.000	60.000	44.000	120.000
% do Total	1,7	11,7	50,0	36,6	100
Número qualificado	2.000	7.000	15.000	0	24.000
Número qualificado como % do total	1,7	5,8	12,5	-	20

39.2 Tipos de educação e treinamento

O pessoal de administração e profissional é de esperar que tenha sido educado em universidades ou instituições equivalentes, enquanto que o pessoal de supervisão e o pessoal especializado terão sido educados em instituições técnicas. De acordo com a análise que se mostra no Quadro 39.1, acima, existirão 2.000 na primeira categoria e cerca de 22.000 nos segundos dois grupos. Embora estas cifras pareçam bastante volumosas, estas necessidades não parecem ser difíceis de satisfazer à luz dos projetados planos nacionais para os níveis de educação a alcançar em 1973.

Implicações das orientações educativas

As organizações das universidades Latino Americanas devem mais aos métodos europeus do que aos métodos norte-americanos, e refletem valores educativos e sociais mais do velho mundo do que do novo mundo. Este fato deve ser reconhecido e tomado em consideração quando se faça o planejamento das instituições educativas e da missão que elas têm que desempenhar no desenvolvimento industrial. As universidades recrutam uma grande parte dos seus alunos de setores da comunidade para os quais administração tecnológica na indústria nunca foi, historicamente, uma carreira atraente. Este o motivo porque cursos de ciência e tecnologia na Europa raras vezes têm sido vocativos. O resultado tem sido que os graduados universitários nunca se encontram bem qualificados e preparados para entrar no lado operacional da indústria e duma maneira geral, se pode dizer, que não têm seguido esta carreira. Apenas 2 por cento dos empregados na indústria siderúrgica brasileira são graduados universitários ao contrário do Japão onde a percentagem é de 12 por cento.

Esta situação em si própria, não seria séria para a indústria, se fosse possí-

vel obter de outras fontes do sistema educativo pessoal treinado tecnicologicamente para preencher as vagas existentes nos serviços administrativos de operações. Em grande parte esses homens existem mas não para serem recrutados em postos administrativos de responsabilidade devido ao estreito paralelismo entre o sistema educativo e a estrutura social e de receitas, com as suas vastas diferenças.

Os resultados desta situação para a indústria do aço são potencialmente muito sérias, especialmente em virtude do corrente programa de expansão. Presentemente são excessivamente poucos aqueles graduados que se sentem atraídos para a administração operacional uma função distinta de exercerem a prática dos seus conhecimentos e competências profissionais dentro da indústria. As universidades tendem a concentrar-se em inculcar competências tecnológicas profissionais de preferência a adaptarem os seus cursos e, sem dúvida, em adaptar a sua filosofia educativa de modo a poder compreender as exigências de uma organização industrial. Ao mesmo tempo as administrações estão poderosamente refreadas em recrutar para os seus quadros entre aqueles com treino vocacional e experiência em primeira mão dos processos em manufatura de aço.

Educação universitária

Para se obter um melhoramento modesto na prática até os melhores níveis existentes na Europa seria necessário que a indústria siderúrgica mais ou menos triplicasse o número de graduados que emprega. Isto significaria aumentar o número de pessoal altamente qualificado para trabalhos administrativos com qualificações tecnológicas adquiridas na universidade mas, mais importante ainda seria a introdução na indústria de graduados nos quadros de supervisão mais baixos e entre o pessoal especializado. Isto já é comum no Japão, e se está tornando cada vez política mais usual no Reino Unido. O resultado de uma tal política seria o melhoramento da qualidade do pessoal a este nível mas, mais importante a longo prazo, seria abrir o caminho para uma integração mais estreita entre o pessoal de supervisão e as funções de todos aqueles encarregados de administração. Eventualmente a gerência teria entre os seus quadros pessoas de experiência adquirida na própria fábrica e, por sua vez, as comunicações entre os dois níveis de pessoal melhorariam com o desaparecimento das rivalidades sociais e de vencimentos entre eles existentes.

A sugestão geral para o sistema educativo universitário do Brasil no quanto diz respeito às demandas da indústria siderúrgica seria não só de aumentar o número de graduados, importante como isso é, mas também cooperar com a indústria siderúrgica no planejamento de custos que seriam mais efetivos e imediatamente capazes de satisfazer as necessidades da indústria. A indústria siderúrgica tem, entretanto, de procurar colocar graduados em trabalhos de supervisão de nível abaixo daqueles de administração, criando estruturas diretoras que facilitarão o movimento de pessoal de um nível para o outro.

Educação técnica

A expansão da educação técnica, necessária para o desenvolvimento de industrialização planejada tem também de exigir um melhoramento total na sua qualidade, a fim de que não exista eventualmente uma grande disparidade entre a educação técnica e a educação baseada em universidades; acima de tudo não deve existir uma

divisão pronunciada na categoria entre os dois sistemas educacionais. Não é uma coincidência que a efetividade da indústria siderúrgica japonesa foi acompanhada por uma eliminação das categorias de instituições que eram usuais entre educação e ocupação. O graduado na categoria de capataz do alto-forno é hoje coisa vulgar no Japão, mas vulgar é também a sua promoção para chefe de fábrica e para categorias ainda muito mais remunerativas.

Em educação técnica é ainda mais necessário possuir uma comunicação constante entre a fábrica e o centro de treino. Embora qualificações oficiais exijam uma sistematização dos currículos educativos estes devem ser flexíveis e capazes de alteração para se manterem um passo além das necessidades da fábrica. O professorado deve ter oportunidades frequentes de refrescar os seus conhecimentos por visitas e experiência pessoal aos processos da fábrica. Deve também ser considerada a possibilidade proveitosa de que esta instrução seja dada por operários com grande experiência nos métodos usados pela fábrica.

Não só devem os instrutores renovar as suas experiências sobre a forma como funciona a fábrica, mas os operários devem, em todas as suas categorias, serem encorajados a considerar a educação como um complemento contínuo da sua própria ocupação profissional. Cursos de treino devem ser apresentados aos operários como um meio de reforçamento dos seus conhecimentos e de avanço dentro da sua especialidade enquanto que para o patrão constitui uma forma de tornar o seu pessoal mais eficiente mais produtivo.

39.3 Organização da educação e do treino

Educação pode ser considerada como um investimento dispendioso a longo prazo em que é difícil determinar, de ante-mão, como se vão manifestar os benefícios. A solução adotada por muitas sociedades é tornar a educação responsabilidade do estado no quanto diz respeito a investimento, se bem seja permitida uma certa medida de organização privada e de investimentos privados. Conseqüentemente, embora a indústria siderúrgica em muitos países se encontra em mãos particulares, as exigências oficiais em educação dentro da indústria são resolvidas pelas instituições estaduais. A explicação prática deste arranjo é que enquanto a educação formal tem de existir para o desenvolvimento e operação eficiente da indústria, organizações individuais de pequeno vulto não têm nem podem fornecer tal educação elas próprias. Existem ainda outras vantagens na organização estadual. O estado está em condições de padronizar e de manter a qualidade da educação e pode promover inter-ação proveitosa entre os diferentes ramos de um sistema educativo.

Neste papel já se descreveu aqui a função das universidades. As universidades oferecem um estilo acadêmico de educação em que existem determinados padrões intelectuais. Todavia a distinção entre educação universitária e treino técnico de alta qualidade é de esperar que se torne cada vez mais confusa; a idéia de uma 'universidade tecnológica', que existe no Brasil é natural que se torne cada vez mais popular. Geralmente as universidades são conhecidas por se desejarem manter ligeiramente a parte da indústria e enquanto este fato é uma realidade, são instituições autônomas. Isto não quer dizer, todavia, que possam isolar das demandas da vida industrial.

Em instituições de treino vocativo a relação com a indústria tem que ser mais

estreita, pois é aqui, nestas instituições, que os operadores aprendem as bases de execução e administração dos respectivos processos. Esta relação se tornou tão estreita e tão inter-dependente para os benefícios mais imediatos duma entidade industrial que no Reino Unido se tomou a decisão de considerar tal medida como base do treino para que a indústria devia fazer uma contribuição. Esta solução pode bem ser aplicável ao Brasil, onde existe uma grande competição para fundos públicos.

Os governos devem dar todo o seu apoio à firmas que desejem instituir os seus próprios sistemas educativos e de treino. Há, sem dúvida, necessidade de dar um treino mínimo a pessoal não especializado ou semi-especializado mas, no caso de organizações de vulto, esse treino poderia ser mais volumoso. Por meio de concessões ou reduções no pagamento de impostos ou por meio de doações justificadas, o governo poderia assegurar a uma firma a competência de organizar cursos de treino que se aproximariam muito na sequência de operações reais que têm lugar na fábrica. Identicamente, se poderiam encorajar organizações de investigação tanto dentro como fora da firma, para facultarem educação e treino nas suas especialidades a pessoal escolhido vindo de toda a indústria.

Provisões correntes e planejadas

Sem uma análise pormenorizada das necessidades de toda a indústria é impossível decidir se os níveis previstos para a educação no Brasil serão adequados para a indústria siderúrgica. Segundo os níveis planejados para 1973, o número anual de diplomados universitários em disciplinas técnicas será de cerca de 10.000 e de graduados em colégios técnicos será de cerca de 15.000. O planejamento existente para a indústria siderúrgica em 1980 prevê que cerca de 8 por cento dos empregados tenham obtido este nível de educação, isto é, entre 9.000 - 10.000 homens. Para se manter este nível será necessário uma média anual de recrutamento de cerca de 1.000 graduados distribuídos por todas as indústrias ou 4 por cento do rendimento tecnológico qualificado. Como a contribuição da indústria siderúrgica para o produto nacional do Brasil será também na ordem de 4 por cento, se pode dizer que a indústria não recrutará, com certeza, mais graduados do que o quinhão que lhes compete. Todavia porque a indústria siderúrgica fornece ao mercado a matéria prima essencial para que as indústrias de manufatura que produzem um quarto da totalidade do produto nacional do Brasil, não seria injustificado que a indústria siderúrgica tivesse o direito a uma prioridade em recrutamento.

39.4 A transferência da tecnologia *

Uma das funções mais importantes das instituições de educação tecnológica num país industrializado é a administração da tecnologia importada. Duma maneira geral esta administração de tecnologia é obtida de duas maneiras, passivamente pela assimilação e retransmissão de idéias novas aparecidas em publicações estrangeiras, e, ativamente, por recrutamento de professores estrangeiros ou pelo envio de professores e alunos ao estrangeiro para frequentarem cursos especializados. Todos estes processos requerem uma organização e planejamento muito cauteloso. Nos foi dado a entender que existem planos no Brasil para organizar um sistema de permutação de tecnologia.

* UNIDO Workshop on Creation and Transfer of Metallurgical Knowhow.
Jamshedpur - dezembro de 1971 (ID/WG110)

Num país como o Brasil com grandes capacidades entre as elites no sistema educativo e na indústria siderúrgica não existem problemas sobre a assimilação da nova tecnologia. As dificuldades surgem apenas quando se atinge a fase de dispersão das informações editadas e sobre a quem caberá proceder a essa dispersão operando o sistema novo e modificando o sistema velho existente. Tipicamente aquelas pessoas que são as primeiras a receber notícias de novos desenvolvimentos têm pouco interesse ou competência prática para as executar e existe uma grande brecha entre as categorias e as compreensões que separam essas pessoas dos homens que na fábrica, por exemplo, poderiam administrar a implementação em detalhe. Para a futura florescência da indústria há necessidade de uma campanha combinada dentro da própria indústria siderúrgica e dentro das instituições educacionais para melhorar este tipo de comunicação.

São também de importância os problemas de motivação na difusão da nova tecnologia empregando estrangeiros ou por envio do pessoal ao estrangeiro. Tanto no caso de pessoal ensinado por estrangeiro como no pessoal enviado ao estrangeiro para treinamento há que ter o maior cuidado em que as pessoas escolhidas tenham categoria suficiente dentro da firma para serem estudadas com atenção, uma vez tenham completado os seus cursos para que possam passar a outras pessoas, com utilidade, aquilo que aprenderam. Identicamente não devem ser pessoas tão altamente categorizadas dentro da firma que a sua posição se torne desconfortável e que leve o pessoal a repudiar os seus ensinamentos por ter receio que constituam uma possível ameaça. Ao mesmo tempo, o professor estrangeiro tem de possuir suficiente sensibilidade para aprender rapidamente a melhor forma de impressionar os seus alunos tomando em consideração, por exemplo, a interpretação dos valores e dos motivos por parte dos alunos. Estes pontos de vista se aplicam também, em princípio, ao caso dos alunos que se treinam no estrangeiro se bem que aqui, o país de naturalidade tenha pouco controle sobre a situação. Uma vez a transferência inicial de informação tecnológica tenha sido obtida, volta a ser aplicada o quanto anteriormente se diz sobre as pessoas que irão executar os novos processos.

Um centro de investigações e de desenvolvimento pode também se transformar como um meio de introdução de idéias e informações vindas do estrangeiro à indústria doméstica não só as beneficiando mas adaptando-as às condições locais. Simultaneamente esse centro pode publicar no estrangeiro desenvolvimentos obtidos no mercado nacional de forma que a indústria interna possa beneficiar essa publicidade ou até mesmo de contratos para a produção sobre licença ou para desenvolvimento.

É de esperar que em termos e números de pessoal tecnologicamente qualificado que será necessário à indústria siderúrgica em expansão plena, o sistema educativo brasileiro não terá dificuldade em manter o passo necessário. Isto será ainda uma afirmação mais detalhada se a indústria siderúrgica conseguir, em termos nacionais, certa prioridade no recrutamento de pessoal com qualificações adequadas. Mais difícil será fazer uso de sistema educativo como um meio de eliminação das barreiras de categoria e comunicação a fim de que se possa fazer a dispersão do 'know how' tecnológico como um meio de preparação para a implementação das idéias novas.

39.5 Conclusões e recomendações

Para que o passo do desenvolvimento planejado seja alcançado pela indústria siderúrgica brasileira será necessário dispor de mão de obra adequada. Sem esta os melhoramentos em práticas de operação não poderão ser alcançados e o planejamento de novas acerarias não poderá ser adequadamente posto em efeito.

As capacidades para se obterem os desejados níveis de treino em todas as categorias de operação e administração dentro da indústria já existem no Brasil; há necessidade, todavia, de mobilizar estas capacidades para que sirvam às funções especializadas da indústria siderúrgica.

O planejamento central existências de pessoal adequado determinará uma parte muito importante no desenvolvimento de todas as indústrias brasileiras; recomendamos que a indústria siderúrgica tome iniciativa neste campo de promover um estudo imediato e pormenorizado das suas necessidades em administração e em pessoal especializado e semi-especializado durante os próximos dez anos. As informações colhidas de um estudo desta natureza deverão constituir a base de programas de educação e de treino a serem postos em vigor nos vários centros de ensino.

CAPÍTULO 40 - RECOMENDAÇÕES PARA AÇÃO NA PLANIFICAÇÃO NA INDÚSTRIA SIDERÚRGICA BRASILEIRA

40.1 Os planificadores

As implicações nas tendências tecnológicas mundiais influenciarão decisões a todos os níveis, desde encorajamento por parte do governo para crescimento em setores específicos até decisões sobre a modernização ou sobre a expansão a serem tomadas pelas empresas individuais.

É evidente que as acerarias maiores têm de abraçar, ou de substituir, as unidades menores com o decorrer dos tempos e portanto é de importância vital que a estratégia global para a indústria seja definida por forma a permitir o desenvolvimento de cada uma das várias atividades dentro do seu contexto.

A CONSIDER, a agência responsável pela execução das responsabilidades que competem ao governo brasileiro neste trabalho, será responsável diretamente pelas recomendações expressas neste capítulo, mas será de importância também que a própria indústria participe, de per si, no máximo possível, na planificação do seu próprio futuro.

Para assegurar que o novo equipamento a ser instalado é desenhado em harmonia com os últimos e mais modernos padrões mundiais, recomendamos que seja nomeada uma comissão consultiva central que faça o ajuizamento e acompanhe as tendências em desenhos de maquinaria num âmbito mundial. Esta comissão, que seria nomeada pela CONSIDER e pela IBS, poderia ser consultada por todos aqueles responsáveis pela planificação e pela construção de novas instalações ou pela expansão daquelas já existentes e em produção. Esta comissão poderia também assistir no desenvolvimento do fruto uso da indústria nacional para a fabricação de maquinaria para a indústria siderúrgica brasileira.

A CONSIDER, e bem assim a indústria, serão bem ajuizadas a reduzir ao mínimo o esforço requerido para formular e especificar os modelos técnico-econômicos que são necessários para resolver as situações interativas que são geradas por uma planificação compreensiva; esta atitude pode ser bem resolvida pelo uso de consultores especializados em planificação, deixando portanto aos planificadores brasileiros uma liberdade maior para analisar e para avaliar as várias estratégias que possam adotar.

Uma vez tenha sido completada a missão principal de estabelecer uma estra-

tégia global para a indústria, os planejadores de acerarias individuais necessitam de prosseguir nos seus esforços. Estes esforços se podem tornar mais econômicos pelo uso de consultores que assistam a administração da companhia a resolver o pico do esforço que é requerido e absolutamente necessário para formular os planos pormenorizados.

40.2 Estudos de áreas vitais de decisão

A estratégia resultante de planos para a indústria siderúrgica brasileira em 1980 abraçará a produção em, possivelmente, 60 instalações diferentes cada uma delas com uma média de quatro ou cinco processos centrais. Consequentemente terá que haver uma necessidade de 300 a 400 decisões sobre capacidade e localização de uma aceraria. Estas decisões podem ser divididas em dois grupos: o primeiro grupo é constituído pelas decisões vitais necessárias para a configuração da indústria por forma a poder satisfazer as exigências futuras que sobre ela recaiam, no contexto da tecnologia moderna e no ambiente predominante no Brasil. Estas decisões vitais estão estreitamente inter-relacionadas e só podem ser determinadas levando a cabo estudos de planificação para estabelecer estas relações e para qualificar as suas inter-ações. O segundo grupo, o grupo maior não apresenta tantas dificuldades, compreendendo a extensão lógica das decisões vitais que são, neste grupo, decididas apenas pelos parâmetros tecnológicos. Nós, por nossa parte, identificamos treze estudos de maior vulto que constituem partes componentes na estratégia total. Estes estudos são:

- uma avaliação de mercado/produto para materiais de embalagem.
- um estudo pormenorizado de produtos na forma de canalizações e de tubos.
- um estudo pormenorizado da demanda de perfis médios e pesados.
- uma avaliação das diferentes localizações para uma aceraria de tipo contínua quente para tiras e para uma fábrica de folha de flandres.
- um estudo da disponibilidade e utilização de sucata.
- um estudo para determinar a política de fabricação de aço para o setor de produto não plano.
- um estudo das fontes alimentadoras de cargas para a fabricação de aços especiais.
- uma revista à capacidade das acerarias no setor não-plano em relação às qualidades de aço e aos produtos requeridos.
- um estudo das econômicas de aços inoxidáveis e laminados e de outras chapas de aço especial.
- um estudo dos padrões e da qualidade do produto.
- um estudo para especificar os índices de rendimento que sejam apropriados para a indústria.
- uma avaliação das características técnicas dos transportes que sejam de importância para a indústria siderúrgica.
- um estudo das disponibilidades de carburantes e de redutíveis, com acentuação especial em coque formado.

Previmos que o conteúdo de cada um destes sub-estudos e os resultados que deles se obtenham sejam de harmonia com o seguinte resumo:

Avaliação de mercado/produto para materiais de embalagem

A competição entre os vários materiais para embalagem é uma competição contínua. No caso do Brasil, que se está desenvolvendo em todos os setores de produtos, é importante estar bem ao corrente das vantagens que cada um dos materiais tem para oferecer. É também de importância idêntica estar bem a par das características técnicas de cada mercado para ajuizar o grau em que cada produto de substituição é considerado como um produto prático sem tomar em consideração as econômicas deste mesmo produto. Portanto, recomendamos que seja feito um estudo às necessidades em produtos de embalagem, particularmente naquelas indústrias que fazem hoje uso de folha de flandres para estabelecer que tendências em embalagem podem influenciar a sua demanda de folha de flandres e também para avaliar até que ponto produtos alternativos de aço possam substituir a folha de flandres como por exemplo no caso de aço sem estanho ou chapas laqueadas.

Estudo do mercado de produtos na forma de canalizações e de tubagens

A única indicação no relatório da Technometal sobre a demanda de canalizações ou de tubagens pelo mercado se refere a tubos sem costura. Considerando como sendo essencial estabelecer a procura no Brasil para tubagens e canalizações em maior pormenor, dada a multiplicidade de processos para a fabricação de tubagens, cada um deles orientado para uma determinada gama de produtos. Nós notamos aqui a contínua tendência de substituição de tubos sem costura por tubos soldados e portanto nos sentimos incluídos a considerar a previsão do mercado para tubos sem costura como não sendo de muita confiança. Este estudo tem que ser completado antes que se façam decisões sobre a capacidade para a manufatura de tubagens e de canalizações. Além disso a decisão se reflete também sobre a procura de tarugos para tubos redondos e de placas estreitas para tiras.

Estudos dos perfis médios e pesados

O relatório da Technometal cobre esta vasta gama de produtos revelando apenas uma única tonelagem. Nós já frisamos que perfis estruturais pesados são, hoje em dia, fabricados usualmente de placas universais. Perfis em maiores dimensões para a indústria naval são também fabricados por este processo. Fábricas para vigas universais são agora um método reconhecido para estruturas laminadas médias até, digamos, 550 milímetros e é, inclusivamente possível, o seu uso para a produção de trilhos.

A tonelagem requerida parece ser pequena em comparação com o desenvolvimento geral da indústria brasileira e, por este fato, consideramos importante que se estabeleça neste estudo, quanto se poderia estimular a demanda com o conhecimento de que, por exemplo, existiriam no mercado perfis universais.

Consideramos este estudo como sendo absolutamente essencial à decisão a fazer sobre a capacidade de acerarias para perfis.

Estudo da localização nas instalações para tiras à quente para a folha de flandres

Acentuamos no Artigo 36.1 a natureza vital das decisões relacionadas com a localização da próxima instalação para a produção de tiras à quente. Este estudo deve abranger a avaliação de locais alternativos (em termos de capacidade side-

rúrgica requerida para apoiar a instalação à capacidade máxima), a gama dos produtos a serem laminados, a extensão em que estes mesmos produtos têm que continuar a ser processados no mesmo local ou despachado para outras acerarias e o efeito de uma instalação nova em adição à capacidade já existente para a produção de tiras a quente. Este estudo determinará a configuração do setor de produtos planos em 1980; tôdas as outras decisões sobre fornecimento de capacidade têm que ficar subordinadas a esta decisão principal.

A demanda para facilidades de produção adicional de folha de flandres parece justificar a construção de uma unidade nova à frio e para têmpera, desoxidação, processos de temperamento e linhas de estanhamento. Não é imperativo que uma tal instalação seja situada num moínho de tiras à quente de onde provém o fornecimento. O estudo deve também cobrir as várias opções para alargamento e desenvolvimento das facilidades existentes e a construção de uma unidade nova num local que ofereça vantagens devido à existência de massa operária, buu rede de transporte ou um mercado maior para folha de flandres.

Estudo da disponibilidade e utilização da sucata

Este estudo seria uma amplificação do trabalho anterior para estabelecer o seguinte:

- (i) quantidades das várias qualidades de sucata existentes em cada local.
- (ii) quantidades das várias qualidades de sucata necessárias para cada processo de fabricação de aço.
- (iii) níveis da mobilidade da sucata.

O estudo deveria produzir dois resultados. O primeiro seria o ajuizamento global por região da posição da sucata. O segundo resultado seria uma previsão da quantidade de sucata de qualidade existente para a produção de aços especiais.

Política de fabricação de aço só para o setor de produtos não planos

No Artigo 36.2 já oferecemos uma indicação preliminar do conteúdo deste estudo. O objetivo da política de fabricação de aço é o de fazer o melhor uso possível das matérias primas. Este objetivo implica o uso de tanta sucata quanto seja possível obter sem criar uma 'escassez'.

Este estudo envolverá toda a indústria porque as práticas de fabricação de aço no setor de produtos planos têm também de ser estudadas para saber que demandas terão que ser feitas neste setor à sucata proveniente de outras fontes.

O objetivo deste estudo é a determinação do montante de capacidade de fabricação de aço que pode ser baseada em sucata e, em termos gerais, onde será localizada esta fabricação.

Estudo das fontes de cargas de alimentação para a fabricação de aços especiais

Este estudo segue, em linha natural, o estudo de utilização de sucata e tem também que ser relacionado com o estudo da política de fabricação de aço no setor de produtos não-planos.

O objetivo deste estudo é determinar a quantidade de material para a carga, de qualidade, existente para este setor, dentre as existências de sucata e que fornecimentos alternativos podem ser planejados.

As alternativas podem ser:

- a construção de uma pequena aceraria BOF para aços não-comuns usando metal quente fabricado por uma aceraria de grande volume existente nas vizinhanças.
- a construção de uma pequena aceraria BOF completa com fornos Elkem.
- o fornecimento de ferro poroso para a fabricação de aço fazendo uso de fornalhas de arco elétrico.

Revista à capacidade de acerarias no setor não-plano

Este estudo compreende um inventário à capacidade das instalações de acabamento existentes, classificada por mistura de produto, por qualidade de produto e por potencial para o seu desenvolvimento.

Estudo das opções de laminação para chapas de aço especial

Este estudo deve abordar as economias do processo para as opções alternativas para laminação de chapa de aço inoxidável, chapas elétricas com orientação granulada e outras chapas especiais. As opções deverão incluir laminação de folha quente no setor do principal produto plano e a construção de uma unidade de produção de chapas CRGO.

Estudos dos padrões do produto e da sua qualidade

O propósito deste estudo é revêr as necessidades exigidas pelo mercado em matéria de padrões, e bem assim, especificação de qualidade, para assegurar que seja feita a provisão para facilidades adequadas dentro da indústria para satisfazer esta demanda. O estudo identificará os padrões e os níveis de quantidade que são relevantes aos grupos de produtos, e indicará oportunidades para racionalização a fim de poder satisfazer as necessidades estabelecidas pelos diferentes mercados.

Especificação dos índices de rendimento

Uma avaliação das facilidades existentes e a serem propostas, em matéria de instalações, só pode ser feita satisfatoriamente se existirem índices bem definidos para se descrever o rendimento da instalação. Até certo ponto este trabalho pode ser feito em paralelo com a instalação de sistemas informativos para benefício da administração e que recomendamos no Capítulo 6. Entretanto, se deve notar que índices de rendimento para fins de planificação não são, geralmente, os mesmos que se tornam necessários para o controle diário de uma instalação se bem que, desnecessário dizer, são obtidos da mesma data básica.

Estudo de transportes

Há três situações principais em matéria de transporte que são de interesse

para os planejadores da indústria siderúrgica brasileira. Estas três situações são o movimento em grande escala de matérias primas e de produtos acabados no 'triângulo industrial', o apoio de mercados que se encontram afastados deste triângulo e que pode bem vir a justificar a instalação de uma aceraria local como, por exemplo, no sul e no nordeste, e a possível transferência em grande volume de produtos semi-acabados (particularmente tarugos) entre as várias acerarias.

Cada situação apresenta características diferentes de manuseamento tanto em termos da embalagem do produto como de equipamento para o seu carregamento. Alguns destes produtos ou materiais podem exigir meios de transporte propositadamente desenhados. Os principais objetivos deste estudo são uma avaliação econômica das alternativas e um cálculo da forma provável do desenvolvimento do transporte necessário para o efeito.

Estudo dos combustíveis e redutíveis

Torna-se evidente que a indústria vai depender muito na produção de metal quente em altos-fornos. Consequentemente, há necessidade de um estudo de todas as alternativas possíveis no uso do coque metalúrgico a fim de estabelecer uma política generalizada para a indústria em matéria de consumo de redutíveis. Este estudo terá de abordar: a avaliação tecnológica dos possíveis carvões existentes no Brasil tanto indígenas como importados; os desenvolvimentos na manufatura de coque e a produção de coque formado; e as viabilidades econômicas das várias opções.

40.3 Estratégia global para a indústria

A estratégia para toda a indústria engloba as sub-estratégias para os três setores principais de produtos; estes setores devem ser estudados na sua totalidade fazendo uso dos sub-estudos que se definiram no artigo anterior como elementos disponíveis. A relação entre os sub-estudos e aqueles da indústria na sua totalidade se mostram diagramaticamente na Figura 40.1.

As técnicas para a avaliação e otimização da capacidade de cada aceraria, e das suas partes componentes - e, similarmente, da indústria, como um todo - foram explicadas num estudo escrito por Mills and Soan.* Exemplos representativos de acerarias 'modelos' têm de ser criados ao ser planejada a futura capacidade como se mostra no Apêndice 3.

Quando se toma uma decisão para fazer um plano global para um empreendimento existe a tentação de completar todo o estudo em um período mínimo de tempo. Embora demoras reduzam a validade dos elementos recolhidos, aceleração imprópria também não deve ser encorajada. A magnitude da missão de planejar uma indústria inteira é tão vasta que isto não é praticável, devido à limitações de organização e de pessoal existente para fazer a planificação simultaneamente. Em virtude de tais circunstâncias, é preferível preparar, tão rapidamente quanto possível, uma

* Determination of Optimum Capacity of the fully-integrated Iron and Steel Plant and its Parts - UNIDO Segundo Symposio Inter-regional sobre a indústria siderúrgica - Moscow, 19 de setembro a 6 de outubro de 1968.

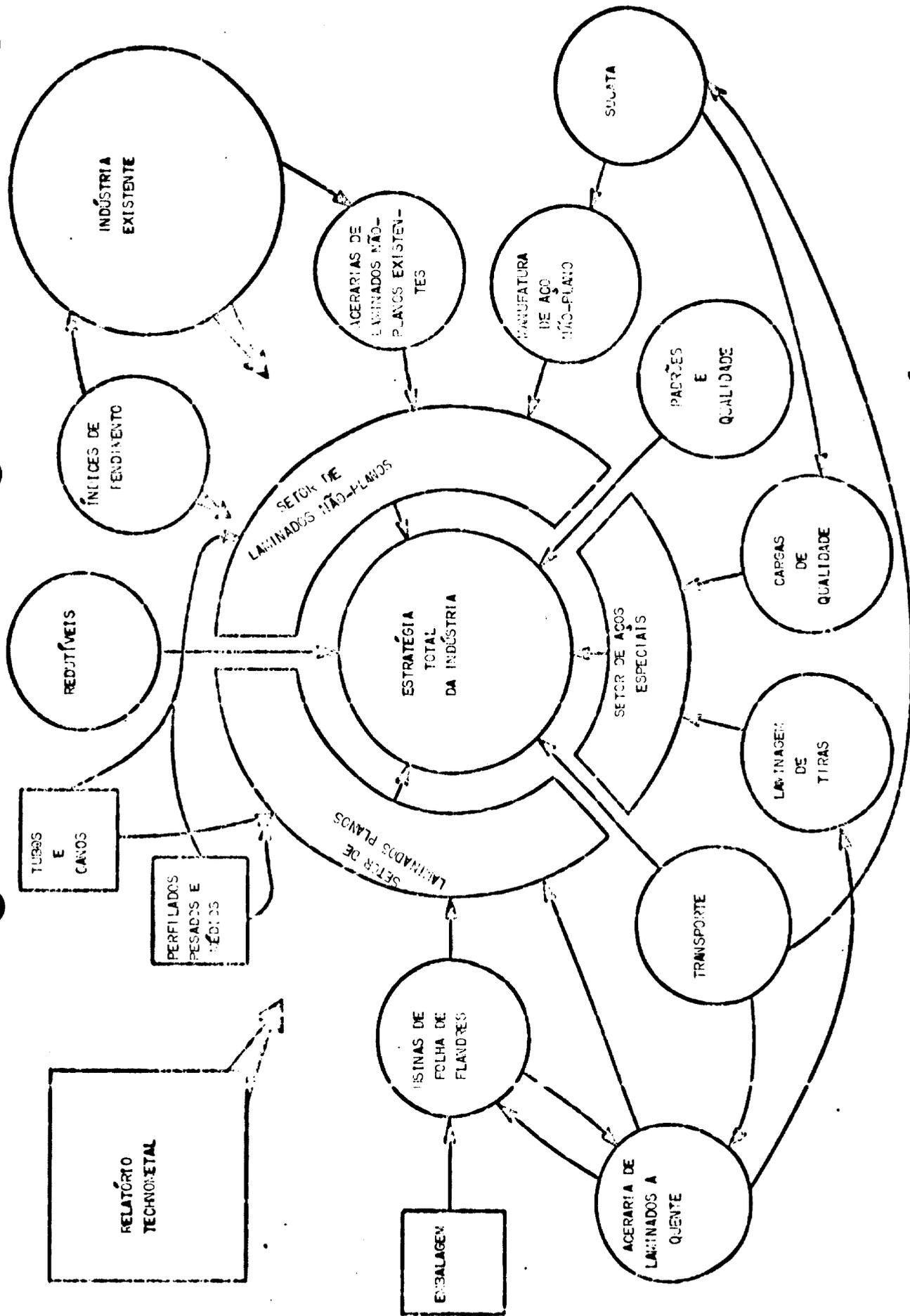


FIGURA 40.1 - ESTRATÉGIA DE PLANIFICAÇÃO GLOBAL

delineação de um plano total se fazendo depois a concentração em estudos pormenorizados daqueles aspectos que mais urgentes se tornem. Das áreas de decisão vital que identificamos no Artigo 40.2 consideramos as seguintes como sendo aquelas que necessitam de maior prioridade:

- estudo de localização de instalação para fabricação de tiras à quente (e instalação para a produção de folha de flandres);
- disponibilidade de sucata e estudo de utilização;
- estudo da política de fabricação de aço para o setor de produtos não-planos;
- estudo das fontes fornecedoras de produtos para cargas para a fabricação de aços especiais;
- estudo de combustíveis e redutíveis.

É também importante completar, numa das primeiras fases, a especificação dos índices de rendimento porque esta especificação determinará a exatidão de todas as planificações futuras.

Uma vez estabelecida, a estratégia tem que ser continuamente revista e renovada para tomar em consideração todos os desenvolvimentos tecnológicos e todas as pressões sociais e econômicas. Deve ser lembrado, entretanto, que enquanto a estratégia pode ser alterada muito rapidamente em resposta à influências estranhas, a replanificação resultante só pode ter lugar em estágios que são governados pela dimensão e pela frequência dos desenvolvimentos que podem ser suportados pelas acerarias individuais. Este o motivo porque em momento algum pode qualquer indústria ser considerada como verdadeiramente modernizada.

APÉNDICES

APÊNDICE 1 - DADOS BÁSICOS DE RENDIMENTO

Al.1 Definições do critério de rendimento

As definições do critério de rendimento que foram usadas no relatório são as seguintes:

Índice de produção do alto-forno (B.O.I.)

Este índice é derivado da expressão:

$$\frac{P(0,02B + 10)}{72(3,3D - 10)} \quad \text{para fornalhas com um } D \text{ superior a } 6,1 \text{ metros}$$

ou

$$\frac{P(0,02B + 10)}{19,4D^2} \quad \text{para fornalhas com um } D \text{ inferior a } 6,1 \text{ metros}$$

em que,

- P = Produção de metal quente - toneladas por dia
- B = Peso da carga - quilogramas por tonelada de metal quente
- D = Diâmetro do forno da fornalha - metros

Nota: Peso da carga se assume consistir de todos os materiais carregados na fornalha, exceto coque ou carvão vegetal.

Regime corrigido de coque

O regime real de coque para cada alto-forno é corrigido para 85 por cento fixo de carbono. Quando seia injeção de óleo, a quantidade injetada nos sangradores é convertida para uma quantidade equivalente a 85 por cento fixo de coque carbônico a uma base térmica, assumindo que 85 por cento de coque com carbono fixado teria um valor calorífico de 29 megajoules por quilograma. O regime total corrigido de coque é derivado então da acumulação dos itens, consoante apropriado.

Regime corrigido de carvão vegetal

A derivação para regime corrigido de carvão vegetal para operação de altos-fornos é baseada no mesmo princípio descrito para o regime corrigido de coque exceto que o teor fixado de carbono no carvão vegetal é corrigido para 76 por cento. A quantidade equivalente de carvão vegetal correspondente ao óleo combustível injetado foi calculada numa base de 76 por cento de teor fixado de carbono que teria um valor calorífico líquido de 29 megajoules por quilograma.

A1.2 Níveis de rendimento

Os níveis de rendimento das várias facilidades de manufatura abaixo descritas são aqueles que se esperam ser obtidos pelos mais importantes operadores da indústria siderúrgica mundial ao se chegar ao ano de 1980. Em termos gerais são os níveis presentemente obtidos pelas acerarias que têm, hoje em dia, os mais altos níveis de produção. Tais níveis foram os usados neste relatório para determinar os custos de processo. (Se assumiu que todas as instalações, não contando usinas de laminação, operam 8.000 horas por ano).

Forno de Coque

Regime de produção - 1,0 tonelada de coque (de todas as qualidades) por metro cúbico de volume de forno por dia.

Usina de concrecionamento

Regime de produção - 32 toneladas de concrecionamento utilizável por metro quadrado de área efetiva de grelha por dia.

Alto-forno

Regime de produção - 3 toneladas de metal quente por metro cúbico de volume efetivo da fornalha por dia.

Os regimes acima descritos se baseiam na prática seguinte:

Carga com teor de Fe

Torrões de minério contendo não menos do que 64 por cento de ferro e/ou concrecionamento de fluxo próprio ou pelotas óxidas com um teor equivalente de Fe*.

- * Foi assumido que as fornalhas no Brasil trabalham com um concrecionamento de 100 por cento; fornalhas internacionais com 60 por cento de concrecionamento e 40 por cento de minério em torrão.

Teor de carvão (numa base seca)	420 kg por tonelada de metal quente
Regime de injeção de óleo	60 kg por tonelada de metal quente
Temperatura de fundição	1250 ^o C
Pressão máxima	2 atmosferas
Teor de oxigênio na fundição	24 por cento

Acerarias BOF

Dimensão da fornalha	Período de ciclo (média anual) (minutos)	Utilização da usina (porcentagem)	Número aprox. de operações por ano
Menos de 100 toneladas	33	90	14.300
Mais de 200 toneladas	33,5	90	13.500

Acerarias de Arco Elétrico

Dimensão da fornalha	Período de ciclo* (média anual) (minutos)	Utilização da usina (porcentagem)	Número aprox. de operações por ano
Menos de 50 toneladas	180	90	2.600
Mais de 100 toneladas	240	90	2.000

Máquinas de forjamento contínuo

Regimes de produção:**

Produção de tarugos (100 mm x 100 mm)	14 toneladas por hora por ramo
Produção de blocos (250 mm x 250 mm)	28 toneladas por hora por ramo
Produção de placas (1500 mm x 250 mm)	120 toneladas por hora por ramo

Os regimes de produção acima se baseiam nas condições seguintes:

Período máximo de vertimento	70 minutos
Período de reposição	30 minutos
1 máquina em reserva para cada 3 máquinas a fazer a fundição.	

* Baseado em produção de aço ao carbono

** Se for feita a fundição "contínua contínua" - quando mais

Laminadoras

Disponibilidades existentes 7.000 horas por ano
Utilização 90 por cento do número de horas disponíveis.

A1.3 Rendimentos do Processo

A lista que se segue mostra os rendimentos dos vários processos que estão presentemente sendo obtidos pelas principais instalações siderúrgicas. Estes rendimentos foram os considerados no presente relatório na determinação dos níveis de produção requeridos e custos de produção: -

<u>Processo</u>	<u>Material</u>	<u>Produto</u>	<u>Rendimento- percentagem</u>
Manufatura de coque	Mistura de carvão coqueificante	Coque (todas as qualidades)	74 ⁽¹⁾
		Coque para alto-forno	68 ⁽¹⁾
Concrecionamento	Fe em chispas de minério de ferro	Concrecionamento para alto-forno	100 ⁽¹⁾
Alto-forno	Fe em carga ferruginosa	Metal quente	97,5
Redução direta	Fe em carga ferruginosa	Produto reduzido (ferro poroso)	98
Manufatura de aço BOF	Carga metálica	Aço líquido	91
Manufatura de aço EA	Carga metálica	Aço líquido	94
Manufatura de aço EA	Carga metálica: 80% Produto reduzido ⁽²⁾ 20% sucata	Aço líquido	87
Forjamento de lingotes	Aço líquido	Lingotes	98
Forjamento contínuo*	Aço líquido	Placas	95
	Aço líquido	Blocos	96
	Aço líquido	Tarugos	96

de uma fornada de aço é fundida em sequência - os regimes de produção e de rendimento de materiais aumentarão consideravelmente.

Laminagens	Lingotes	Placas	90
	Lingotes	Blocos	90
	Placas	Chapas	90
	Placas	Bobinas laminadas a quente	96
	Bobinas laminadas a quente	Bobinas laminadas a quente preparadas	96
	Bobinas laminadas a quente	Chapas laminadas a quente preparadas	90
	Bobinas laminadas a quente	Bobinas reduzidas a frio	94
	Bobinas reduzidas a frio	Bobinas laminadas a frio preparadas	97
	Bobinas reduzidas a frio	Chapas laminadas a frio preparadas	93
	Bobinas reduzidas a frio	Folha de flandres	97
	Folha de flandres	Chapas estanhadas	96
	Chapas laminadas a frio	Chapas galvanizadas e Siemens-Martin	103
	Blocos	Tarugos	95
	Blocos e tarugos	Perfilados	90
	Blocos	Trilhos	90
	Tarugos	Barras	95
	Tarugos	Fio máquina	91
	Blocos	Tubos sem costura	80
	Tarugos	Tubos sem costura	81

Nota: 1. Base seca.

2. Produto reduzido com metalização de 85%, em que a metalização é definida como sendo o teor de Fe metálico no total de Fe no produto.

* ver anotação no pé de página anterior.

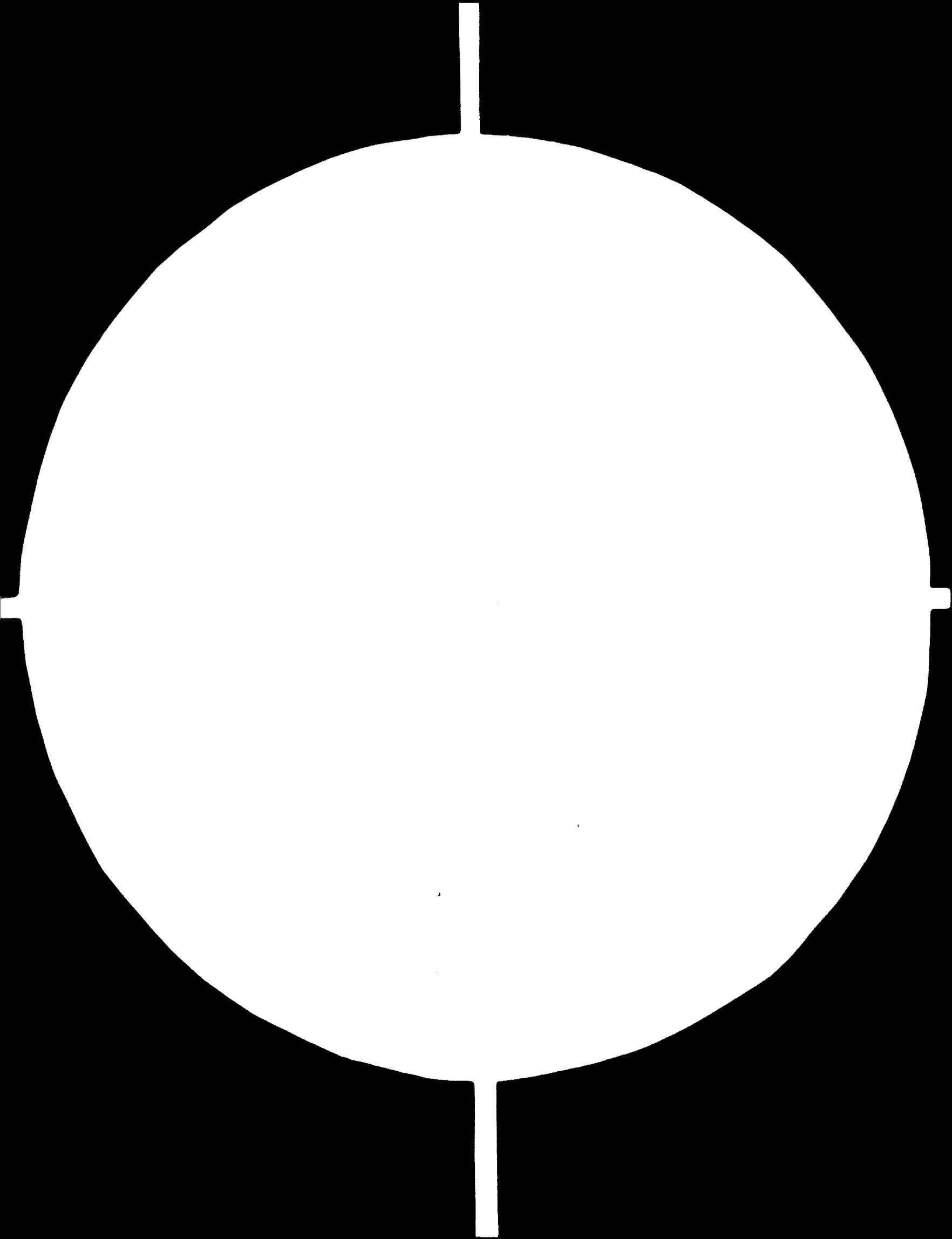
C-583



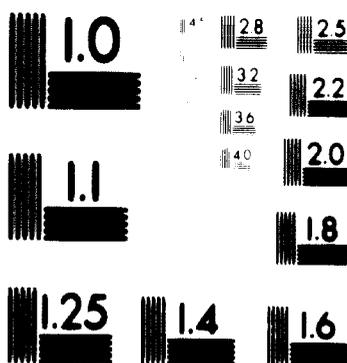
84.12.13

AD.86.07

ILL5.5+10



7 OF 7



MICROCOPY RESOLUTION TEST CHART
NATIONAL BUREAU OF STANDARDS
STANDARD REFERENCE MATERIAL 1010a
(ANSI and ISO TEST CHART No. 2)

24x F

APÊNDICE 2 - DERIVAÇÃO DO CUSTO COMPREENSIVO E FATORES DE RECUPERAÇÃO DE CAPITAL

A2.1 Definição dos termos de custo

O relatório faz uso de um número de termos diferentes para medir os custos relativos de processos alternativos. O diagrama abaixo indica que componentes de custo total de um processo de manufatura se encontram incluídos em cada um dos termos usados.

Custo total (ou compreensivo)	Custo compreensivo de conversão	Custos de conversão ou operação	Matérias primas
			Consumíveis
			Energia
			Manipulação
			Custos capitais
			Serviços gerais e capital de operação
			TOTAL

A2.2 Custo compreensivo

A consideração separada de capital e custos de operação nem sempre podem indicar claramente qual dos dois processos alternativos, de aparência técnica semelhante em matéria de viabilidade, representará o melhor investimento. Se um processo tem um baixo custo anual de operação mas requer um elevado custo de capital, os processos são difíceis de comparar a menos que exista um único parâmetro à luz do qual se possam estabelecer os dois tipos de custo. A maneira de resolver o problema é considerando o capital como uma comodidade que é alugada por um cifra anual e a adição deste encargo capital aos

custos anuais de operação (conversão) produz um custo compreensivo anual que faculta o parâmetro necessário para a comparação dos processos alternativos. O encargo ao capital tem de incluir as considerações seguintes:-

- a) depreciação (isto é, tem de tomar em consideração a longevidade do item em questão);
- b) uma margem satisfatória de lucro para remunerar o custo capital (dividendos e/ou pagamentos de juros);
- c) uma ausência de lucro durante o período de construção e o período de arranque da instalação.

O encargo ao capital é calculado aplicando o fator de recuperação de capital (expressado na forma de uma percentagem) à despesa relevante do capital. Em termos algébricos o encargo anual ao capital é expressado por rC e o custo compreensivo pode ser expressado na forma de uma equação:

$$T = P + rC$$

em que T = custo compreensivo anual
 P = custo anual de operação ou custo de conversão
 C = custo capital
 rC = encargo anual ao capital
 r = fator de recuperação de capital

Com o fim de determinar o fator apropriado de recuperação de capital se torna necessário fazer um número de suposições básicas relativas ao processo, aos termos financeiros e ao ambiente fiscal. Estas suposições incluem:

- i) Escalonamento da despesa do custo capital.
- ii) Longevidade do projeto.
- iii) Taxas de comissionamento aplicáveis ao projeto.
- iv) Custos adicionais de operação durante o período do arranque.
- v) Divisão dos custos capitais entre instalações, edifícios, etc.
- vi) Valor de disposição dos edifícios, etc.
- vii) Método de aquisição de capital e a taxa de desconto necessária (incluindo ou excluindo impostos).
- viii) Princípios que governem perdas para fins de pagamento de impostos.
- ix) Taxa de impostos aplicável.

- x) Período para pagamento de impostos.
- xi) Concessões para investimento e abonos por depreciação.
- xii) Período de espera pelo pagamento de subsídios e harmonização com os abonos de depreciação.
- xiii) Outros incentivos fiscais.

Para os propósitos deste estudo foram calculados dois fatores de recuperação de capital, um para o tipo de regulamentos financeiros e fiscais do Brasil e o outro para os regulamentos internacionais. Os valores calculados foram: -

Brasil :16 por cento
Internacional :19 por cento

Ambos os valores foram baseados numa taxa de lucro requerida, em termos reais, de 12 por cento por ano.

As suposições básicas consideradas em matéria de parâmetros financeiros e os cálculos pormenorizados dos fatores de recuperação de capital se encontram seguidamente: -

Suposições

Brasil:

Uma equidade de 12 por cento por ano
 Modo: 60 por cento empréstimos; 40 por cento equidade
 Empréstimo - juros a 8 por cento, com 4 ano de isenção de pagamento de juros, seguido do pagamento sobre um período de 12 anos
 Depreciação a 5,56 por cento, direta, sobre todas as despesas de capitais (isto é, sobre edifícios e instalações)
 Reconstrução de lucro 0,6x, 0,8x, 1,0x em que x é o nível do lucro desejado
 Custo adicional nos anos iniciais - 20% da despesa capital
 Impostos - 30 por cento no Sudeste
 Longevidade comercial do projeto de 18 anos
 Sem valor de revenda ao fim da vida útil

Internacional:

Uma equidade de 12 por cento por ano
 Modo: 40 por cento empréstimos; 60 por cento equidade
 Empréstimo - juros a 8 por cento capitalizado durante o período de construção, por obrigações remíveis após o completamento do projeto

Investimento - 35 por cento em edificações; 65 por cento em instalações e equipamento

Concessões em impostos: Inicialmente 15 por cento em edificações + 4 por cento reais anualmente

Instalações 60 por cento no primeiro ano + 25% por cento de redução anual

Imposto corporativo - 40 por cento

Longevidade comercial do projeto de 15 anos

Sem valor de revenda ao fim da vida útil.

Cálculos de um fator de recuperação de capital

Na base de suposições acima expressadas se ilustra abaixo o método de cálculo para o caso brasileiro: -

Exemplo - Caso Brasileiro

Despesas capital - Dólares dos EUA \$ 1.000

Modo - Empréstimos 60 por cento, equidade 40 por cento.

Desdobramento da despesa capital:

Ano	Desdobramento	Despesa capital	Origem dos Fundos	
			Empréstimo	Equidade
-2	5%	50	30	20
-1	45%	450	270	180
0	40%	400	240	160
1	10%	100	60	40
		<u>\$ 1.000</u>	<u>\$ 600</u>	<u>\$ 400</u>

Empréstimo de capital fixo e amortizações:

Juro sobre o empréstimo a 8 por cento por ano, moratória em pagamento de juros e amortizações de capital durante os primeiros 4 anos de operação, durante cujo período o juro é adicionado ao empréstimo, sendo a soma em dívida amortizada em 12 prestações anuais de montante idêntico.

A2.3 Capital para exploração

Além do capital investido em itens fixos há que considerar nos custos as necessidades de capital para a exploração. O capital líquido de exploração, neste sentido, é definido como investimento em existências (matérias primas, produtos acabados e semi-acabados) e dinheiros devidos por devedores menos as somas devidas a credores. Porque credores constituem uma fonte "sem encargos" de capital para a exploração, para os propósitos de financiamentos adicionais é necessário apenas tomar em conta aquela proporção do capital de exploração que necessita de financiamento numa base permanente, isto é, o capital líquido para exploração. Além disso, como os impostos

Ano	Empréstimo re-querido durante o ano	Empréstimo médio	Juros a 8%	Saldo ao fim do ano	Amortizações
-2	30	15,0	1,2	31,2	
-1	270	166,2	13,3	314,5	
0	240	434,5	34,8	589,3	
1	60	619,3	49,5	698,8	
2	-	698,8	55,9	754,7	
3		754,7	60,4	815,1	
4		815,1	62,5	877,6	
5		841,1	67,3	804,6	73,0
6		768,1	61,4	731,6	"
7		695,1	55,6	658,6	"
8		622,1	49,8	585,6	"
9		549,1	43,9	512,6	"
10		476,1	38,1	439,6	"
11		403,1	32,2	366,6	"
12		330,1	26,4	293,6	"
13		257,1	20,6	220,6	"
14		184,1	14,7	147,6	"
15		111,1	8,9	74,6	73,0
16		37,3	3,0	-	74,6

adicionais sobre o valor são recuperáveis e como, geralmente, os custos compreensivos se referem a uma situação à saída da usina, é necessário planificar, com muita exatidão, as necessidades de capital líquido para exploração.

Similarmente ao caso da despesa fixa de capital, é possível calcular o fator de recuperação de capital que converte o investimento em capital líquido de exploração em relação a um encargo anual equivalente. Para simplificar a seu uso, é conveniente expressar o fator de recuperação como uma percentagem do custo compreensivo total (excluindo nesta fase o encargo de capital de exploração). Os fatores de recuperação do capital de exploração usados neste estudo são: -

No âmbito brasileiro - 2,8 por cento

No âmbito internacional - 4,2 por cento

Cálculo de impostos e concessões

Ano	Depre- ciação impostos	Valor Imp. da Deprec.	Juros do Em- préstimo	Valor Imp. do juro	Teor Lucros	Imp. pagos	Lucros líquidos
-2			1,2				
-1			13,3	0,4			
0			34,8	4,0			
1	55,0		49,5	10,4	.6x-100*		.6x-100
2	55,0	16,5	55,0	14,9	.8x-100*	.18x-30	.62x-70
3	55,0	16,5	60,4	16,8	1,0x	.24x-30	.76x+30
4	55,0	16,5	62,5	18,1	1,0x	0,30x	0,70x
5	55,0	16,5	67,3	18,8	1,0x	0,30x	"
6	55,0	16,5	61,4	20,2	1,0x	0,30x	"
7	55,0	16,5	55,6	18,4	1,0x	0,30x	"
8	55,0	16,5	49,8	16,7	1,0x	0,30x	"
9	55,0	16,5	43,9	14,9	1,0x	0,30x	"
10	55,0	16,5	38,1	13,2	1,0x	0,30x	"
11	55,0	16,5	32,2	11,4	1,0x	0,30x	"
12	55,0	16,5	26,4	9,7	1,0x	0,30x	"
13	55,0	16,5	20,6	7,9	1,0x	0,30x	"
14	55,0	16,5	14,7	6,2	1,0x	0,30x	"
15	55,0	16,5	8,9	4,4	1,0x	0,30x	"
16	55,0	16,5	3,0	2,7	1,0x	0,30x	"
17	55,0	16,5	-	0,9	1,0x	0,30x	"
18	65,0	16,5	-	-	1,0x	0,30x	0,70x
19	-	16,5	-	-	-	0,30x	-0,30x

* Custos extra nos anos iniciais

Cálculo do fator de recuperação:

Ano	Pagamentos equidade	Valores Imp. de depreciação e juros	Despesa total líquida	Lucros líquidos	Fatores de desconto a 15%	Valores atuais	
						da despesa líquida	de lucro
-2	20	-	20,0	-	1,254	25,08	-
-1	180	,4	179,6	-	1,120	201,15	-
0	160	4,0	156,0	-	1,000	156,00	-
1	40	10,4	29,6	.60x-100	0,893	26,43	.536x-89,3
2	-	31,3	-31,3	.62x-70	0,797	-24,95	.494x-55,8
3	-	33,3	-33,3	.76x+30	0,712	-23,71	.541x+21,4
4	-	34,6	-34,6	.70x	0,636	-22,01	
5	140,3	35,3	105,0	"	0,567	59,54	
6	134,4	36,7	97,7	"	0,507	49,53	
7	128,6	34,9	93,7	"	0,452	42,35	
8	122,8	33,2	89,6	"		36,20	
9	116,9	31,4	85,5	"	0,361	30,87	
10	111,1	29,7	81,4	"	0,322	26,21	
11	105,2	27,9	77,3	"	0,287	22,19	3,394x
12	99,4	26,2	73,2	"	0,257	18,81	
13	93,6	24,4	69,2	"	0,229	15,85	
14	87,7	22,7	65,0	"	0,203	13,33	
15	81,9	20,9	61,0	"	0,183	11,16	
16	77,6	19,2	58,4	"	0,163	9,52	
17	-	17,4	-17,4	"	0,146	-2,54	
18	-	16,5	-16,5	.70x	0,130	-2,15	
19	-	16,5	-16,5	-.30x	0,116	-1,91	-,035x
						666,95	4,930x-123,7

Lucro (x) requerido:

$$4,93x-123,7 = 666,95$$

$$x = \frac{(666,95 + 123,7)}{4,930}$$

$$x = 160,4$$

Fator de recuperação:

$$r = 16\%$$

Ao serem formulados os fatores acima, foi considerado como nível dos fundos requeridos 20 por cento da receita das vendas (sem contar com IPI e ICM sobre produtos de aço*). Foi assumido que as somas poderiam ser obtidas numa base de 80 por cento por empréstimo e 20 por cento por equidade, a um juro de 10 por cento com um lucro de 12 por cento na equidade, numa base já descontada. Nesta base, o custo "acavalado" aos custos compreensivos de produção foram calculados a 2,3 por cento, havendo que adicionar mais 0,5 por cento para a comissão de desconto das letras comerciais, dado que cerca de 5 por cento dos devedores transacionam por este método. Semelhantemente, um exame das contas dos mais importantes produtores de aço em bruto revelou que o nível de capital permanente de exploração é de cerca de 30 por cento das receitas, financiado por empréstimos a um montante de 40 por cento e 60 por cento equidade a um juro de 8 por cento, correspondendo a um financiamento sacado a descoberto e um retorno descontado de 12 por cento sobre a equidade. Dentro desta base o capital de exploração no âmbito internacional foi calculado a 4,2 por cento da custo compreensivo total.

* Impostos Estaduais e Federais do Brasil.

APÊNDICE 3 - CUSTOS DE AÇO À LUZ DE CON- FIGURAÇÕES NAS ACERARIAS ESCOLHIDAS

A3.1 Análise do valor das tendências da tecnologia mundial

As limitações em existências de recursos nacionais impossibilitam, algumas vezes, a exploração plena dos mais modernos avanços em tecnologia. É oportuno, portanto, fazer um juízo das várias contribuições potenciais tecnológicas para a prosperidade da indústria quando se estão estudando programas de desenvolvimento industrial de grande vulto. Um juízo de tal natureza permite a concentração em facetas que oferecem os maiores benefícios econômicos para a indústria o, conseqüentemente, para a economia nacional.

Para tal propósito fizemos uso, em este relatório, dos custos totais de aço e produtos relacionados como padrões normais, contra os quais se ajuíza a presente tecnologia mundial na indústria siderúrgica. Os padrões foram evoluídos para um número de configurações de acerarias - ou usinas modelos - que tomam em consideração tanto as condições internacionais como aquelas especificamente brasileiras.

Os custos das usinas modelo foram usados, por exemplo, como base para comparação dos custos dos vários processos para manufatura de aço (Capítulo 14) e para consideração dos efeitos dos custos de transporte e escala de economias em relação à localização das acerarias (Capítulo 26).

Ao evoluir as acerarias modelo usamos o critério de custos em 1980 para as práticas de rendimento e operação (Apêndice 1) e atacamos os encargos ao capital pela maneira descrita no Apêndice 2. As quantidades de materiais básicos e de energia usados na manufatura dos vários produtos considerados em este relatório se encontram desdobrados no Quadro A3.1. Os custos dos materiais básicos que foram considerados se encontram no Quadro A3.2. Todos os custos se referem ao ano de 1971 e são apresentados com suficiente pormenor para que o interessado, se desejado, os substitua por valores alternativos.

No quanto respeitou a cálculos em custos capitais foram feitas as seguintes suposições:

- i. Todos os custos foram baseados nos preços em 1971
- ii. Se assume que o rendimento das acerarias brasileiras e

QUADRO A3.1 - EXIGÊNCIAS EM MATERIAIS E ENERGIA MOTRIZ

As quantidades de materiais básicos e de energia motriz necessários para a manufatura dos vários produtos, conforme abordados em este relatório, são expressadas no quadro que se segue. Estas necessidades são aplicáveis tanto a condições internacionais como brasileiras a menos que seja expressado em contrário.

Área do processo	Produto	Material	Quantidade requerida por tonelada de produto
Fabricação de coque	Coque (todos os tipos)	Lotamento de carvão coqueificante (1)	1350 ⁽¹⁾ kg
Concrecionamento	Concreção para forno	Chispas de minério de ferro Coque miúdo	950 kg
Fabricação de ferro por alto-forno	Metal quente	Concrecionamento Coque Óleo	1520 kg 420 kg 60 kg
Fundição elétrica: Tysland-Hole	Metal quente	Minério de ferro em torrão Coque Eletricidade	1500 kg 350 kg 2200 kWh
Elkem	Metal quente	Minério de ferro em torrão Carvão de alta qualidade (importado) (4) Eletricidade	1500 kg 550 kg 1320 kWh
Manufatura de ferro poroso: HyL	Produto reduzido (2)	Pelotas óxidas Gás natural ou Nafta	1360 kg 660 Nm ³ 5 barrele
SL/RN	Produto reduzido (3)	Pelotas óxidas Carvão brasileiro, ou carvão de alta qualidade (importado) (4)	1410 kg 1000 kg 750 kg

/continua

Área do processo	Produto	Material	Quantidade requerida por tonelada de produto	
Manufatura de aço BOF	Aço líquido	Metal quente	791	kg
		Sucata (28 por cento)	306	kg
Manufatura de aço BOF (condições brasileiras)	Aço líquido	Metal quente	880	kg
		Sucata (28 por cento)	220	kg
Manufatura de aço por arco elétrico	Aço líquido	Sucata (100 por cento)	1063	kg
		Eleticidade	500	kWh
		Oxigênio	15	Nm ³
Manufatura de aço por arco elétrico	Aço líquido	Produto reduzido (Hyl)(2)	920	kg
		Sucata (20 por cento)	230	kg
		Eleticidade	750	kWh
		Oxigênio	10	Nm ³
Manufatura de aço por arco elétrico	Aço líquido	Produto reduzido (SL/RN) (3)	900	kg
		Sucata (20 por cento)	230	kg
		Eleticidade	725	kWh
		Oxigênio	10	Nm ³
Forjamento contínuo	Placa	Aço líquido	1052	kg
	Blocos	Aço líquido	1052	kg
	Tarugos	Aço líquido	1042	kg

- Notas: 1. Base seca
2. Metalização - 85 por cento
3. Metalização - 92 por cento
4. Aplicável somente a condições brasileiras

Quadro A3.2 Elementos de custo básico

Os custos de materiais e serviços usados para avaliar os custos de operação se encontram expressados no quadro que se segue. Os custos são os típicos no ano de 1971, tendo sido de 5,3 Cr\$ = EU\$ 1 o cambio adotado.

Item	Unidade	Custo de entrega em	
		Acerarias brasileiras CU\$	Acerarias internacionais CU\$
Minério de ferro(64%Fe)	Tonelada		
Minério em torrão		-	} 14,5 (40% torrão e 60% chispas)
Chispas		4,0 (aceraria perto da mina)	
Pelotas Óxidas (64%Fe)	Tonelada	12,0 (aceraria perto da mina)	17,0
		17,0 (aceraria junto à costa)	-
Sucata ⁽¹⁾	Tonelada	30,0	29,0
Coque	Tonelada	-	41,0
Carvão ⁽²⁾	Tonelada		
Carvão coqueificante		28,9 (importado)	25,0
		31,1 (indígena)	-
Carvão não-coqueifi- cante	Tonelada	11,3 (indígena)	20,0 ⁽³⁾
Óleo combustível bruto	Tonelada	20,0	20,5
Gás natural	GJ	0,25	-(3)
Nafta	GJ	0,61	-
Electricidade	kwh	0,011	0,011 ⁽³⁾
Mão-de-obra (média pesada)	por homem por ano	2.800	4.800

Notas:

- (1) Uma derivação dos custos de sucata internacional a longo prazo se encontra descrita no Capítulo 14, Artigo 14.2.
- (2) Comprado contendo 10 por cento de humidade.
- (3) Para custos comparativos entre processos de redução direta descritos no Capítulo 11, foram usados preços especiais, inferiores aos custos internacionais aqui cotados.

'internacionais' é o mesmo.

- iii. As acerarias modelos têm os seus custos calculados a uma utilização de 90 por cento.
- iv. Os custos totais em frete e seguro para as acerarias brasileiras são calculados como 18 por cento dos preços da maquinaria à saída das suas fábricas e inclui direitos portuários. Os preços assumidos para frete e seguro no caso de acerarias 'internacionais' foi de 25 por cento dos preços de maquinaria à saída das suas respectivas fábricas.
- v. Custos de montagem e de arranque das instalações em acerarias brasileiras se considera como sendo idênticos aos custos semelhantes para acerarias europeias.
- vi. Todos os equipamentos elétricos e mecânicos se assume que sejam obtidos dentro do território brasileiro a um custo de 106 por cento em relação a equipamento europeu idêntico.
- vii. Os custos de engenharia civil se assume que sejam idênticos tanto no Brasil como na Europa.
- viii. Edifícios auxiliares e estruturas se presume que sejam adquiridos no Brasil a um custo idêntico ao europeu. Edifícios reforçados e estruturas pesadas como, por exemplo, as que têm de ser usadas para o processo BOF e usinas de fundição se assume que sejam 60 por cento obtidas no Brasil e 40 por cento de fabricantes estrangeiros. Os componentes estrangeiros são assumidos a 115 por cento dos custos equivalentes na Europa e os componentes brasileiros ao mesmo preço do seu custo na Europa.
- ix. Os custos dos 'preliminares' para as acerarias se assume que sejam aproximadamente 17 por cento mais elevados do que na Europa.
- x. Não foi considerada contingência para um escalamento nos custos mas se adicionou 10 por cento aos custos capitais (incluindo serviços de movimento) para se obter uma equiparação entre os itens individuais.

A3.2 Descrições das usinas modelos

Os planos de circulação funcional sobre os quais se basearam as usinas modelos se ilustram nas Figuras A3.1 a A3.3:

O plano de circulação funcional 1 (Figura A3.1) indica as necessidades em materiais, no Brasil, para a produção de uma tonelada de aço líquido por forno de coque - usina de concrecionamento - alto-forno - processo BOF e processo por arco elétrico; indica também as quantidades de produtos de usinas de tiras e de usinas de barras disponíveis para

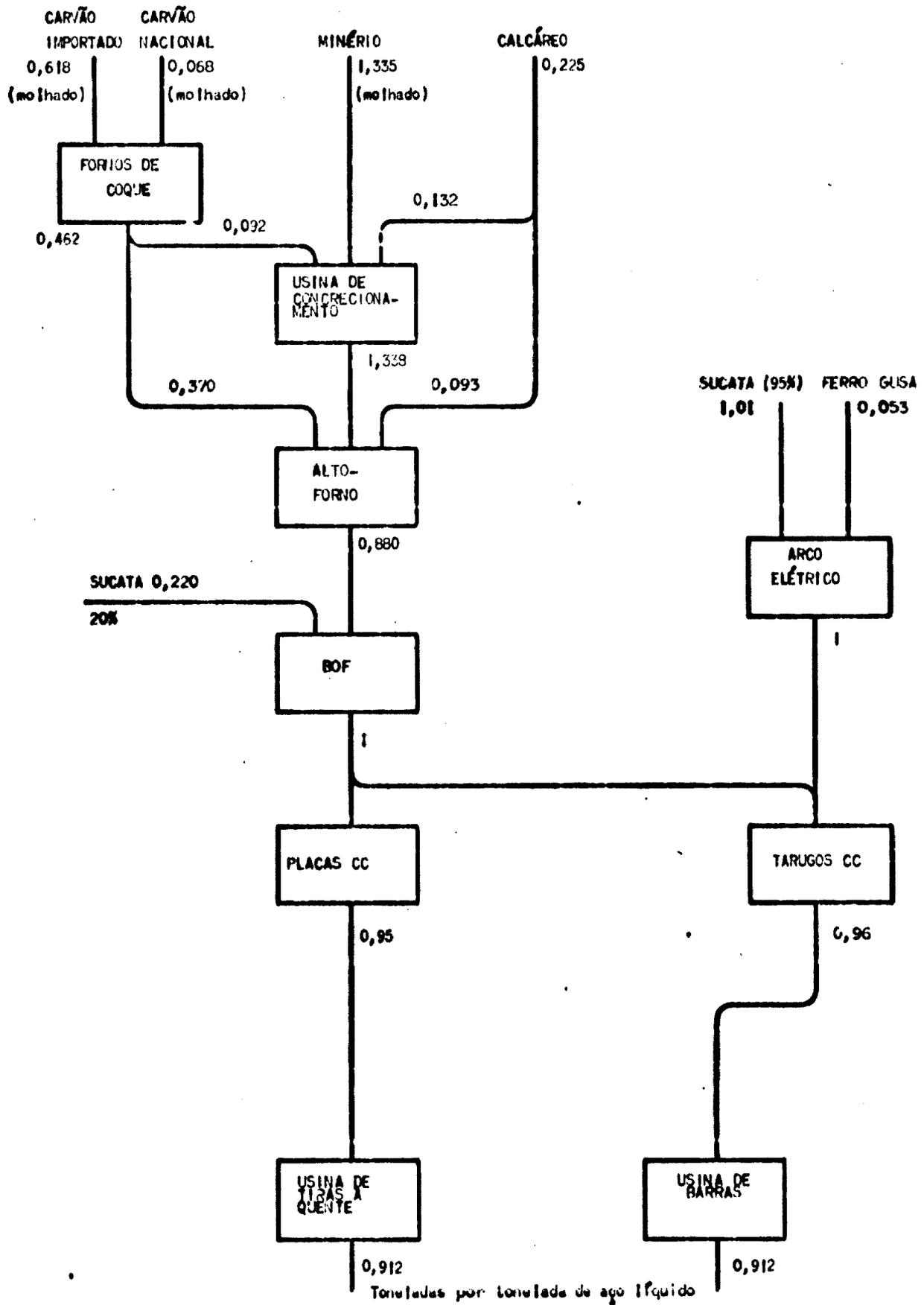


FIGURA A3.1 - PLANO DA CIRCULAÇÃO FUNCIONAL I para siderarias Modelo - Brasil

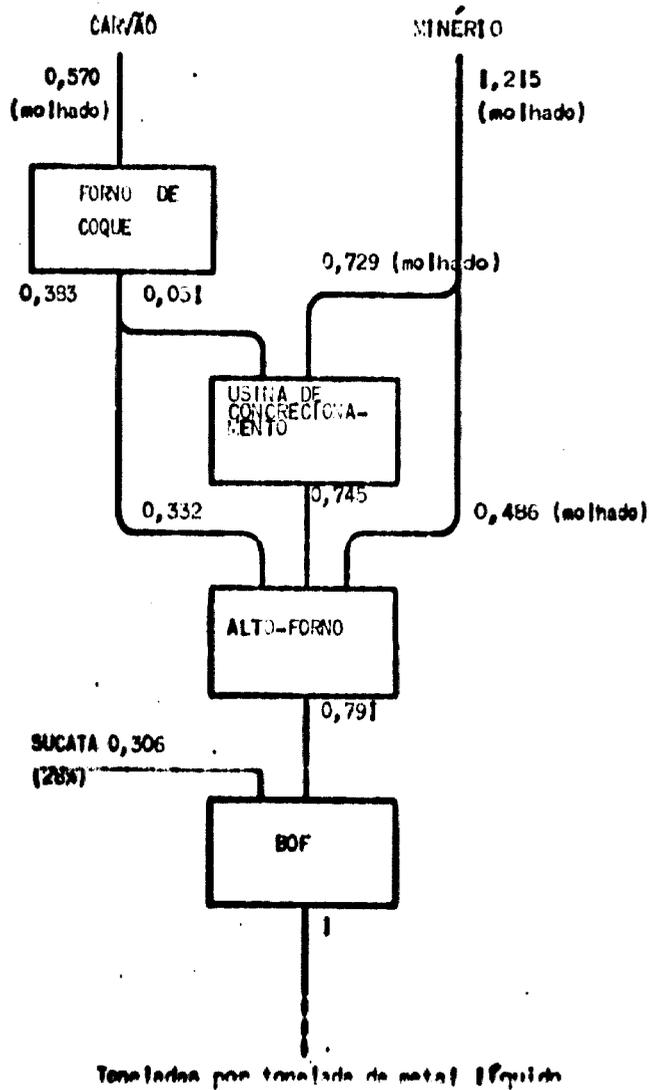


FIGURA AS.2 - PLANO DE CIRCULAÇÃO FUNCIONAL 2 PARA ACERARIAS MODELO - INTERNACIONAL

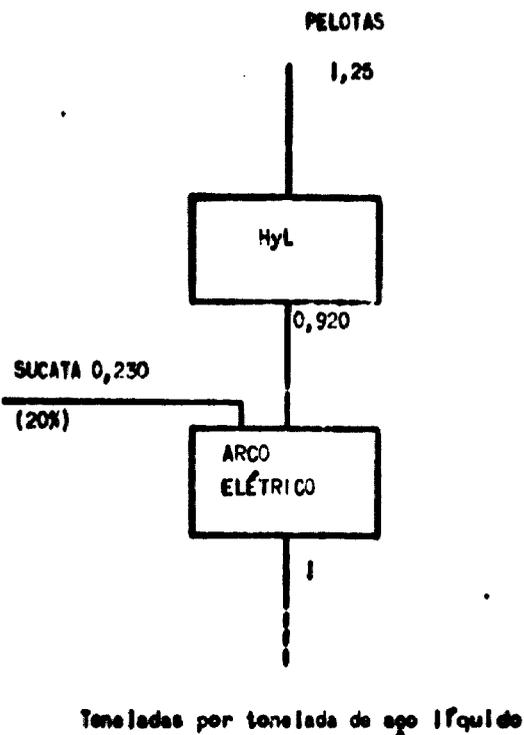


FIGURA AS.3 - PLANO DA CIRCULAÇÃO FUNCIONAL 3 PARA ACERARIAS MODELO - BRASIL

forjamento contínuo de placas - usina de tiras a quente e forjamento contínuo de tarugos - e usinas de barras.

O plano da circulação funcional 2 (Figura A3.2) indica as necessidades em materiais, numa aceraria no estrangeiro para a produção de uma tonelada de aço líquido por forno de coque - usina de concrecionamento - alto-forno e processo BOF.

O plano da circulação funcional 3 (Figura A3.3) indica as necessidades em materiais, no Brasil, para a produção de uma tonelada de aço líquido pelos processos HYL de redução de pelotas e de arco elétrico.

Com estes planos da circulação básicos foram desenhados oito acerarias modelos com o propósito de calcular as demandas em capital e os custos de operação e do produto. As usinas modelos são:

- Usina modelo 1. Um alto-forno, processo BOF, para um milhão de toneladas por ano situado numa área mineira do Brasil (Plano da circulação 1, Figura A3.1).
- Usina modelo 2. Um alto-forno, processo BOF, para três milhões de toneladas por ano, situado numa área mineira do Brasil, com forjamento contínuo de tarugos e usina para vergalhões e barras (Plano da circulação 1, Figura A3.1).
- Usina modelo 3a. Um alto-forno, com uma capacidade de cinco milhões de toneladas por ano - uma instalação BOF situada em uma área mineira do Brasil, produzindo tarugos pelo processo de forjamento contínuo de blocos - com usina laminadora de tarugos (Plano da circulação 1, Figura A3.1).
- Usina modelo 3b. Idêntico à usina modelo 3a, mas o produto são bobinas laminadas a quente em vez de tarugos; o sistema de produção é forjamento contínuo de blocos - laminagem de tiras a quente (Plano de circulação 1, Figura A3.1).
- Usina modelo 4. Um alto-forno com uma produção de cinco milhões de toneladas por ano - uma instalação BOF situada em local costeiro de acesso internacional produzindo bobinas laminadas a quente como na usina modelo 3b (Plano da circulação 2, Figura A3.2 e plano da circulação 1, Figura A3.1).
- Usina modelo 5. Uma aceraria para meio milhão de toneladas por ano situada numa zona junto à costa com um fornecimento de gás natural ou, junto a uma mina com fornecimentos de narta. O processo é o HYL com redução de pelotas - manufatura de aço por arco elétrico (Plano da circulação 3, Figura A3.3)
- Usina modelo 6. Aceraria para meio milhão de toneladas por ano situada numa zona junto à costa e baseada no processo por arco elétrico e redução SL/RN. Não existe um plano da circulação funcional, mas se presupõe que os rendimentos

são idênticos aos mostrados no plano de circulação 3 (Figura A3.3).

Usina modelo 7. Aceraria para meio milhão de toneladas por ano situada no Brasil, perto de uma fonte adequada de sucata, manufacturando aço por arco eléctrico à base de sucata (Plano de circulação 1, Figura A3.1).

A3.3 Custo de aço produzido em usinas modelos

Os elementos do custo de usinas modelos se encontram expressados nos Quadros A3.4 a A3.11 e os custos unitários dos vários produtos se encontram resumidos no Quadro A3.3.

QUADRO A3.3 - RESUMO DOS CUSTOS DE PRODUÇÃO PARA USINAS MODELO
(EU \$ por tonelada)

Ref.	Pormenores de Usinas Modelo				Produto							
	Processos de manufatura de aço e capacidades*	Localização	metal quente	ferro poroso	aço líquido	plecas	blocos	tarugos	b.l.q.**	vergalhões e barras		
1	Alto-forno/BOF	Mina Brasil	56,3	-	70,2	-	-	82,8	-	-		
2	" " "	" "	52,0	-	64,3	-	-	76,9	-	97,8		
3	" " "	" "	50,0	-	61,5	73,5	72,5	81,9	93,8	-		
4	" " "	Costa Inter-nacional	56,3	-	64,4	77,7	-	-	99,3	-		
5	HyL/arco elétrico	Mina Brasil	-	46,1	78,4	-	-	91,6	-	-		
	" " "	Costa Brasil	-	43,5	76,0	-	-	89,1	-	-		
6	SL/AN/arco elétrico	Costa Brasil	-	50,4	81,4	-	-	94,8	-	-		
7	Arco elétrico à base sucata	Sucata proveniente do Brasil	-	-	60,5	-	-	73,1	-	-		

* milhões de toneladas de aço líquido

** bobina laminada a quente

QUADRO A 3,4

USINA MODELO - I

Localização: Brasil (mina local)
 Capacidade potencial: 1,0 milhão de toneladas de aço líquido
 Processo seguido: Alto-forno, POF
 Utilização: 90% Fator de recuperação de capital 16,0%

MANUFATURA DE FERRO	Custos capitais		Custos unitários	
		EU \$ x 10 ⁶		EU \$
	Usina de concrecionamento	11,3	Chapas de minério (a \$4,0/tonelada)	6,2
	Fornos de coque	17,6	Carvão (a \$29,1/tonelada*)	22,7
	Alto-forno	31,0	Óleo	1,7
	Alocação S.O.G.	21,6	Custos de conversão	8,1
	Total	81,5	Custos operação S.O.G.	2,9
			Sub-total	41,6
	Encargo capital anual	13,0	Encargos capitais	17,5
			Capital de movimento	1,5
			Créditos	-4,3
			Total por tonelada de metal quente	56,3
MANUFATURA DE AÇO	Aceraria	22,6	Metal quente (a \$55,3/tonelada)	49,5
	Alocação S.O.G.	8,1	Sucata (a \$30,0/tonelada)	6,6
	Total	30,7	Custos de conversão	6,4
			Custos de operação S.O.G.	1,6
			Sub-total	64,1
	Encargo capital anual	4,9	Encargos capitais	5,5
			Capital de movimento	0,6
			Total por tonelada de aço líquido	70,2

* Baseado na mistura: 10% de carvão nacional a \$31,1/tonelada, 90% carvão importado a \$28,9/tonelada

QUADRO A 3.5

USINA MODELO - 2

Localização: Brasil (mina local)
 Capacidade potencial: 3,00 milhões de toneladas de aço líquido
 Processo seguido: Alto-forno, BOF, forjamento de tarugos, produção de vergalhões e barras
 Utilização: 90% Fator de recuperação de capital 16%

MANUFATURA DE	Custos capitais	EU \$ x 10 ⁶	Custos unitários	EU \$	
FERRO	Usina de concrecionamento	23,7	Chispas de minério (a \$4,0/tonelada)	6,2	
	Fornos de coque	38,2	Carvão (a \$29,1/tonelada*)	22,7	
	Alto-forno	73,6	Óleo	1,7	
	Alocação S.O.G.	48,8	Custos de conversão	7,6	
	Total	184,3	Custos de operação S.O.G.	2,8	
			Sub-total	41,0	
	Encargo capital anual	29,5	Encargos capitais	13,9	
			Capital de movimento	1,4	
			Créditos	-4,3	
			Total por tonelada de metal quente	52,0	
MANUFATURA DE AÇO	Aceraria	45,2	Metal quente (a \$52,0/tonelada)	45,8	
	Alocação S.O.G.	16,3	Sucata (a \$30,0/tonelada)	6,6	
	Total	61,5	Custos de conversão	6,1	
			Custos de operação S.O.G.	1,5	
			Sub-total	60,0	
		Encargo capital anual	9,8	Encargos capitais	3,8
			Capital de movimento	0,0	
			Total por tonelada de aço líquido	64,3	
FORJAMENTO CONTÍNUO	Usina de forjamento	66,0	Aço líquido (a \$64,3/tonelada)	66,9	
	Alocação S.O.G.	23,6	Custos de conversão	4,2	
	Total	89,6	Custos de operação S.O.G.	1,2	
			Sub-total	72,3	
		Encargo capital anual	14,3	Encargos capitais	5,8
				Capital de movimento	0,2
			Créditos	-1,4	
			Total por tonelada de tarugos	76,9	
LAMINAGEM	Usina	20,3	Tarugos (a \$76,9/tonelada)	80,9	
	Alocação S.O.G.	7,3	Custos de conversão	6,6	
	Total	27,6	Custos de operação S.O.G.	2,0	
			Sub-total	89,5	
		Encargo capital anual	4,4	Encargos capitais	8,8
				Capital de movimento	0,4
			Créditos	-0,9	
			Total por tonelada de vergalhões e barra	97,8	

* Baseado na mistura: 10% de carvão nacional a \$31,1/tonelada, 90% carvão importado a \$28,9/tonelada

USINA MODELO - 3a

Localização: Brasil (mina local)
 Capacidade potencial: 5,0 milhões de toneladas de aço líquido
 Processo seguido: Alto-forno, BOF, forjamento de blocos, laminagem de tarugos
 Utilização: 90% Fator de recuperação de capital: 16%

MANUFATURA	Custos capitais	EU \$ x 10 ⁶	Custos unitários	EU \$
FERRO	Usina de concrecionamento	35,2	Chispas de minério (a \$4,0/tonelada)	6,2
	Fornos de coque	61,7	Carvão (a \$29,1/tonelada*)	22,7
	Alto-forno	113,6	Óleo	1,7
	Alocação S.O.G.	75,8	Custos de conversão	7,4
	Total	286,3	Custos de operação S.O.G.	2,7
	Encargo capital anual	45,8	Sub-total	40,7
			Encargos capitais	12,3
		Capital de movimento	1,3	
		Créditos	-4,3	
		Total por tonelada de metal quente	50,0	
MANUFATURA DE AÇO	Ancaria	44,2	Metal quente (a \$50,0/tonelada)	44,0
	Alocação S.O.G.	23,1	Sucata (a \$30,0/tonelada)	6,6
	Total	67,3	Custos de conversão	5,9
	Encargo capital anual	14,0	Custos de operação S.O.G.	1,4
			Sub-total	57,9
			Encargos capitais	3,1
			Capital de movimento	0,5
		Total por tonelada de aço líquido	61,5	
FORJAMENTO CONTÍNUO	Usina de forjamento	77,1	Aço líquido (a \$61,5/tonelada)	64,5
	Alocação S.O.G.	27,8	Custos de conversão	4,1
	Total	104,9	Custos de operação S.O.G.	1,2
	Encargo capital anual	16,0	Sub-total	69,8
			Encargos capitais	3,9
			Capital de movimento	0,2
			Créditos	-1,4
		Total por tonelada de blocos	72,5	
LAMINAGEM	Usina (2,8 m.t.p.a.)	39,8	Blocos (a \$72,5/tonelada)	76,1
	Alocação S.O.G.	14,2	Custos de conversão	3,0
	Total	54,0	Custos de operação	0,9
	Encargo capital anual	8,6	Sub-total	80,0
			Encargos capitais	3,4
			Capital de movimento	0,1
			Créditos	-1,6
		Total por tonelada de tarugos	81,9	

* Baseado na mistura: 10% de carvão nacional a \$31,1/tonelada, 90% carvão importado a \$23,9/tonelada

USINA MÓDELO - 3b

Localização: Brasil (mina local)
 Capacidade potencial: 5,0 milhões de toneladas de aço líquido
 Processo seguido: Alto-forno, BOF, forjamento de placas, bobinas laminadas quentes
 Utilização: 90% Fator de recuperação de capital 16%

MANUFATURA DE FERRO	Custos capitais	EU \$ x 10 ⁶	Custos unitários	EU \$
	Usina de concrecionamento	35,2	Chispas de minério (a \$4,0/tonelada)	6,2
	Fornos de coque	61,7	Carvão (a \$23,1/tonelada*)	22,7
	Alto-forno	113,6	Óleo	1,7
	Alocação S.O.G.	75,8	Custos de conversão	7,4
	Total	286,3	Custos de operação S.O.G.	2,7
			Sub-total	40,7
			Encargos capitais	12,3
			Capital de movimento	1,3
			Créditos	-4,3
			Total por tonelada de metal quente	50,0
MANUFATURA DE AÇO	Academia	64,2	Metal quente (a \$50,0/tonelada)	44,0
	Alocação S.O.G.	23,1	Sucata (a \$30,0/tonelada)	6,6
	Total	87,3	Custos de conversão	5,9
			Custos de operação S.O.G.	1,4
			Sub-total	57,9
	Encargo capital anual	14,0	Encargos capitais	3,1
			Capital de movimento	0,5
			Total por tonelada de aço líquido	61,5
FORJAMENTO CONTÍNUO	Usina de forjamento	96,4	Aço líquido (a \$61,5/tonelada)	64,5
	Alocação S.O.G.	34,7	Custos de conversão	4,1
	Total	131,1	Custos de operação S.O.G.	1,2
			Sub-total	69,8
	Encargo capital anual	21,0	Encargos capitais	4,9
			Capital de movimento	0,2
			Créditos	-1,4
			Total por tonelada de placas	73,5
LAMINAGEM	Usina	160,2	Placas (a \$73,5/tonelada)	76,5
	Alocação S.O.G.	57,7	Custos de conversão	4,8
	Total	217,9	Custos de operação S.O.G.	1,4
			Sub-total	82,7
	Encargo capital anual	34,9	Encargos capitais	11,6
			Capital de movimento	0,4
			Créditos	-0,9
			Total por tonelada de bobina laminada a quente	93,8

* Baseado na mistura: 10% de carvão nacional a \$31,1/tonelada, 90% carvão importado a \$28,9/tonelada

USINA MODELO - 4

Localização:

Local costeiro internacional

Capacidade potencial:

5,0 milhões de toneladas de aço líquido

Processo seguido:

Alto-forno, BOF, forjamento de placas, produção de bobinas laminadas a quente

Utilização:

90%

Fator de recuperação de capital 19,2%

MANUFATURA DE	Custos capitais	EU \$ x 10 ⁶	Custos unitários	EU \$
FERRO	Usina de concrecionamento	19,9	Minério de ferro (a \$14,5/tonelada*)	22,7
	Fornos de coque	50,1	Carvão (a \$18,0/tonelada)	12,9
	Alto-forno	101,9	Óleo	1,6
	Alocação S.O.G.	61,9	Custos de conversão	6,4
	Total	233,8	Custos de operação S.O.G.	2,3
			Sub-total	45,9
			Encargos capitais	12,5
	Encargo capital anual	44,9	Capital de movimento	2,2
			Créditos	-4,3
			Total por tonelada de metal quente	56,3
MANUFATURA DE AÇO	Aceraria	58,0	Metal quente (a \$56,3/tonelada)	44,0
	Alocação S.O.G.	20,9	Sucata (a \$29,0/tonelada)	8,8
	Total	78,9	Custos de conversão	5,9
			Custos de operação S.O.G.	1,5
			Sub-total	60,2
	Encargo capital anual	15,1	Encargos capitais	3,4
			Capital de movimento	0,6
			Total por tonelada de aço líquido	64,4
FORJAMENTO CONTÍNUO	Usina de forjamento	96,3	Aço líquido (a \$64,4/tonelada)	67,8
	Alocação S.O.G.	31,1	Custos de conversão	4,4
	Total	117,4	Custos de operação S.O.G.	1,3
			Sub-total	73,5
		Encargo capital anual	22,5	Encargos capitais	5,2
			Capital de movimento	0,4
			Créditos	-1,4
			Total por tonelada de placas	77,7
LAMINAÇÃO	Usina	142,2	Placas (a \$77,7/tonelada)	80,9
	Alocação S.O.G.	51,2	Custos de conversão	4,9
	Total	193,4	Custos de operação S.O.G.	1,5
			Sub-total	87,3
		Encargo capital anual	37,1	Encargos capitais	12,4
			Capital de movimento	0,5
			Créditos	-0,9
			Total por tonelada de bobina laminada a quente	99,3

* Baseado no R.O.M. (40% torrões, 50% chispas)

USINA MODELO - 5

Localização:

Brasil (área costeira com gás natural)

Capacidade potencial:

0,5 milhões de toneladas de aço líquido

Processo seguido:

Redução direta (HyL), arco elétrico

Utilização:

90% Fator de recuperação de capital: 16%

MANUFATURA DE FERRO	Custos capitais	EU \$ x 10 ⁶	Custos unitários	EU \$
	Instalação HyL	18,8	Peletas de minério de ferro (a \$17,0/tonelada)	23,1
	Alocação S.O.G.	6,7	Gás natural (a \$2,6/therm)	6,0
	Total	25,5	Custos de conversão	2,6
			Custos de operação S.O.G.	0,7
			Sub-total	32,4
	Encargo capital anual	4,1	Encargos capitais	10,0
			Capital de movimento	1,1
			Total por tonelada de ferro poroso	43,5
MANUFATURA DE AÇO	Aceraria	12,7	Ferro poroso (a \$43,5/tonelada)	40,0
	Alocação S.O.G.	4,6	Sucata (a \$30,0/tonelada)	6,9
	Total	17,3	Energia elétrica (a \$1,1/kwh)	8,3
			Custos de conversão	11,4
			Custos de operação S.O.G.	2,2
			Sub-total	68,8
	Encargo capital anual	2,8	Encargos capitais	6,3
			Capital de movimento	0,9
			Total por tonelada de aço líquido	76,0

Localização:

Brasil (junto a mina com existências de nafta)

MANUFATURA DE FERRO	Custos capitais	EU \$ x 10 ⁶	Custos unitários	EU \$
	Instalação HyL	19,6	Peletas de minério de ferro (a \$12,0/tonelada)	16,3
	Alocação S.O.G.	7,1	Nafta (a \$6,4/therm)	14,7
	Total	26,7	Custos de conversão	2,8
			Custos de operação S.O.G.	0,8
			Sub-total	34,6
	Encargo capital anual	4,3	Encargos capitais	10,4
			Capital de movimento	1,1
			Total por tonelada de ferro poroso	46,1
MANUFATURA DE AÇO	Aceraria	Custos como acima	Ferro poroso (a \$46,1/tonelada)	42,4
			Outros custos como acima	36,0
			Total por tonelada de aço líquido	78,4

USINA MODELO - 6

Localização: Brasil (área costeira)
 Capacidade potencial: 0,5 milhões de toneladas de aço líquido
 Processo seguido: Redução direta (SL/RN), arco elétrico
 Utilização: 90% Fator de recuperação de capital: 16%

MANUFATURA DE	Custos capitais	EU \$ x 10 ⁶	Custos unitários	EU \$
FERRO	Instalação SL/RN	16,1	Pelotas de minério de ferro (a \$17,0/tonelada)	24,0
	Alocação S.O.G.	5,8	Carvão (a \$15,0/tonelada)	11,3
	Total	21,9	Custos de conversão	4,5
			Custos de operação S.O.G.	1,3
			Sub-total	41,1
	Encargo capital anual	3,5	Encargos capitais	8,0
			Capital de movimento	1,3
			Total por tonelada de ferro por ano	50,4
MANUFATURA DE AÇO	Aceraria	12,7	Ferro poroso (a \$50,4/tonelada)	45,4
	Alocação	4,6	Sucata (a \$30,0/tonelada)	6,9
	Total	17,3	Energia elétrica (a \$1,1/kwh)	8,3
			Custos de conversão	11,4
			Custos de operação S.O.G.	2,2
	Encargo capital anual	2,8	Sub-total	74,2
			Encargos capitais	6,3
			Capital de movimento	0,9
			Total	81,4

QUADRO A 3.11

USINA MODELO - 7

Localização: Brasil (na fonte de sucata)
 Capacidade potencial: 0,5 milhões de toneladas de aço líquido
 Processo seguido: Arco elétrico à base de sucata
 Utilização: 90% Fator de recuperação de capital: 16%

MANUFATURA DE	Custos capitais	EU \$ x 10 ⁶	Custos unitários	EU \$
AÇO	Aceraria	14,2	Ferro gusa (a \$50,0/tonelada)	2,7
	Alocação S.O.G.	5,1	Sucata (a \$30,0/tonelada)	30,3
	Total	19,3	Energia elétrica (a \$1,1/kwh)	6,8
			Custos de conversão S.O.G.	2,1
	Encargo capital anual	3,1	Sub total	52,1
			Encargos capitais	6,9
			Capital de movimento	1,5
			Total	60,5

APÊNDICE 4 - REFERÊNCIAS

Secções A e C

1. Levantamento Siderurgico Brasileiro - IBS/Technometal 45 volumes - 1970.
2. Mercado Brasileiro de Aço - Technometal - Vols. 1, 2, 3, 4, 5 & 6 - 1970.
3. Planos de Expansão - COSIPA, CSN e USIMINAS.
4. Programas de Vendas - Projecão Financeira - CONSIDER - 1971.
5. Relatorios de Petrobras - 1968/1970.
6. Relatorios da Companhia Vale do Rio Doce - 1969/1970.
7. Anuarios do IBS - 1969/1970.
8. Anuario BANAS - 1970/1971.
9. Informativos Estatisticos do IBS - 1971.
10. Mercado de Energia Electrica - Eletrobras - 1966/1973.
11. Proposicao de uma Coordenacao para o desenvolvimento e a transferencia de tecnologia siderurgica - CONSIDER - 1971.
12. Mapas de Custo - CIP - 1971.
13. Relatorio Anual da Rede Ferroviaria Federal S/A - 1970.
14. The World Market for Iron Ore - United Nations - 1968.
15. Survey of World Iron Ore Research - United Nations - 1970.
16. Sinopse Estatistica de Ensino Superior - 1968.
17. Anuario Estatistico do Brasil - 1969.
18. Conjuntura Economica. Vol. 25 - 1971.
19. Relatorio Fev. 1970 - CSEM/CEI/CFB/CSM - Carvao Vegetal na Siderurgia Brasileira.
20. Avulso No. 15 - DNPM - 1967 - Ocorrencias de Calcario no Brasil.
21. Publicacao Ilafa - 1969 - Pgs. 30/36 - 81/85 - 140/149 e 151/157.
22. Anais do III Simposio do Carvao Nacional - Nov. 69 Fev. 70. Fev. 70 - pgs. 29/32 - 41/43 - 54/56 - 69 - 107.
23. IBS - I Congresso Maio 71 - S. Materias Primas : Abastecimento Carvao.
24. IBS - I Congresso Maio 71 - S. Materias Primas : Industria Ferro Ligas no Brasil.
25. XX Congresso Int. do Mexico - T3 - Simposio sobre Mn - pgs. 259 - 341 - 261/264 - 726 - 376.
26. Pub. Ministerio das Minas e Energia - Out. 1966 - pgs. 38/41-45/47.
27. Geolog. Survey Bulletin - 264 - A - 1949.
28. Eng. Minas e Metalurgia - Vol. 34 - No. 26 - pgs. 229/234.
29. Eng. Minas e Metalurgia - Vol. 38 - No. 227 - pgs. 235/240.
30. Geologia e Metalurgia - Vol. No. 23 - 1961 pgs. 147/221.

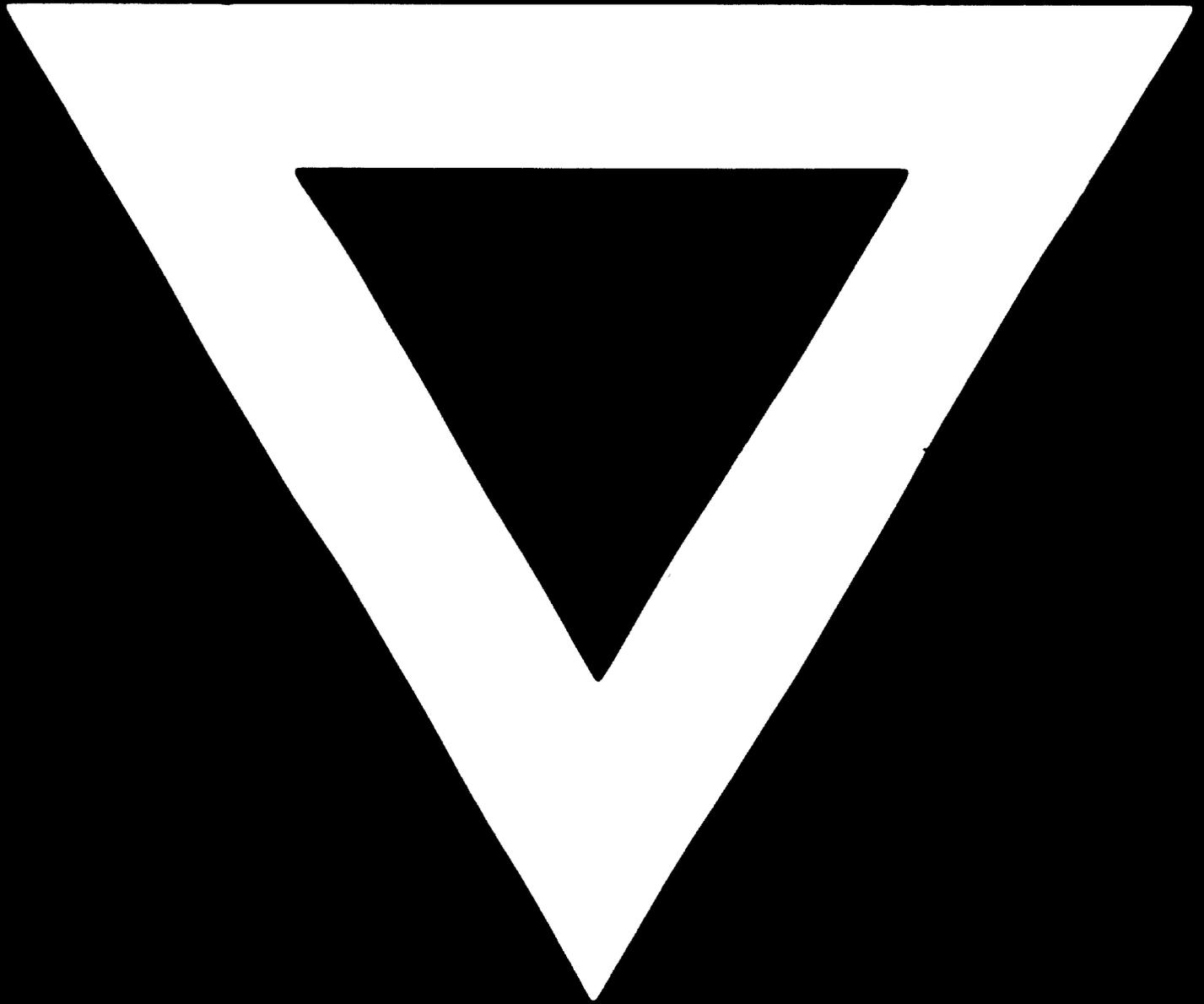
31. Brazilian Steel Market - 1971 - Vol. 1, 2, 3.
32. Publ. da Associação Brasileira para Desenvolvimento das Industrias de base - ABDIB.
33. El Carbon y la Siderurgia Latinoamericana. ILAFA 1 1969.
34. Producao Industrial - 1969 - IBGE.
35. Atualidade estatística do Brasil - 1969 - IBGE.
36. Relatório das atividades de 1969 e programa para 1970 - Ministério das Minas e Energia.
37. Metas e Bases de Acao de Governo - 1970.
38. Metallurgical Plantmakers of the World. Metal Bulletin Books 1972.

Secção B

1. Centenary Issue. JISI (207) Part 6 1969.
2. Making Shaping and Treating of Steel. USS. 9th edition 1971.
3. ISI Group Meeting in Czechoslovakia. 1967.
4. Factors affecting future location of Iron and Steelworks. ISI meeting 25th November, 1970.
5. Some factors governing the planning of an iron and steel industry. 26th annual congress of Associação Brasileira de Metais. Rio de Janeiro 1st July, 1971.
6. Japan Iron & Steelmaking Plant. Mission by Japan Machinery Exporters Association to U.K. 1971.
7. Energy Management in Iron & Steelworks. ISI Publication 105 (1967).
8. Possible alternative methods for manufacture of solid fuel for the blast furnace. JISI (29) 1971.
9. Proceedings of conference on 'Coke in Ironmaking'. ISI/Inst. Fuel. December 1969.
10. Impact of new technology on production of coke for blast furnaces. Pinchbeck P.H. (to be published).
11. Formed coke. Jnl. Inst. Fuel (43) 1970.
12. Progress in carbonization science and technique during the last 40 years. Jnl. Inst. Fuel. August 1970.
13. Technical problems in the aspects of manufacture and use of metallurgical coke in Japanese Iron & Steelmaking Industry. 11th Latin American Iron & Steel Congress. Mexico 1971.
14. Development and modernization of coke-making processes. Jnl. Inst. Fuel. November 1969.
15. Advances and trends in the manufacture of conventional and 'formed' coke, and the utilisation of non-conventional solid fuel reductants in the blast furnace. Seminario Latinoamericano del Carbon Mineral y Coque para la Industria Siderurgica. Venezuela 22 May 1972.
16. Evaluation of poor and difficult coke costs by the Burstlein process of selective preparation and control of coking mixtures (ibid).
17. Production of high-basicity blast furnace sinter at the Nizhni Tagil Combine. STAL in English (8) 1969.
18. Electric smelting furnaces. Associação Brasileira de Metais. Annual Congress 1971.
19. Blast furnace automatic control by process computer. 33 magazine. February 1972.
20. The economic survival of the blast furnace. JISI February 1971.
21. Coke for use in blast furnaces. Nippon Steel Corporation. 1972.

22. Outlook for the Brazilian Iron Ore Industry. Companhia Vale de Rio Doce. December 1971.
23. Development and growth of the HyL Process. 1971. AIME Ironmaking Conference. Pittsburgh, Pennsylvania.
24. Ironmaking Tomorrow. ISI Publication 102 (1966).
25. Iron Ore Pre-reduction 1971 - 80. AIME. Ironmaking Conference 1971. Pittsburgh.
26. Prereduced Iron Ore demand during the 1970's: worldwide and in Brazil. Associacao Brasileira de Metais. 26th Annual Congress. Rio de Janeiro. June 1971.
27. Direct reduction of iron comes of age in the 1970's. Engineering and Mining Journal May 1972. P. 68.
28. Q-BOP. Jnl. of Metals. March 1972.
29. Bottom-blown open hearths (SIP) 33 Mag, August 1972.
30. Tandem-Furnace Process. JISI. April 1968.
31. Economic and Geographic Considerations affecting the choice of steelworks route. ISI Meeting. 5th May, 1971.
32. Proceedings of U.K. Steelmaking Conferences. BISRA (twice yearly).
33. Operation of large BOF's. ISI Publication 139 (1971).
34. Vacuum degassing of steel. ISI Publication 92 (1965).
35. The place of miniworks in the world. JISI April 1972.
36. Mini-mills. Industry Week 8th November, 1971.
37. Prereduction and mini-steel plants. Doloth Mining Symposium and AIME meeting. January 1970.
38. Scrap Handling. ISI/I Mech. E. Meeting October 1971.
39. Predicting changes in Steelmaking Processes. Iron & Steel Engineering. June, 1970.
40. Continuous Casting Plants in Japan. Hitachi Jnl. September 1971.
41. 33 Data Handbook 1970.
42. Ingot casting Technology. Series 1 - 20. Steel Times 1971/2.
43. Tube and Pipe Production - The Iron and Steel Institute. Autumn Meeting 1970.
44. Rolling mill practice - Peace Publications.
45. The rolling of bars, structurals and flat products in a growing economy - Congresso Latinoamericano de Siderurgia.
46. Design trends in modern rod mills - Iron and Steel Engineers. December, 1969.
47. Hydrostatic Extrusion - 9th Commonwealth Mining and Metallurgical Congress - London.
48. The glass lubricated extrusion of steel - Metals and Materials. September 1969.
49. Computer set-up and control of cold strip mills. Iron & Steel Engineer. July 1968.
50. Automation in the iron and steel industry. JISI June 1961.
51. Pollution Control in the Steel Industry. 33 Mag. January 1972.

C-583



84.12.13

AD.86.07

ILL5.5+10