



Número: 133/2004

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

PÓS-GRADUAÇÃO EM POLÍTICA CIENTÍFICA E  
TECNOLÓGICA

**VANESSA CRISCUOLO PARREIRAS DE OLIVEIRA**

**REESTRUTURAÇÃO SETORIAL E CAPACITAÇÃO TECNOLÓGICA NA  
INDÚSTRIA SIDERÚRGICA BRASILEIRA**

Dissertação apresentada ao Instituto de Geociências como  
parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em  
Política Científica e Tecnológica

**Orientadora:** Profa. Dra. Leda Maria Caira Gitahy

**Co-orientador:** Prof. Dr. Marcelo Silva Pinho

**CAMPINAS - SÃO PAULO**

Agosto de 2004

**Catálogo na Publicação elaborada pela Biblioteca do Instituto de Geociências/UNICAMP**

OL4r Oliveira, Vanessa Criscuolo Parreiras  
Reestruturação setorial e capacitação tecnológica na indústria siderúrgica brasileira /Vanessa Criscuolo Parreiras Oliveira.- Campinas,SP.: [s.n.], 2004.

Orientador: Leda Maria Caira Gitahy, Marcelo Silva Pinho.  
Dissertação (mestrado) Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências.

1. Indústria siderúrgica - Brasil. 2. Capacitação tecnológica. 3. Integração econômica internacional. I. Gitahy, Leda Maria Caira. II. Pinho, Marcelo Silva. III. Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências. IV. Título.



**UNICAMP**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PÓS-GRADUAÇÃO EM  
POLÍTICA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA**

**AUTORA: VANESSA CRISCUOLO PARREIRAS DE OLIVIERA**

**Reestruturação Setorial e Capacitação Tecnológica na Indústria  
Siderúrgica Brasileira**

**ORIENTADOR: Profa. Dra. Leda Maria Caira Gitahy**

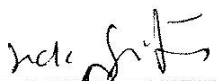
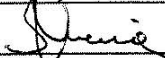
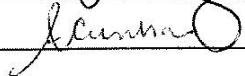
Aprovada em 11 / 08 / 2004

**EXAMINADORES:**

**Profa. Dra. Leda Maria Caira Gitahy**

**Prof. Dr. Sérgio Robles Reis de Queiroz**

**Profa. Dra. Adriana Marques da Cunha**

  
\_\_\_\_\_  
  
\_\_\_\_\_  
  
\_\_\_\_\_ - Presidente

**Campinas, 11 de agosto de 2004**

## **Agradecimentos**

A elaboração desta dissertação contou com o apoio e a colaboração direta ou indireta de algumas instituições e pessoas, a quem sou verdadeiramente grata.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES concedeu-me bolsa de mestrado durante a integralização dos créditos. A Financiadora de Estudos e Projetos – FINEP/MCT, ao aportar recursos para o projeto Diretório da Pesquisa Privada no Brasil, cujos resultados estão diretamente refletidos em várias partes desta dissertação, prestou o mesmo tipo de contribuição.

A Profa. Leda Gitahy proporcionou-me orientação precisa em momentos cruciais desta trajetória, indicando como superar as inúmeras dificuldades surgidas.

Os problemas remanescentes desta dissertação, não importa quão numerosos, foram muito reduzidos pela leitura cuidadosa do Prof. Marcelo Pinho, co-orientador, e dos Profs. Sérgio Queiroz e Adriana Marques, membros da banca examinadora. As suas contribuições para o aprimoramento do texto e para o desenvolvimento mais reflexivo do mesmo são inestimáveis.

Esta dissertação deve muito à oportunidade privilegiada de inserção no Diretório da Pesquisa no Brasil (DPP/FINEP), que me foi concedida pelo Prof. João Furtado. Ademais do suporte do Grupo de Estudos em Economia Industrial – GEEIN/UNESP e do acesso às várias fontes de informações aqui utilizadas, este trabalho beneficiou-se da discussão acadêmica e das inúmeras contribuições no âmbito da Rede DPP/FINEP.

Os entrevistados das companhias siderúrgicas da amostra setorial, que tão bem me receberam no trabalho de campo, compartilharam comigo seu tempo e seus preciosos conhecimentos sobre a indústria siderúrgica. O contato com todos esses profissionais motivou-me a aprofundar minhas pesquisas sobre esta indústria.

Valdirene e Edinalva, da Secretaria de Pós-Graduação do Instituto de Geociências, gentilmente colaboraram comigo durante toda esta trajetória.

Pude contar também com o apoio e estímulo dos colegas de mestrado no DPCT/UNICAMP.

Por fim, gostaria de agradecer à querida família “Criscuolo Parreiras”, a Eliane e ao Alfredo e, muito especialmente, aos meus pais Cléa e Marco Aurélio, que compartilharam comigo os momentos mais importantes deste longo percurso.

## SUMARIO

Introdução.....	01
Metodologia.....	11
Estrutura do Trabalho.....	15
Capítulo 1. O Quadro da Siderurgia Mundial.....	17
1.1. Produtos e Processos Siderúrgicos.....	17
1.2. A Dinâmica Tecnológica da Siderurgia.....	29
1.3. Crise e Reestruturação na Siderurgia Mundial.....	47
Considerações Finais.....	58
Capítulo 2. Privatização e Reestruturação na Siderurgia Brasileira.....	61
2.1. Mudanças Patrimoniais e Consolidação da Base Acionária no Pós-Privatização.....	61
2.2. Redefinição das Estratégias Empresariais.....	75
2.3. Retomada dos Investimentos e Modernização do Parque Industrial.....	82
2.4. Uma Avaliação da Atual Estrutura Industrial da Siderurgia Brasileira.....	89
2.5. Competitividade e Inserção Internacional da Siderurgia Brasileira.....	93
Considerações Finais.....	102
Capítulo 3. A Capacitação Tecnológica na Siderurgia Brasileira.....	105
3.1. Reestruturação Setorial e Capacitação Tecnológica: antecedentes.....	105
3.2.O Quadro Atual das Capacidades Tecnológicas da Indústria Siderúrgica Brasileira.....	122
Considerações Finais.....	141
Conclusões.....	143
Referências Bibliográficas.....	147
Bibliografia.....	153

## Lista de Tabelas, Quadros e Figuras

Tabela 1.1	Participação do Lingotamento Contínuo na Produção Mundial de Aço Bruto, Segundo Regiões e Países Seleccionados (1985-2002).....	31
Tabela 1.2	Produção Mundial de Aço Bruto (1945-2003).....	48
Tabela 1.3	Produção Mundial de Aço Bruto por Região (1980-2002).....	52
Tabela 2.1	Investimentos do Setor Siderúrgico Brasileiro (1994-2008).....	85
Tabela 2.2	Capacidade Instalada Consolidada – Setor Siderúrgico Brasileiro (2004-2008).....	89
Tabela 2.3	Produtividade da Siderurgia Brasileira (1989-2003).....	94
Tabela 2.4	Custo de Produção de Bobinas Laminadas a Frio, Países Seleccionados, em Abril de 2004.....	96
Tabela 2.5	Participação Brasileira no Comércio Mundial de Produtos Siderúrgicos (1990-2000).....	97
Tabela 2.6	Exportações Brasileiras de Produtos Siderúrgicos, por Tipo de Produto (1990-2002)....	100
Tabela 2.7	Importações Brasileiras de Produtos Siderúrgicos, por Tipo de Produto (1990-2002)....	101
Tabela 3.1	Discriminação do Esforço de Pesquisa da Usiminas (1982-1990).....	115
Tabela 3.2	Evolução do <i>Coke Rate</i> – Brasil e Japão (1980-1989).....	117
Tabela 3.3	<i>Mix</i> de Produção – Brasil, Alemanha, Japão, França e Coréia do Sul (1989).....	119
Tabela 3.4	Distribuição dos Investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento no Centro de Pesquisa e Desenvolvimento da Usiminas (1999-2002).....	133
Tabela 3.5	Dispêndios em Pesquisa e Desenvolvimento/Faturamento das Siderúrgicas EMPA e EMPB (1998-2002).....	136
Tabela 3.6	Evolução do <i>Coke Rate</i> e do PCI nas Siderurgias Brasileira e Japonesa (1992-2003)....	137
Quadro 1.1	Processos de Produção de Aços Especiais.....	28
Quadro 1.2	Classificação Tecnológica Baseada nas Firms – Categoria das Firms Intensivas em Escala.....	45
Quadro 2.1	Evolução Prevista da Capacidade Instalada do Grupo Siderbrás (PSN II).....	62
Quadro 2.2	Siderúrgicas de Menor Porte Privatizadas no Brasil (1988-1992).....	65
Quadro 2.3	Empresas e Grupos de Controle na Siderurgia Brasileira em 1990.....	66
Quadro 2.4	Siderúrgicas Integradas Privatizadas no Brasil (1991-1994).....	68
Quadro 2.5	A Internacionalização do Grupo Gerdau.....	77
Quadro 2.6	O Parque Siderúrgico Brasileiro em Junho de 2004.....	91
Quadro 2.7	Desafios da Consolidação da Siderurgia Mundial para a Indústria Siderúrgica Brasileira.....	92

Quadro 3.1	Indicadores de Pesquisa e Desenvolvimento da Siderurgia Brasileira (1989-1991).....	108
Quadro 3.2	Efetivo e Capacitação do Pessoal de Pesquisa e Desenvolvimento na Siderurgia Brasileira ao Final da Década de 80.....	114
Quadro 3.3	Amostra Setorial.....	122
Quadro 3.4	Pessoal da Área de Pesquisa e Desenvolvimento na Siderurgia Brasileira Antes e Depois da Privatização (1996).....	127
Quadro 3.5	Indicadores de Pesquisa e Desenvolvimento da Siderurgia Brasileira (2001-2002).....	128
Quadro 3.6	Unidade/Departamento Dedicado Exclusiva e/ou Parcialmente à Condução das Atividades Tecnológicas Internas e Principais Atividades Tecnológicas Realizadas Internamente.....	132
Quadro 3.7	Distribuição dos Investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento da Usiminas por Segmento Consumidor (2002).....	134
Quadro 3.8	Novas Laminações Instaladas ou em Instalação na Siderurgia Brasileira (1998-2004)...	138
Figura 1.1	Diagrama de Processos Alternativos de Redução.....	35
Figura 2.1	Investimentos Realizados pelo Setor Siderúrgico Brasileiro (1994-2003).....	83
Figura 2.2	Capacidade Instalada, Produção e Consumo Aparente de Aço Bruto na Siderurgia Brasileira (1994-2008).....	87
Box 1.1	O Desenvolvimento do Processo Semi-Integrado.....	40
Box 3.1.	A Experiência de Transferência de Tecnologia e Aprendizagem da Usiminas.....	106

## Siglas e Abreviaturas

ABM	Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais
AÇOMINAS	Aços Minas Gerais
AOD	<i>Argon Oxygen Decarburization</i>
API	<i>American Petroleum Institute</i>
ASTM	<i>American Society for Testing and Materials</i>
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
BOF	<i>Basic oxygen furnace</i> (Forno à base de sopro de oxigênio)
CETEC	Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais
COFAVI	Companhia de Ferro e Aço de Vitória
COSIPA	Companhia Siderúrgica Paulista
CSN	Companhia Siderúrgica Nacional
CSBM	Companhia Siderúrgica Belgo-Mineira
CST	Companhia Siderúrgica de Tubarão
CVRD	Companhia Vale do Rio Doce
DPP	Diretório da Pesquisa Privada no Brasil
DRI	<i>Directly Reduced Iron</i>
ESR	<i>Eletro Slag Remelting</i>
FAPESP	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
FINEP/MCT	Financiadora de Estudos e Projetos/Ministério da Ciência e Tecnologia
IBS	Instituto Brasileiro de Siderurgia
INPI	Instituto Nacional de Propriedade Intelectual
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
IISI	<i>International Iron &amp; Steel Institute</i>
LD	<i>Linz and Donavitz</i>
PCI	<i>Pulverized Coal Injection</i> (Injeção de carvão pulverizado nos altos-fornos)
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PREVI	Caixa de Previdência dos Funcionários do Banco do Brasil
SIDERBRÁS	Siderurgia Brasileira SA
SIDOR	Siderúrgica del Orinoco
UFF	Universidade Federal Fluminense
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais



UFOP	Universidade Federal de Ouro Preto
UFSCar	Universidade Federal de São Carlos
USIBA	Usina Siderúrgica da Bahia
USP	Universidade de São Paulo
USPTO	<i>United States Patent and Trademark Office</i>
VAD	<i>Vacuum Arc Degassing</i>
VOD	<i>Vacuum Oxygen Decarburization</i>
Z-MILL	<i>Laminador Sendzimir</i>
USIMINAS	Usinas Siderúrgicas de Minas Gerais
VAR	<i>Vacuum Arc Remelting</i>
VIM	<i>Vacuum Induction Melting</i>
V&M Tubes	Vallourec & Mannesmann Tubes



**UNICAMP**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS/  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

**PÓS-GRADUAÇÃO EM POLÍTICA CIENTÍFICA E  
TECNOLÓGICA**

**REESTRUTURAÇÃO SETORIAL E CAPACITAÇÃO TECNOLÓGICA NA  
INDÚSTRIA SIDERÚRGICA BRASILEIRA**

**RESUMO**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**Vanessa Criscuolo Parreiras de Oliveira**

O objetivo desta dissertação é identificar e avaliar o estágio atual do processo de capacitação tecnológica na indústria siderúrgica brasileira, com a finalidade de se examinar as implicações da reestruturação setorial para os processos de aprendizagem tecnológica das empresas siderúrgicas. Entende-se como reestruturação setorial os movimentos de privatização, concentração de capitais e internacionalização produtiva que ocorreram nesta indústria na década de 90. O diagnóstico das capacidades tecnológicas da siderurgia brasileira abrange, portanto, a relação do processo de capacitação com os elementos dinâmicos de sua transformação, especialmente as estratégias corporativas no âmbito da reestruturação setorial nos anos 90. Embora com uma forte heterogeneidade no parque produtivo nacional, enquanto estatais, as siderúrgicas brasileiras passaram por programas de capacitação tecnológica ricos tanto na sua dimensão estritamente produtiva (traduzida na operação concreta de equipamentos) quanto, em alguns casos, na consecução de esforços para a inovação tecnológica. Dado o vigor das mudanças por que passou esta indústria nos anos 90, constata-se que a reestruturação setorial afetou as capacidades tecnológicas das empresas siderúrgicas brasileiras. O exame das capacidades tecnológicas das siderúrgicas brasileiras no período que antecede a reestruturação setorial e no momento presente sugere que houve uma racionalização das atividades tecnológicas realizadas internamente concomitantemente a uma evolução favorável das capacidades operacionais destas empresas. Foi possível constatar que embora haja uma diversidade de situações no conjunto das empresas, não houve uma retração generalizada do esforço tecnológico endógeno no âmbito da reestruturação setorial. De um modo geral, manteve-se o escopo das atividades tecnológicas internas, especialmente nas empresas que já possuíam estruturas formais de pesquisa e desenvolvimento e/ou a prática de realizar esforços tecnológicos de forma sistemática. Dados de pesquisa sugerem que no âmbito da redefinição das estratégias corporativas ocorreram perdas de capacidades inovativas em algumas siderúrgicas produtoras de aços especiais, segmento produtor que passou por um amplo movimento de desnacionalização na segunda metade da década de 90, e em empresas que, quando das privatizações, possuíam estruturas de pesquisa e desenvolvimento em estágio de consolidação. Por outro lado, a privatização esteve associada à melhoria da posição financeira das siderúrgicas brasileiras, criando condições para a recuperação dos investimentos e favorecendo a capacidade operacional do conjunto da siderurgia brasileira (seja pela via da aquisição de equipamentos no estado da arte, seja pelo estabelecimento de contratos de transferência de tecnologia e de cooperação tecnológica com as matrizes e outras siderúrgicas).



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS/  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

PÓS-GRADUAÇÃO EM POLÍTICA CIENTÍFICA E  
TECNOLÓGICA

**REESTRUTURAÇÃO SETORIAL E CAPACITAÇÃO TECNOLÓGICA NA  
INDÚSTRIA SIDERÚRGICA BRASILEIRA**

**ABSTRACT**

**MASTER DISSERTATION**

**Vanessa Criscuolo Parreiras de Oliveira**

The objective of this dissertation is to identify and evaluate the actual stage of technological capability in the Brazilian steel industry in order to examine the implications of restructuring the sector regarding the movements of privatization, concentration of capital and productive internationalization that occurred in the decade of the 90s to the technological learning processes of the steel firms. The diagnosis of technological capabilities of Brazilian steel industry include the relationship of the technological capability with dynamic elements of its transformation, especially corporative strategies in the ambient of restructuring the sector in the 90s. Although they possessed a strong heterogeneity in the national industrial estate as state owned entities, Brazilian steel firms engaged in processes of technological learning rich in the strictly productive dimension (translated in concrete operation of equipment) as well as in some cases in the fruition of efforts for building technological capability for innovation. Given the vigor of changes that this industry was subjected to in the 90s, it became evident that the sector's restructuring affected the technological capabilities of Brazilian steel firms. The examination of technological capabilities of Brazilian steel firms during the period antecedent to restructuring the sector and of the present moment suggests that there occurred a rationalization of technological internal activities undertaken concomitantly with a favorable evolution of operational capabilities of these companies. Although there were diverse situations in the overall group of companies, there was no generalized retraction of endogenous technological effort in the ambient of the sector's restructuring. In general, the scope of internal technological activities was maintained, especially in companies that already had formal structures of research and development and/or practice in systematic technological efforts. Research data suggests that in the redefinition of corporative strategies there occurred losses of innovative capabilities in some producers of special steels, the producing segment that had ample participation in the denationalization movement during the second half of the decade of the 90s, and in companies, when they were made private enterprises, possessing structures of research and development at the stage of consolidation. On the other hand, the conversion to private enterprise was associated to improving the financial position of Brazilian steel companies, creating conditions for recuperating investments and favoring the operational capability of Brazilian steel industry as a whole, whether as a means to acquire state-of-the-art equipment or by establishing contracts for technology transfers and technology cooperation with headquarters and other steel companies.

## **Introdução**

O objetivo desta dissertação é identificar e avaliar o estágio atual do processo de capacitação tecnológica na indústria siderúrgica brasileira, com a finalidade de se examinar as implicações da reestruturação setorial para os processos de aprendizagem tecnológica das empresas siderúrgicas. Entendemos como reestruturação setorial os movimentos de privatização, concentração de capitais e internacionalização produtiva que ocorreram nesta indústria na década de 90. O diagnóstico das capacidades tecnológicas da siderurgia brasileira abrange, portanto, a relação do processo de capacitação tecnológica com os elementos dinâmicos de sua transformação, especialmente as estratégias corporativas no âmbito da reestruturação setorial.

A estrutura da indústria siderúrgica brasileira sofreu profundas transformações ao longo dos anos 90. Entre 1988 e 1994, todas as empresas estatais foram privatizadas, ensejando movimentos de reestruturação patrimonial que conduziram o setor a um grau crescente de concentração e de internacionalização. Embora a participação externa na privatização tenha sido pequena, mudanças patrimoniais posteriores fizeram com que a parcela do parque siderúrgico nacional controlada por capitais estrangeiros se elevasse de 8% em 1990 para 34% no ano 2000 (PINHO, 2001:185).

As mudanças em sua configuração patrimonial, direta ou indiretamente vinculadas ao processo de privatização, são parte de um amplo conjunto de transformações que incluiu também fortes ajustes organizacionais, recuperação da situação financeira, retomada dos investimentos e redefinição da inserção internacional e de suas estratégias. Após a desestatização, as siderúrgicas brasileiras empreenderam um vigoroso programa de investimentos, voltado prioritariamente à atualização tecnológica do setor. Por outro lado, embora com uma forte heterogeneidade no parque nacional, enquanto estatais, as siderúrgicas brasileiras passaram por programas de capacitação tecnológica ricos tanto na sua dimensão estritamente produtiva (traduzida na operação concreta de equipamentos) quanto, em alguns casos, na consecução de esforços para a inovação tecnológica. Nesse contexto, é relevante entender como os processos de aprendizagem tecnológica das empresas siderúrgicas brasileiras foram afetados pela conduta empresarial no âmbito do vigoroso processo de reestruturação setorial.

Nosso argumento é o de que dado o vigor das mudanças por que passou esta indústria nos anos 90, é razoável supor que a reestruturação setorial tenha afetado as capacidades tecnológicas das empresas siderúrgicas brasileiras. Considerando-se os efeitos de três importantes dimensões da reestruturação da siderurgia brasileira, quais sejam, privatização, internacionalização e reforço da especialização exportadora em semi-acabados, é possível supor que:

(a) A privatização afetaria direta e indiretamente as estratégias empresariais e as capacidades tecnológicas das siderúrgicas brasileiras. Com base na conduta mais freqüente do capital privado no Brasil, poder-se-ia esperar a adoção de estratégias tecnológicas mais cautelosas, em especial no que se refere ao aporte de recursos para as atividades mais sofisticadas e de maior risco, que são as de pesquisa e desenvolvimento, especialmente na siderurgia. Por outro lado, como a privatização esteve associada à melhoria da posição financeira das siderúrgicas – com saneamento financeiro prévio e liberação dos preços domésticos do aço – era de se prever melhoria das capacidades operacionais por conta da recuperação do nível de investimento e da incorporação de equipamentos modernos.

(b) O maior grau de internacionalização patrimonial das empresas siderúrgicas, embora confira às filiais brasileiras acesso a conhecimento acumulado em suas matrizes, poderia induzir ao arrefecimento dos esforços tecnológicos endógenos. Nesse contexto, as capacidades operacionais poderiam evoluir favoravelmente ao mesmo tempo em que as capacidades inovativas poderiam sofrer processo de regressão.

(c) O reforço da inserção exportadora brasileira no segmento de aços semi-acabados, no qual a competitividade depende menos de esforços ativos de capacitação tecnológica, não favoreceria o desenvolvimento de estratégias tecnológicas mais agressivas.

As questões suscitadas nesta dissertação circunscrevem-se ao tema da capacitação tecnológica. Este conceito é aqui compreendido como o processo de acumulação de conhecimentos tecnológicos por firmas e instituições, ou pelo seu conjunto dentro de um espaço geográfico, comumente o país. O aprofundamento deste processo caracteriza o avanço da acumulação de capacidades associadas à adoção ou uso de conhecimento tecnológico em direção a capacidades para a sua geração.

O conceito de mudança tecnológica adotado neste trabalho é mais abrangente do que o de inovação. Nessa perspectiva, a mudança tecnológica pode tomar várias formas, segundo seu grau

de novidade e originalidade e seu nível de complexidade e intensidade científica. Considerando-se estes aspectos, a mudança tecnológica pode ser analisada segundo os agentes geradores e usuários de tecnologia. Deste modo, mudança tecnológica (de produto ou processo) em uma empresa pode ser: (a) imitação duplicativa: incorporação de tecnologia gerada por outros agentes que não a própria empresa, sem qualquer tipo de contribuição da empresa em termos de alteração nas características desta tecnologia. O esforço requerido neste caso é apenas para absorção e uso da tecnologia; (b) imitação criativa: incorporação de tecnologia gerada por outros agentes que não a própria empresa, mas com contribuição original da empresa para adaptar e/ou melhorar a tecnologia; (c) inovação original: a geração e introdução pela primeira vez no mercado de uma tecnologia de produto ou processo. Dessa perspectiva, a inovação se refere às novidades na fronteira internacional do conhecimento tecnológico, isto é, à geração de conhecimento tecnológico original.

Assume-se que o tipo de mudança tecnológica que ocorre em uma empresa encontra-se, em grande medida, associado ao tipo de esforço por ela empreendido. Há diferentes tipos de esforço tecnológico, segundo seu nível de criatividade, formalização e propósito. A perspectiva de esforço tecnológico, aqui adotada, inclui atividades que não necessariamente conduzam a “inovações”, mas podem implicar elevação da capacidade tecnológica da empresa, o que é importante para resultados futuros em termos de mudança tecnológica.

A abordagem da capacitação tecnológica tem sua origem entre o final da década de 70 e meados dos anos 80, quando a preocupação com a natureza específica da mudança técnica nos países em desenvolvimento orientou uma série de estudos sobre a mudança técnica e o aprendizado tecnológico que estavam tomando forma nestes países. Este conjunto de estudos possui o mérito de: (a) ter revelado a importância do engajamento da firma no processo de geração de conhecimentos técnicos para a criação de competência tecnológica (KATZ, 1987); (b) promover uma concepção mais dinâmica da tecnologia nos países em desenvolvimento, ao demonstrar que as empresas manufatureiras destes países não são recipientes passivos de tecnologias adquiridas externamente, mas engajam-se ativamente no domínio, adaptação e criação de tecnologia (HERBERT-COPLEY, 1990).

O foco dos estudos sobre os países em desenvolvimento mudou, portanto, das noções de transferência de tecnologia e escolhas passivas para a análise da mudança e do aprendizado tecnológico nestes países (FRANSMAN, 1984)<sup>1</sup>.

Vale destacar que a abordagem da capacitação tecnológica não foi pioneira nos estudos sobre mudanças tecnológicas nos países em desenvolvimento. Na década de 70, a teoria da dependência, no âmbito do pensamento da CEPAL (Comissão Econômica para a América Latina), abordou a questão tecnológica nestes países, apontando a tecnologia como a nova forma de dependência dos países periféricos em relação aos centrais. Ao demonstrar a existência de um processo evolutivo da capacitação tecnológica dos países em desenvolvimento, a abordagem da capacitação tecnológica se contrapôs em certa medida à escola da dependência que assumia que os países periféricos não dispunham de oferta local de tecnologia e eram meros receptores passivos da tecnologia produzida nos países centrais.

Os estudos empíricos da mudança técnica nos países em desenvolvimento, os quais se convencionou chamar de “abordagem da capacitação tecnológica” ou “literatura do aprendizado nativo incremental”, têm sua origem na necessidade de refletir de maneira mais ampla a mudança técnica verificada nestes países. A abordagem neoclássica da escolha da técnica trazia implícita a suposição da ausência de capacitação tecnológica nos países em desenvolvimento. Na condição de meros receptores passivos de tecnologia, estes países selecionariam e, sem custo, adotariam aquelas que lhes são úteis ou apropriadas<sup>2</sup>. De fato, no âmbito do *mainstream* econômico, a tecnologia é apreendida como exógena ao sistema econômico; como um bem público, portanto, de livre acesso a todos os países e, no interior destes, a todas as firmas; reproduzível sem custos e disponível na forma explícita e tangível (codificada em *designs*, manuais, equipamentos, *blueprints*, etc.)<sup>3</sup>. O caráter tangível da tecnologia significava corporificação em bens de capital e *know-how* necessários para a sua utilização eficiente (COSTA, 2003:44).

---

<sup>1</sup> STEWART e JAMES (1982:1-3 *apud* HERBERT-COPLEY, 1990:147) afirmam que embora não representem uma escola de pensamento monolítica, com ou sem implicações de política aparentes, os estudos da abordagem da capacitação tecnológica compartilham uma característica fundamental, qual seja, a adoção de uma perspectiva dinâmica.

<sup>2</sup> No âmbito de transferências internacionais de tecnologia aos países em desenvolvimento não se verificariam problemas concernentes à assimilação da tecnologia e não seriam necessárias adaptações da mesma aos contextos locais, dado que alternativas técnicas se encontram disponíveis a todos os preços dos fatores; todas as firmas permaneceriam igualmente eficientes e, portanto, o aprendizado específico ao nível da firma e o esforço técnico seriam desnecessários e irrelevantes (NELSON, 1987 *apud* LALL, 1994). Aos países em desenvolvimento caberia unicamente a escolha da técnica, que lhe fosse mais útil e apropriada (intensiva em capital ou trabalho) e que maximizasse seus ganhos, dadas as suas funções de produção (LALL, 1992 e 1994; KATZ, 1987; HERBERT-COPLEY, 1990, dentre outros).

<sup>3</sup> Cabe observar que o reconhecimento da tecnologia como um fator relevante para o dinamismo das economias capitalistas

A literatura emergente sobre mudança técnica nos países em desenvolvimento trouxe um novo enfoque sintetizado com os processos evolutivos da tecnologia, tendo sido fortemente influenciada pela forma como a tecnologia é tratada pela análise econômica não ortodoxa, particularmente a partir do marco neo-schumpeteriano. Detectando inconsistências e insuficiências teóricas do pensamento econômico convencional e rejeitando postulados fundamentais deste corpo teórico, estes autores voltaram-se para a análise dos processos de mudança econômica, em cujo centro se encontra a mudança técnica. Como observou QUEIROZ (1993:05), “a sua ênfase recai justamente sobre as estratégias de sobrevivência em um ambiente altamente competitivo, sobre a impossibilidade de tomar decisões plenamente informadas e a incerteza radical que paira sobre os resultados dessas decisões e sobre a série de contínuos desequilíbrios impostos pela mudança tecnológica e pelos ajustes econômicos que a ela se seguem”.

DOSI (1988:1155-1156) salientou que: (a) as teorias evolucionistas podem explicar a permanente existência de assimetrias entre as firmas, em termos de suas tecnologias de processo e qualidade do produto; (b) economias de escala e diferenças em bens de capital explicam parte desta assimetria, mas são também efeito de diferentes capacitações inovativas, ou seja, de diferentes graus de acumulação tecnológica e eficiências diferenciadas no processo de busca inovativa.

Conferindo atenção à inovação tecnológica, os autores evolucionistas demonstraram que, ao invés de dado exogenamente e de generalizado e instantâneo acesso, o conhecimento técnico deve ser perseguido pelas firmas. Um aspecto fundamental salientado por NELSON (1987, *apud* LALL 1994:266) é que um pacote de informação tecnológica nunca é: (a) completamente especificado; (b) facilmente replicável; e (c) passível de ser perfeitamente entendido. Esse caráter tácito da tecnologia implica que toda transferência é necessariamente parcial e está, portanto, sujeita a incertezas em determinado grau. Implica também a necessidade de esforços endógenos, sem o que não pode haver assimilação da tecnologia externa.

---

começara a se configurar mesmo no interior do *mainstream* econômico desde meados da década de cinqüenta, principalmente a partir dos trabalhos de Robert Solow, que chamou a atenção para um “fator residual” (além do capital e trabalho) na determinação do crescimento econômico, identificado ainda nesta década como sendo principalmente constituído pelo progresso técnico (JONES, 2000). No âmbito da escola neoclássica, a preocupação em explicar a contribuição do fator residual identificado por Solow levou à consolidação do que se convencionou chamar de “novas teorias do crescimento endógeno”, das quais os trabalhos de ROMER (1986 e 1990) são representativos. Segundo estas teorias, o processo de aprendizado – definido como a acumulação de conhecimento tecnológico, compreendido como um fator de produção – é a principal força do crescimento econômico (COSTA, 2003:45). Não obstante, o mérito de (re) incorporar a mudança tecnológica como tema relevante da teoria econômica, prevalece ainda a noção de que a tecnologia está corporificada em máquinas e equipamentos, sendo, portanto, facilmente transferível.



Já FIGUEIREDO (2003) salientou que enquanto as empresas de tecnologia de fronteira já dispõem de competência tecnológica inovadora, as empresas dos países em desenvolvimento operam à base de tecnologias adquiridas de empresas de outros países. Portanto, ao iniciarem suas atividades, faltam-lhes até mesmo as competências tecnológicas básicas. Para tornarem-se competitivas e acompanharem as empresas de tecnologia de fronteira, primeiramente elas têm que adquirir conhecimentos para criar e acumular sua própria competência tecnológica. Em outras palavras, têm que se engajar num processo de “aprendizagem tecnológica”.

Conforme este mesmo autor, costuma-se entender o termo aprendizagem tecnológica em dois sentidos: (a) trajetória ou via de acumulação de competência tecnológica. Essa trajetória pode mudar com o tempo: pode-se acumular competência tecnológica em diferentes ramos e em diferentes ritmos; (b) os vários processos pelos quais os conhecimentos são adquiridos por indivíduos e convertidos em nível organizacional. Trata-se dos processos pelos quais a aprendizagem individual se converte em aprendizagem organizacional (FIGUEIREDO, 2003). É este o conceito de aprendizagem utilizado nesta dissertação. É o processo que permite à firma acumular competência tecnológica ao longo do tempo, entendida como os recursos necessários para obter e gerir a mudança técnica. Tais recursos se acumulam e incorporam nos indivíduos (aptidões, conhecimentos e experiência) e nos sistemas organizacionais (BELL e PAVITT, 1993:163).

A análise do aprendizado e da mudança tecnológica nos países em desenvolvimento no âmbito da abordagem da capacitação tecnológica é marcada por forte viés empírico, consolidando um conjunto bastante heterogêneo de trabalhos. Apesar da heterogeneidade conceitual desta abordagem, elementos comuns podem ser identificados no conjunto de estudos desenvolvidos durante as décadas de 70 e 80. O principal deles é a noção de que capacidades tecnológicas são um conjunto de conhecimentos, aptidões e experiências acumulados por meio de esforços tecnológicos, os quais podem ser conduzidos de modo mais ou menos explícito e/ou deliberado (COSTA, 2003:48). Assim, o esforço tecnológico é mecanismo de capacitação tecnológica, ou seja, do processo de aprendizado tecnológico da firma. Dada a sua natureza cumulativa, esse processo é fortemente condicionado pelas opções estratégicas da firma.

O aprendizado é então, um processo fundamental para a construção de competências e obtenção de vantagens competitivas, o qual, pela repetição, experimentação, busca de novas fontes de

informação e outros mecanismos, capacita tecnologicamente as firmas e estimula as suas atividades produtivas e inovativas (COSTA, 2003)<sup>4</sup>.

Diversos estudos de caso<sup>5</sup> indicaram que o aspecto central que caracteriza o aprendizado tecnológico dos países em desenvolvimento é o aparecimento de diversas formas de aprendizado associadas à adaptação do produto e/ou processo ao meio receptor, à sua melhoria gradual ao longo do tempo, bem como à adequação do meio receptor às condições de operação e funcionamento dos produtos e ou processos incorporados. Assim, os conhecimentos tecnológicos das firmas nos países em desenvolvimento são acumulados por meio de um processo de aprendizado adaptativo e de natureza incremental.

Os estudiosos da mudança técnica nos países em desenvolvimento revelaram uma série de mecanismos de aprendizagem subjacentes à acumulação de competências tecnológicas nessas indústrias, que trazem implicitamente uma seqüência evolucionista de acumulação. Nessa perspectiva, a firma acumula seqüencialmente competências tecnológicas que lhe permitem evoluir da operação e dos melhoramentos de menor dificuldade de determinada tecnologia associados à rotina produtiva, até atingir um nível de aprendizado que lhe permita realizar inovações *stricto sensu*, ou seja, gerar novidades na fronteira internacional do conhecimento tecnológico<sup>6</sup>.

O ritmo e a direção desta seqüência de aprendizado, que definem a trajetória tecnológica da firma, são determinados pela formalização e pela natureza dos esforços tecnológicos envidados. São destacados diferentes mecanismos de acumulação e/ou esforços tecnológicos. Uma distinção bastante comum é feita entre mecanismos *by doing* e outros tipos mais explícitos e deliberados. Os esforços *by doing* podem caracterizar mecanismos informais ou não estruturados que são automáticos e não formais, na medida em que a capacitação tecnológica ocorre como um subproduto da própria atividade produtiva (DAHLMAN e WESTPHAL, 1982; BELL, 1984). Outros mecanismos de aprendizado são mais explícitos, pois representam investimentos deliberados no desenvolvimento de capacidades tecnológicas. Dentre estes esforços mais formais

---

<sup>4</sup> FIGUEIREDO (2003) ao examinar as trajetórias de acumulação de competência tecnológica e os processos de aprendizagem em duas companhias siderúrgicas brasileiras ao longo de suas histórias atestou as conseqüências práticas desses processos de aprendizado para o ritmo de acumulação de competência tecnológica e a melhoria da performance técnico-econômica das firmas.

<sup>5</sup> Ver KATZ (1976, 1987), LALL (1982, 1987), KIM (1999), DAHLMAN (1984), DAHLMAN e WESTPHAL (1982), DAHLMAN e FONSECA (1988), dentre outros.

<sup>6</sup> Ver FRANSMAN (1984), BELL (1984), BELL e PAVITT (1993), KATZ (1987), COSTA (2003).

de aprendizado, vale destacar: (a) treinamento (*learning-by-training*); (b) contratação (*learning-by-hiring*); (c) interação com agentes internos e externos (*learning-by-interacting*); e, (d) atividades de pesquisa e desenvolvimento (*learning-by-researching*) (BELL, 1984; COSTA, 2003; DAHLMAN e WESTPHAL, 1982).

A aprendizagem tecnológica envolve um esforço consciente por parte das firmas para acumular competências necessárias que as tornem competitivas. De maneira geral, os esforços mais formais e deliberados são associados à acumulação de capacidades tecnológicas mais complexas. As atividades de P&D, por exemplo, são normalmente apontadas como o principal tipo de esforço para gerar conhecimentos associados à tecnologia industrial, por representar o meio mais formal e deliberado de aprendizado e mudança técnica. Acredita-se, portanto, que a condução de atividades de P&D pode levar à acumulação de capacidades mais avançadas e complexas, isto é, capacidades de gerar conhecimento tecnológico novo. Neste caso, o aprendizado pode ocorrer na fronteira do conhecimento tecnológico (BELL e PAVITT, 1993; COSTA, 2003).

Os processos de aprendizagem que decorrem da cumulatividade da experiência na produção (*learning-by-doing* e *learning-by-using*) e suas conseqüentes mudanças incrementais em produtos e processos podem caracterizar mecanismos informais ou não estruturados que também criam capacidades inovativas internas às firmas, mas não são suficientes para avanços mais significativos na trajetória de aprendizado em direção à fronteira do conhecimento (BELL, 1984). A partir desta noção, muitos autores sugerem que para que as firmas dos países em desenvolvimento reduzam o hiato em relação à fronteira tecnológica internacional, realizando desta forma, o *catching up*, não basta acumular capacidades para usar, mesmo que eficientemente, tecnologias importadas. Seria preciso avançar em direção a capacidades mais complexas, o que requer a condução de esforços mais explícitos e deliberados (COSTA, 2003).

A esse respeito, alguns autores reconhecem que as possibilidades dos países em desenvolvimento realizarem o *catching up* são complexas, uma vez que as firmas nesses países conduzem esforços tecnológicos menos deliberados, incorrendo, portanto, em um aprendizado tecnológico restrito<sup>7</sup>.

---

<sup>7</sup> BELL (1984) salientou que as aptidões e conhecimentos acumulados permitem alcançar mudança técnica marcada por forte caráter adaptativo e incremental, a partir de conhecimento gerado nos países desenvolvidos. Este reconhecimento está bastante explícito na observação feita por LALL (2000a *apud* COSTA, 2003:50) de que o processo de mudança tecnológica nos países em desenvolvimento não é de inovação na fronteira do conhecimento, mas consiste essencialmente em aprender a usar e melhorar tecnologias já existentes nos países desenvolvidos, isto é, imitar e adaptar.

KATZ, em seus trabalhos pioneiros, observou que a possibilidade de aproximação da fronteira tecnológica será tanto mais factível quanto maior for a taxa própria de aprendizado e menos intensa a velocidade de deslocamento da fronteira tecnológica internacional. Sendo assim, é nos casos em que se combinam – um ritmo de aprendizagem doméstico muito rápido com uma taxa lenta de expansão da fronteira internacional do conhecimento – que seria possível encontrar uma situação em que o produtor local esteja em condições de se aproximar da melhor prática internacional ao longo de certo tempo.

No que diz respeito à consolidação dos setores de tecnologia madura nos países de industrialização recente, FREITAS (1993:07) observou que este processo ocorreu através da adoção de mecanismos (formais e informais) de transferência tecnológica: (a) importação de bens de capital na forma de pacotes tecnológicos (com seus *blueprints*); (b) contratos de licenciamento e/ou *joint-ventures*; (c) envio de técnicos para realização de programas de treinamento/estágios e cursos de pós-graduação; (d) recursos destinados às atividades de P&D e/ou criação de centros de pesquisa na própria empresa; (e) estabelecimento de fluxos de informação com instituições de ciência e tecnologia, para ter acesso a periódicos técnicos; (f) contratos com empresas de engenharia e indústrias visando a realização de projetos de sistemas e desenvolvimento de equipamentos sofisticados. Posteriormente, esses setores industriais passariam a consolidar seus conhecimentos nas atividades operacionais, processo que se tornou conhecido como o *learning-by-doing*, já analisado.

Conforme LALL (1994), a habilidade da firma para identificar o escopo para uma especialização eficiente nas atividades tecnológicas, para estender e aprofundá-las com experiências e esforços próprios e para recorrer seletivamente a terceiros com a finalidade de complementar as próprias capacidades é a marca que atesta a autenticidade de uma firma “tecnologicamente madura”.

A acumulação de competência tecnológica está associada a determinadas funções: investimentos, processos e organização da produção, produtos e equipamentos. Na indústria siderúrgica estas funções estão associadas ao fluxo produtivo principal numa siderúrgica e em algumas unidades de apoio produtivas (por exemplo, controle de qualidade, pesquisa, engenharia, planejamento). FIGUEIREDO (2003:56-57), identificou pelo menos quatro tipos de competências tecnológicas cujo desenvolvimento é vital para uma empresa siderúrgica:

(a) Em atividades de investimentos. Considerando que a instalação de uma usina de aço demanda vultosos investimentos, é fundamental desenvolver competência para tomada de decisões e controle no que refere à expansão da planta e engenharia de projetos (básica, de detalhes, de instalações e de aquisição; estudos técnicos e de viabilidade). Tais atividades podem ser confiadas a fornecedores de equipamentos e processos, a outras companhias siderúrgicas ou, ainda, a firmas especializadas em engenharia de projetos. Todavia, quanto mais o produtor delega essas atividades a terceiros, menor o seu controle sobre os custos, os riscos e a administração geral do projeto. Para o produtor de aço, torna-se ainda mais crucial reagir positivamente às últimas inovações surgidas no setor (por exemplo, produção à base de laminação compacta, processo Corex).

(b) Em processos e organização da produção. As atividades relativas a processos são das mais importantes do setor. A competência dos produtores de aço para adaptar a tecnologia dos processos às condições locais e para aprimorar os parâmetros dos processos e os métodos de organização da produção é fundamental não só para melhorar o desempenho, mas também para ganhar e manter a competitividade. Além disso, as aciarias que empregam a técnica do oxigênio dispõem atualmente de sistemas automatizados de controle de processos. Mas a usina de aço cumpre importante papel no desenvolvimento de modelos matemáticos e de métodos e sistemas de organização da produção visando melhorar o rendimento do processo de fabricação do aço.

(c) Em produtos. Os produtos da indústria do aço são utilizados em diferentes setores e a demanda de produtos de maior valor para fins específicos aumentou a partir do início da década de 1980. Nos anos 1990, seguindo uma tendência mundial, as competências dos fabricantes de aço para melhorar a qualidade do produto com base em padrões internacionais (por exemplo, ISO ou QS 9000) e para atender a determinadas necessidades de entrega por parte dos clientes tornaram-se vitais para competir. Em particular, a indústria foi pressionada pelos fabricantes mundiais de automóveis e eletrodomésticos a fornecer aços mais leves e de alta resistência. Isso tornou ainda mais premente o desenvolvimento e/ou aprofundamento da competência do produtor para acelerar o índice de melhoramento contínuo dos produtos existentes e/ou o desenvolvimento de novos produtos. Contudo, parece improvável que as companhias siderúrgicas consigam obter êxito no desenvolvimento de produtos sem ter competência rotineira para manufaturar novos produtos. Em outras palavras, elas também necessitam desenvolver competência rotineira em produtos, processo e organização da produção.

(d) Em equipamentos. As usinas de aço operam equipamento pesado e complexo (por exemplo, altos-fornos e aciarias) cujo desempenho cotidiano está associado a serviços efetivos de manutenção e reforma planejada. Tais serviços podem ser prestados por fornecedores ou firmas especializadas, mas assim os produtores de aço ficarão com um conhecimento limitado a respeito do funcionamento do equipamento e suas complexidades, o que a longo prazo pode prejudicar o desempenho em geral. Além disso, a competência para projetar e fabricar o equipamento pesado de sua própria usina é geralmente crucial para o produtor de aço. Acumular tal competência pode também resultar num melhor entendimento dos princípios subjacentes ao equipamento, contribuindo assim para acelerar o aprimoramento de processos.

## **Metodologia**

Esta dissertação encontra-se embasada em resultados de estudos sobre a indústria siderúrgica desenvolvidos pela autora no âmbito de dois projetos de pesquisa coordenados pelo Prof. Dr. João Furtado – “Comportamento Tecnológico das Empresas” e “Diretório da Pesquisa Privada no Brasil” (DPP) –, ambos contratados pela FINEP/MCT. Ademais, apóia-se em diversas fontes de informações. Além da literatura da capacitação tecnológica propriamente dita e da literatura setorial pertinente, foram consultadas publicações de diversas entidades setoriais, tais como ABM, IBS e IISI, relatórios de administração das empresas pesquisadas e a imprensa especializada.

No primeiro projeto de pesquisa, o “Comportamento Tecnológico das Empresas”, concluído em março de 2002, procuramos descrever o comportamento estratégico de um conjunto de empresas líderes da siderurgia mundial, enfocando especialmente a relação existente entre os movimentos de internacionalização produtiva e a estruturação da função tecnológica. Foram cobertos sete importantes grupos siderúrgicos – Nippon Steel, Kobe Steel, Kawasaki Steel, Ispat, Usinor, Arbed e Nucor – que, em 1999, somaram um faturamento líquido de US\$ 63,7 bilhões e responderam por 14% da produção mundial de aço bruto. As empresas estudadas foram escolhidas com base no objetivo de compor um painel abrangente das líderes da siderurgia mundial. Todas são de grande porte e, à exceção da Kobe Steel, posicionam-se entre as 15 maiores produtoras de aço do mundo. Além da importância de suas operações, a seleção de empresas preocupou-se com: (a) a abrangência geográfica, alcançando os três núcleos da tríade; (b) o tratamento de empresas com diferentes inserções de mercado, cobrindo também aquelas que

ênfatisam a produção de aços longos; e (c) a inclusão de grupos que apresentaram particular dinamismo no passado recente, como a Nucor e o Ispat<sup>8</sup>.

Na segunda pesquisa<sup>9</sup>, realizada no período de julho de 2002 a julho de 2004, levantamos informa es sobre esforços tecnológicos e mudanç as (em termos tecnológicos e organizacionais) empreendidos pela indústria siderúrgica brasileira no período 1999-2002, tanto em termos de produto quanto de processo<sup>10</sup>. No tocante   análise das mudanç as tecnológicas, empreendeu-se, para os fins desta disserta o de mestrado, um esforço adicional de sistematiza o de informa es disponibilizadas pelas siderúrgicas brasileiras em seus relatórios de administra o e na imprensa especializada nos anos 1994-1999, período que abarca a retomada do investimento produtivo do setor.

A pesquisa de campo foi realizada entre novembro de 2002 e março de 2003. No interior das empresas, além de visitas e observa o das plantas siderúrgicas, foram entrevistados técnicos de nível superior, em sua maioria engenheiros metalurgistas, envolvidos com as atividades tecnológicas de produto e processo nas siderúrgicas da amostra. As entrevistas foram conduzidas pela autora desta disserta o com base em um roteiro, elaborado no âmbito deste segundo projeto, que engloba cinco blocos de questões: identifica o e característica da empresa/unidade investigada; produtos e vendas; esforço tecnológico (produto e processo); mudanç a tecnológica (produto e processo) e recursos para as atividades e mudanç as tecnológicas.

A defini o da amostra setorial deste segundo estudo pautou-se, assim como na pesquisa anterior, pela inclusão de empresas de todos os segmentos produtores em que habitualmente se divide a indústria siderúrgica, com a finalidade de se apreender suas especificidades, especialmente no que diz respeito   relevância da tecnologia como um fator competitivo.

---

<sup>8</sup> Ver PINHO & OLIVEIRA (2002).

<sup>9</sup> Conduzida no marco do DPP/FINEP. O DPP/FINEP foi concebido como um sistema de informa o auxiliar da defini o e implementa o das políticas brasileiras de desenvolvimento científico, tecnológico e inovativo e constitui uma iniciativa da FINEP conjunta com o GEEIN/UNESP. Seu objetivo   subsidiar a reflexão e auxiliar a tomada de decisões pelos organismos nacionais de fomento, sobretudo a FINEP e o MCT, propiciando uma aloca o mais eficiente dos recursos e financiamento e o alcance de resultados mais efetivos e vigorosos. A equipe da pesquisa envolve uma extensa rede de pesquisadores universitários e técnicos da área de Planejamento da FINEP, reunindo diversas institui es, sob a coordena o da área de Planejamento da FINEP, entre as quais a parceria entre o GEEIN/UNESP e o DPCT/UNICAMP.

<sup>10</sup> Ver OLIVEIRA (2004).

A amostra setorial da segunda pesquisa, comum a esta dissertação, compreendeu um conjunto de empresas que foram responsáveis por 98,4% da produção nacional de aço bruto no ano de 2001<sup>11</sup>. A composição da amostra setorial por segmento de mercado atendido é a que se segue<sup>12</sup>: (a) aços planos comuns: CST, CSN, Usiminas e Cosipa; (b) aços longos comuns: Gerdau, Companhia Siderúrgica Belgo-Mineira e Açominas; (c) aços especiais: V&M do Brasil, Aços Villares, Villares Metals, Acesita e Gerdau Aços Finos Piratini.

Vale destacar que, como observou QUEIROZ (1987:01), a indústria siderúrgica não é homogênea como freqüentemente se costuma supor. Ela compõe-se de pelo menos três segmentos significativamente distintos, cada qual com características específicas e dinâmica própria: o de aços planos comuns, o de longos comuns e o de aços especiais. BATISTA e PAULA (1989:01), por sua vez, salientaram que, em termos de produto, é tão significativa a diferenciação entre os tipos de aço fabricados que é muito difícil fazer qualquer generalização sobre o produto siderúrgico.

Tais segmentos produtores são significativamente diferenciados quanto ao porte das empresas, à dinâmica concorrencial, à intensidade dos esforços em P&D e ao ritmo de inovação tecnológica. O segmento de laminados planos comuns caracteriza-se pela elevada dimensão das usinas integradas a coque, com um tamanho mínimo de pelo menos 3 milhões de toneladas/ano, ao passo que as usinas semi-integradas operam competitivamente com escalas de 250 mil toneladas/ano no segmento de longos e de 1 milhão de toneladas/ano na produção de planos (PINHO, 2001).

Os laminados especiais, por sua vez, configuram um segmento diferente dos demais, caracterizado pela produção de um amplo leque de produtos de alta qualidade e elevado valor

---

<sup>11</sup> A única siderúrgica não incluída na amostra setorial foi a de Barra Mansa, um dos três negócios que compõem a Votorantim Metais, *holding* do Grupo Votorantim na indústria metalúrgica: Companhia Mineira de Metais (zinco), Companhia Níquel Tocantins (níquel) e a Siderúrgica Barra Mansa (aços longos). No segmento em que atuam, aços longos comuns, o Grupo Gerdau e a Belgo Mineira responderam conjuntamente por 83,8% da produção de laminados no ano de 2001, cabendo à Siderúrgica Barra, 5,2% do total.

<sup>12</sup> No período que compreendeu a pesquisa de campo do DPP/FINEP e a elaboração desta dissertação de mestrado aconteceram importantes mudanças acionárias em empresas da amostra setorial. No interior do grupo Gerdau ocorreu a integração das atividades operacionais da Gerdau SA com as de sua controlada Açominas, que teve sua denominação alterada para Gerdau Açominas. Por meio desta operação, todas as atividades siderúrgicas do Gerdau no Brasil passaram a ser realizadas na Gerdau Açominas. Além disso, no final de 2003, o grupo espanhol Sidenor, controlador da Aços Villares, vendeu sua subsidiária integral Villares Metals para a siderúrgica austríaca Böhlner-Uddeholm. Cabe mencionar também que em junho de 2003, a CVRD e o Arcelor concluíram a compra da participação da Acesita na CST. Assim, o Arcelor também exerce importante papel na direção estratégica da CST, embora compartilhasse decisões com dois importantes acionistas: Kawasaki Steel/JFE e CVRD. Em junho de 2004, o Arcelor exerceu opção de compra da participação da CVRD na CST, passando efetivamente a controlá-la.



unitário. Suas usinas são tipicamente semi-integradas e empregam as mais sofisticadas tecnologias de fabricação desses aços, que se destinam a um número relativamente limitado de indústrias consumidoras, habitualmente localizadas nos setores “de ponta” da economia (QUEIROZ, 1987:01-02). Suas usinas possuem uma maior diversidade de tamanho (de 30 a 800 mil toneladas/ano) (PAULA, 1998).

A amplitude das pautas produtivas também varia significativamente. Enquanto uma usina de aços planos comuns oferta não mais do que 300 produtos, certas plantas de aços especiais podem produzir até 2.000 produtos diferentes (considerando-se apenas as variações de composição e acabamento, pois se incluirmos as bitolas esse número pode subir para mais de 10.000 produtos) (QUEIROZ, 1987:62). Já os produtores de laminados longos geralmente oferecem uma gama de produtos bem mais reduzida para evitar deseconomias de escala (PINHO, 1993)

Ademais, é diferenciada a estrutura de custos nos segmentos produtores em questão. No segmento de planos, verificam-se usinas integradas com elevadas escalas de produção e necessidade imperiosa de amortizar os custos fixos. Na produção de longos, por sua vez, predominam usinas semi-integradas, com um investimento por tonelada de capacidade instalada quatro a cinco vezes menor do que nas usinas integradas e com uma estrutura de custo em que itens de caráter variável têm maior peso relativo (PINHO, 2001).

A intensidade dos esforços em P&D na indústria siderúrgica também varia significativamente entre os segmentos produtores em questão, em resposta aos diferentes níveis de exigência dos consumidores. É maior nos casos dos aços especiais em geral e dos laminados planos revestidos e menor na maior parte dos laminados longos comuns, nos quais prevalece a característica da maturidade do produto.

Cabe fazer algumas considerações acerca da presença de barreiras à entrada na indústria siderúrgica. QUEIROZ (1987: 22-23) salientou que as estruturas de mercado aços planos comuns e aços especiais podem ser diferenciadas, aproximadamente, da seguinte maneira: o setor de aços planos apresenta elevados requisitos de capital para a instalação e operação e barreiras tecnológicas relativamente menores (o que não quer dizer inexistentes), enquanto o setor de aços especiais mostra menores requisitos de capital (o que não quer dizer baixos), principalmente em comparação com outros setores industriais e barreiras tecnológicas mais significativas.

## **Estrutura do Trabalho**

O texto desta dissertação desdobra-se em três capítulos. O primeiro procura compor um quadro de referência da siderurgia mundial. Inicialmente, procede-se a uma caracterização da indústria siderúrgica, descrevendo os principais produtos e processos produtivos siderúrgicos. Em seguida, realiza-se uma síntese das principais trajetórias tecnológicas em curso na siderurgia, destacando os graus de oportunidade para a inovação; a natureza e a intensidade dos esforços tecnológicos habitualmente empreendidos pelas empresas do setor; bem como as fontes e a apropriabilidade do progresso técnico nesta indústria. O capítulo é concluído com uma breve descrição dos aspectos fundamentais da evolução recente da siderurgia mundial, enfatizando as transformações por que passou a estrutura desta indústria no mundo.

No segundo capítulo realiza-se uma síntese da reestruturação da siderurgia brasileira. Depois de se recuperar de maneira sucinta a trajetória de expansão e endividamento no período 1974/85 e as políticas de saneamento financeiro e desestatização, procura-se delinear um quadro abrangente da reestruturação da siderurgia brasileira, enfatizando os efeitos das alterações no marco institucional sobre a estrutura industrial e a redefinição das estratégias empresariais. Finalmente, procura-se examinar as possíveis conseqüências e implicações da reestruturação setorial para a inserção internacional e a competitividade da indústria siderúrgica brasileira.

O terceiro capítulo está focado no processo recente de capacitação tecnológica da indústria siderúrgica brasileira. A partir do exame das capacidades tecnológicas das siderúrgicas brasileiras no período em que predominaram as empresas estatais e no momento presente, procura-se examinar os resultados do intenso processo de reestruturação setorial para o estágio atual do processo de capacitação tecnológica desta indústria.



## **Capítulo 1: O Quadro da Siderurgia Mundial**

Este capítulo, dividido em três seções, procura traçar um quadro de referência da siderurgia mundial. A primeira seção apresenta os principais produtos siderúrgicos e descreve sucintamente os processos produtivos das usinas integradas e semi-integradas, atentando, neste último caso, para as especificidades dos processos que envolvem a produção de aços especiais. A segunda seção traduz um esforço de reflexão sobre a inovação na siderurgia. Inicia-se com uma breve síntese das principais trajetórias tecnológicas em curso nesta indústria, destacando os graus de oportunidade para a inovação e a intensidade dos esforços tecnológicos tipicamente empreendidos pelas empresas do setor. Em seguida, discorre-se sobre as fontes de progresso técnico na siderurgia e sobre a questão da apropriabilidade dos resultados da inovação. Por fim, conclui-se o capítulo com uma seção na qual se apresentam as tensões de caráter estrutural a que a indústria siderúrgica mundial esteve submetida nas últimas três décadas e as características da reestruturação por meio da qual se procurou enfrentá-las.

### **1.1. Produtos e Processos Siderúrgicos**

Os produtos siderúrgicos são comumente classificados segundo a forma geométrica e a composição química do aço. Quanto à forma, são agrupados em três grandes classes: produtos planos, produtos longos<sup>13</sup> e semi-acabados. Os semi-acabados são produtos oriundos do processo de lingotamento contínuo ou de laminação de desbaste, destinados a posterior processamento de laminação ou forjamento a quente (IBS, 2002). Dividem-se em blocos, tarugos e placas e seus principais compradores são outras siderúrgicas que laminam o aço antes de vendê-lo à indústria de transformação.

Os produtos planos são produtos siderúrgicos resultantes de processo de laminação, cuja conformação física caracteriza-se pela largura extremamente superior à espessura e são comercializados na forma de chapas e bobinas de aços carbono e especiais (IBS, 2002). Constituem o mais importante segmento do mercado siderúrgico mundial, tanto em tonelagem, quanto em termos financeiros (PAULA, 1998).

---

<sup>13</sup> Até recentemente, a denominação para tais produtos no Brasil era de laminados não-planos, em descompasso com a denominação mundial.

Os produtos siderúrgicos do segmento de planos comuns podem ser subdivididos em revestidos e não revestidos, segundo a presença ou não de revestimento anti-corrosivo. O revestimento pode ser feito com uma ampla variedade de materiais, destacando-se o zinco (chapas galvanizadas), o estanho (folhas-de-flandres) e o cromo (chapas cromadas).

Os principais laminados planos são:

#### Não revestidos em “aços carbono”

- ◆ Bobinas e chapas grossas do laminador de tiras a quente – LTQ
- ◆ Bobinas e chapas grossas do laminador de chapas grossas – LCG
- ◆ Bobinas e chapas finas laminadas a quente (BQ/CFQ)
- ◆ Bobinas e chapas finas laminadas a frio (BF/CFF)

#### Revestidos em “aços carbono”

- ◆ Folhas para embalagem (folhas de flandres, recobertas com estanho e folhas cromadas)
- ◆ Bobinas e chapas eletro galvanizadas (EG – *Electrolytic Galvanized*)
- ◆ Bobinas e chapas zincadas a quente (HDG – *Hot Dipped Galvanized*)

#### Em “aços especiais”

- ◆ Bobinas e chapas em aço ao silício (chapas elétricas)
- ◆ Bobinas e chapas em aços inoxidáveis
- ◆ Bobinas e chapas em aços ao alto carbono e em outros aços ligados

Os laminados planos são utilizados numa enorme variedade de aplicações, destacando-se como consumidores as indústrias produtoras de material de transporte (automobilística, ferroviária e naval), de máquinas e equipamentos, de utilidades domésticas (notadamente a linha branca), de tubos para construção pesada e de embalagens leves (latas) e pesadas (*containers*), bem como a construção civil.

Os produtos longos se diferenciam por sua conformação física, com um acentuado predomínio da dimensão comprimento sobre as demais (PINHO, 1993), sendo ofertados em aços carbono e especiais. Os produtos longos estão assim divididos:

#### Em “aços carbono”

- ◆ Perfis leves, médios e pesados
- ◆ Trilhos e acessórios ferroviários
- ◆ Vergalhões
- ◆ Fio-máquina (principalmente para arames)
- ◆ Barras

- ◆ Tubos sem costura
- ◆ Trefilados

Em “aços ligados/especiais”

- ◆ Fio-máquina (para parafusos e outros)
- ◆ Barras em aços para construção mecânica
- ◆ Barras em aços ferramenta
- ◆ Barras em aços inoxidáveis e para válvulas
- ◆ Tubos sem costura
- ◆ Trefilados

Os laminados longos também possuem aplicação diversificada em toda a indústria metal-mecânica (especialmente as barras e trefilados), embora encontrem na construção civil (vergalhões, barras, perfis e trilhos) seu mais importante setor consumidor.

Do ponto de vista da composição química, os segmentos de planos e longos produzem aços carbono e especiais. Aços carbono caracterizam-se pela proporção reduzida de elementos de liga, de composição química definida em faixas amplas. São por isso conhecidos como aços ao carbono ou de baixa liga.

A definição do que seja um aço especial não é absolutamente clara na literatura setorial e pode variar conforme o critério utilizado. São métodos usuais de classificação de ligas e aços especiais: (a) classificação baseada em características do aço ou liga (por exemplo, propriedades mecânicas, composição química, etc) e (b) classificação baseada no emprego do aço ou liga (aços para ferramenta, para construção mecânica, etc.) (SILVA e MEI, 1988:255)<sup>14</sup>. Outros exemplos de critérios utilizados para a definição destes aços são a complexidade do processo produtivo e o preço.

Adota-se aqui a perspectiva de QUEIROZ (1987), segundo a qual os aços especiais se diferenciam tanto pelas especificidades envolvidas em seu processo produtivo, quanto pelas características intrínsecas, que os distinguem dos demais aços e que os aproximam de alguns dos novos materiais. Este conceito é bastante apropriado aos objetivos deste estudo, na medida em que destaca a importância das estreitas tolerâncias envolvidas na fabricação destes produtos e a importância de aplicações que dependem de propriedades físicas e mecânicas peculiares.

---

<sup>14</sup> Conforme estes mesmos autores, dentre as propriedades que podem ser especificadas para um aço ou liga, além das dimensões e tolerâncias, estão: (a) composição; (b) propriedades mecânicas; (c) tamanho de grão; (d) temperabilidade; (e) nível de inclusão; (f) resistência ao impacto; (g) propriedades físicas (SILVA e MEI, 1988:256).

Comumente, o termo aços ligados, que designa compostos de ferro-carbono com algum outro elemento químico que lhes confira determinadas propriedades (cromo, molibdênio, silício, titânio, etc.), é tomado como sinônimo de aços especiais.

Quanto à composição química, aços ligados/especiais são aços ligados ou de alto-carbono, de composição química definida em faixas estreitas para todos os elementos e especificações rígidas (IBS, 2002). São preferidos aos aços carbono, sempre que as especificações técnicas demandem características capazes de garantir desempenho superior em relação a uma série de requisitos.

MUSETTI e NIEMEYER (1972:315 *apud* QUEIROZ, 1987:37) listaram os seguintes exemplos de características exigidas dos aços especiais: (a) composição química dentro de estreitas variações especificadas; (b) lotes separados por corridas identificadas; (c) superfícies sem defeito; (d) superfícies com acabamentos especificados; (e) tolerâncias dimensionais; (f) sanidade estrutural interna; (g) tamanho de grão especificado; (h) temperabilidade especificada; (i) estrutura micro e macrográfica controlada; (j) limites especificados de inclusões não metálicas; (k) limitação de agregações; (l) usinabilidade acima de mínimos desejados; (m) propriedades mecânicas a temperatura ambiente; (n) propriedades mecânicas a temperaturas baixas ou altas; (o) propriedades magnéticas, elétricas, ou de dilatação térmica; (p) propriedades químicas e resistência à corrosão; e (q) resistência ao choque e ao desgaste.

MUSETTI e NIEMEYER (1972:315 *apud* QUEIROZ, 1987:39-40) sugerem uma classificação dos aços especiais na qual se separam processos, formatos e aplicações. Segundo tal critério, pode-se dividir a produção de aços especiais em quatro setores:

- (1) aços rápidos, para ferramentas de trabalhos a quente e trabalho a frio, resistentes ao calor, à corrosão, inoxidáveis e aços de propriedades físicas especiais em forma de barras e blocos forjados, barras e perfis laminados e arames trefilados;
- (2) chapas, tiras e fitas de aços inoxidáveis e outros aços de alta liga;
- (3) chapas, tiras e fitas de aço silício com propriedades magnéticas especificadas, além de aços de liga média e ao carbono especiais;
- (4) aços-liga e carbono especiais em forma predominante de barras, com alguma percentagem de perfis, arames e tubos para fabricação de rolamentos de molas e para construção mecânica, constituindo este último o volume principal de consumo de aços especiais.

Os setores 2 e 3 são de produtos tipicamente planos e juntamente com o primeiro setor compõem o segmento mais nobre da indústria de aços especiais.

QUEIROZ (1987) chamou a atenção para a extrema diversidade de produtos na indústria de aços especiais – várias vezes superior à diversidade dos segmentos de planos e longos comuns – ofertados nas mais variadas combinações entre tipo, acabamento e bitola, o que tem ensejado muitos esforços de normatização e racionalização em todo o mundo.

Já no que refere à tecnologia de processo, existem duas rotas tecnológicas para a produção do aço: usinas integradas e semi-integradas. A importância relativa dos principais insumos empregados na fabricação do aço, o minério de ferro, o carvão mineral, a sucata e a energia elétrica, varia de acordo com a rota tecnológica adotada em cada usina. Nas usinas integradas clássicas prevalecem o carvão mineral e o minério de ferro. A sucata ferrosa, por sua vez, é o insumo básico das usinas semi-integradas. Além do minério de ferro e do carvão, a rota tecnológica integrada requer o uso de fundentes, como o calcário, nos altos-fornos e de oxigênio líquido nos conversores.

As usinas integradas promovem a transformação do minério de ferro em produtos siderúrgicos, semi-acabados ou acabados (laminados). Tradicionalmente, isso requer coqueiras, altos-fornos, aciaria e laminadores. O processo produtivo integrado compreende três fases distintas. A redução é a primeira delas. Seu objetivo principal é transformar o minério de ferro – encontrado na natureza geralmente sob a forma de óxido de ferro – em ferro-gusa. Os equipamentos utilizados nesta etapa são a coqueira, que transforma o carvão mineral em coque, e o alto-forno, cujo produto final é o ferro-gusa. A coqueira compõe-se de uma série de baterias de fornos onde o carvão mineral é aquecido na ausência de ar, separando a matéria volátil do resíduo sólido com alta porcentagem de carbono que é o coque metalúrgico, o principal combustível para a redução do minério de ferro nos altos-fornos<sup>15</sup>.

---

<sup>15</sup> Os componentes destilados, por sua vez, são aproveitados na geração de subprodutos, como o alcatrão, comercializados pelas siderúrgicas.



À semelhança do carvão mineral, o minério de ferro também costuma ser beneficiado antes de ser utilizado nos altos-fornos. O beneficiamento visa justamente a obtenção de um melhor desempenho operacional desses equipamentos, sendo realizado principalmente pelos processos alternativos de sinterização e pelletização. Ambos cumprem praticamente a mesma função, qual seja, aglomerar os finos de minério e coque, juntamente com os finos de calcário e areia de sílica, para a produção do sinter<sup>16</sup>. A sinterização costuma ser realizada em instalações das próprias usinas siderúrgicas, ao passo que a pelletização é geralmente operada por empresas mineradoras. De toda forma, nas últimas décadas difundiu-se a injeção de finos de carvão diretamente nos altos-fornos, tecnologia que propicia vantagens em termos de custo do insumo e de minoração dos impactos ambientais, já que as coqueiras constituem equipamentos altamente poluidores.

Os altos-fornos são revestidos internamente com materiais refratários e podem utilizar dois tipos de redutor: coque de carvão mineral e carvão vegetal<sup>17</sup>. Em sua parte superior, são carregados com minério de ferro, coque, sinter e fundentes, como calcário e dolomita. A seguir, é soprado ar quente através de ventaneiras na parte inferior do equipamento, o que produz a combustão do coque e a transformação do minério de ferro em ferro-gusa. O material é então vazado, nos carros torpedos, vagões especiais que transportam o ferro fundido até a aciaria.

Comumente, verifica-se um pré-tratamento do gusa, denominado dessulfuração, cuja finalidade é reduzir o teor de enxofre do metal líquido aos níveis desejados para a qualidade do aço a ser produzido. As operações de dessulfuração podem ser feitas por meio de adição de agentes dessulfurantes (compostos basicamente de óxido de cálcio, carbureto de cálcio, magnésio metálico e outros elementos que reagem com o enxofre no banho metálico, transformando-o em sulfeto e o convertendo em escória) na panela do gusa ou da sua injeção profunda por imersão de

---

<sup>16</sup> O minério de ferro granulado (*lump*) pode ser utilizado diretamente no alto-forno, não requerendo tratamento prévio. Entretanto, esse tipo de minério é cada vez mais escasso, de modo que a utilização do sinter e das pelotas (*pellets*) foi aumentando na siderurgia mundial ao longo do tempo (PAULA, 1997a). Daí, a existência de um amplo comércio internacional de pelotas de ferro.

<sup>17</sup> PAULA (1997a:17) observou que os altos-fornos à carvão vegetal se diferenciam dos equipamentos à base de coque por três fatores. Primeiro, o porte dos equipamentos a carvão vegetal é menor do que os similares a coque. Segundo, o tempo de campanha (período entre as reformas) é mais curto. Terceiro, o uso do carvão vegetal dispensa a operação de dessulfuração. Nesse tipo de usina, evidentemente, não se utiliza coqueria. A grande maioria das usinas integradas utiliza o coque como redutor. Cabe observar que a produção de ferro-gusa à base de carvão vegetal persiste em escala relevante no Brasil. Mannesmann, Belgo-Mineira e Acesita foram pioneiras no desenvolvimento deste tipo de tecnologia. Na década de 60, o governo brasileiro impôs severas taxas de importação do coque, o que levou algumas siderúrgicas a fundar empresas de reflorestamento para a produção própria de carvão vegetal. A eliminação das restrições à importação de coque mineral a partir do final dos anos 80 desencadeou um processo de redução do uso de carvão vegetal em algumas das siderúrgicas que dependiam desse insumo, como a Belgo-Mineira. Entretanto, a V&M do Brasil e a Acesita (esta, no alto-forno 1) ainda empregam carvão vegetal no processo de redução do minério de ferro, assim como produtores independentes de ferro-gusa.

lança refratária em carros torpedos ou painelas. Dependendo das especificações do aço a ser produzido, outros tratamentos do gusa, como a dessiliciação e a desfosforação, são empregados para a remoção do silício e do fósforo, respectivamente, propiciando melhores condições de refino na aciaria básica a oxigênio (também conhecida como conversor LD) ou para aplicação no processo de produção de aço inoxidável.

A segunda fase, o refino, processa a produção do aço propriamente dito em aciarias<sup>18</sup> e realiza sua solidificação. No padrão tecnológico vigente, o refino do aço é realizado em conversores a oxigênio por meio de transformações químicas endotérmicas, nas quais se utiliza, como fonte de energia, o próprio calor imanente do gusa líquido. No conversor carregado com gusa, sucata (rejeitos da própria produção que retornam para serem reprocessados), cal e outros escorificantes, o ferro-gusa sofre um processo de modificação de composição química, com redução do teor de carbono, através de injeção de oxigênio, e adição de ferro-ligas, como o manganês e outros elementos como alumínio ou silício, transformando-se em aço. Os objetivos precípuos da etapa de refino são o ajuste da quantidade de carbono, entre outros elementos de liga, à proporção necessária para a obtenção das propriedades desejadas e a redução para níveis aceitáveis de elementos residuais, como fósforo, enxofre e nitrogênio.

Além da operação nos conversores mencionada, vem sendo crescentemente utilizada na produção de aços de especificações mais sofisticadas uma etapa adicional de refino, denominada refino secundário. É também conhecida como metalurgia de panela, denominação decorrente do equipamento mais usual para esse processo, o forno-panela. Trata-se da interligação da aciaria com as máquinas de lingotamento, possibilitando o ajuste fino da composição química e da temperatura, características essenciais aos aços nobres. Ademais dos fornos-panela, uma variedade de equipamentos pode ser enquadrada nesta categoria: (a) processos de desgaseificação a vácuo DH, RH e RH-OB; (b) instalações VD/VOD e AOD; e (c) processos de injeção de fio de alumínio. Cada uma delas possui uma eficácia diferenciada sobre as tarefas metalúrgicas desempenhadas: descarburização, dessulfuração, desgaseificação, adições de ligas, ajustes de composição e de temperatura (PAULA, 1993:56-57).

---

<sup>18</sup> Existem quatro tipos principais de aciaria: conversores ao oxigênio (usualmente denominados LD), fornos elétricos ao arco, fornos Siemens-Martin e Bessemer, sendo os dois últimos considerados sinônimos de atraso tecnológico, subsistindo apenas em usinas antigas e obsoletas.

A partir desta etapa, o aço já possui sua composição química definida e deverá ser submetido a um processo de conformação inicial antes de passar à terceira fase, a laminação. O processo mais difundido de solidificação é o lingotamento contínuo, processo que continuamente produz semi-acabados (placas ou blocos e tarugos), a partir do aço líquido vazado através de um molde. Já substituiu em quase todas as siderúrgicas o processo de lingotamento convencional que consiste em vazar aço líquido das aciarias em lingoteiras. Nelas, são moldados os lingotes, os quais necessitam passar por fornos de reaquecimento para então serem encaminhados à operação de desbaste. No lingotamento contínuo, por sua vez, o produto segue direto para a laminação.

Na última fase do processo produtivo siderúrgico, a laminação, o produto é submetido a tratamentos físicos e químicos para que possa adquirir forma e propriedades adequadas à sua aplicação. Uma variedade relativamente ampla de equipamentos é normalmente aqui utilizada dependendo do produto em questão. Nas usinas produtoras de planos comuns, a primeira laminação é feita a quente, ou seja, com o material sendo mantido a temperatura elevada para facilitar a sua conformação e, em um processo seqüencial para redução da espessura e melhoria da qualidade superficial e das características mecânicas, pode ser laminado a frio, normalmente em temperatura ambiente, gerando outro produto. Pode receber ainda tratamento de galvanização (ou zincagem), processo cuja finalidade é revestir a superfície da bobina laminada a frio com uma fina camada de zinco para aumentar a resistência à corrosão<sup>19</sup>, ou revestimento de estanho e cromo/óxido de cromo na produção de folhas-de-flandres e folhas cromadas, respectivamente.

De uma maneira mais detalhada, a linha de laminação a quente fica assim subdividida: (a) laminação de chapas grossas e (b) laminação de tiras a quente. Na laminação de chapas grossas, as placas, oriundas do lingotamento contínuo, após limpeza e retirada de defeitos superficiais, são introduzidas no forno de reaquecimento, que eleva a sua temperatura até faixas necessárias para o laminador de chapas grossas, que, na seqüência, reduz a espessura das placas até a obtenção da espessura desejada para o produto chapa grossa. São, então, resfriadas, inspecionadas, identificadas, cortadas e despachadas. Na laminação de tiras a quente, as placas são reaquecidas e depois processadas seqüencialmente em laminadores que colocam o produto na espessura desejada para o produto laminado a quente, formando uma longa tira que é posteriormente

---

<sup>19</sup> Dois processos de galvanização são empregados pela siderurgia, quais sejam, a galvanização eletrolítica e a galvanização por imersão a quente. A primeira consiste na aplicação de recobrimento de zinco por eletro-deposição. A galvanização por imersão a quente, processo de maior aceitação atualmente, caracteriza-se pela aplicação de recobrimento de zinco por imersão da peça em banho de zinco fundido.

enrolada numa bobina. Ainda na linha de laminação a quente, as bobinas podem ser decapadas para remoção do óxido superficial, ou passar no laminador de acabamento, onde recebem um passe de laminação para obter uma superfície mais uniforme. As bobinas podem ser cortadas na linha de tesouras, transformando-se em chapas, de acordo com a necessidade do cliente.

Dependendo das características dos produtos desejados, as bobinas devem passar ainda pela linha de laminação a frio. Antes de serem laminadas, as bobinas a quente sofrem um acabamento superficial, a decapagem, que consiste da imersão e passagem da tira por uma solução contendo ácido clorídrico, visando remover as impurezas da superfície do aço e, então, são enviadas para o laminador de tiras a frio, no qual a espessura da tira é reduzida, conforme a especificação do cliente. Podem passar ainda por linhas de limpeza eletrolítica que removem a película de emulsão remanescente do processo de laminação a frio. Depois de laminadas a frio, as chapas e bobinas sofrem um tratamento térmico em fornos de recozimento para remover tensões internas, alterar propriedades mecânicas e características elétricas, entre outras, e então, passam pelo laminador de encruamento, processo de acabamento superficial dos laminados a frio para ajustar as propriedades mecânicas do material, introduzir melhor textura superficial e melhorar a planicidade do produto final. Podem então ser encaminhadas às linhas de galvanização ou de estanhamento/cromagem na produção de folhas metálicas. Finalmente, as bobinas a frio (galvanizadas ou não) são encaminhadas para o rebobinamento (acabamento final, inspeção e aparamento das bordas e subdivisões) ou para as tesouras, transformando-se em chapas finas a frio.

A rota tradicional dos aços longos comuns é semelhante a dos planos comuns, exceto pelas especificidades do lingotamento e da laminação, e realizada em usinas ditas integradas. Uma rota alternativa vem adquirindo importância crescente na produção de laminados longos, a das usinas semi-integradas. Seu processo produtivo compreende apenas as duas últimas etapas do processo produtivo siderúrgico, quais sejam, o refino e a laminação. Esta rota encontra-se calcada na fusão e refino de sucata em fornos elétricos a arco<sup>20</sup> para subsequente solidificação em máquinas de

---

<sup>20</sup> SILVA e MEI (1988:353-354) salientaram que o forno elétrico a arco é, sem dúvida, o instrumento mais versátil de produção do aço e vem se tornando também, nas últimas décadas, um dos mais eficientes. Algumas das importantes vantagens do forno elétrico a arco são: (a) permite produzir praticamente qualquer tipo de aço, em função do controle do aquecimento virtualmente independente de reações químicas; (b) é um aparelho extremamente versátil, no que tange à carga, podendo ser operado com 100% de carga sólida; (c) permite operação intermitente e mudanças rápidas na produção; (d) tem alta eficiência energética. Estes mesmos autores observaram que também os aços ligados são mais economicamente produzidos nos fornos a arco.

lingotamento contínuo e laminação. Tem, portanto, na eletricidade a fonte de energia preponderante.

No processo semi-integrado, após ser prensada, cortada e triturada, a sucata, agora processada, é adicionada em grandes quantidades ao forno elétrico de fusão a arco, para ser utilizada como matéria-prima no processo de fusão e refino do aço. Sempre que se deseja produzir aços de melhor qualidade, o aço passa pela etapa de refino secundário, realizada no forno-panela, com o objetivo de se ajustar sua composição química e temperatura. Cabe observar que, utilizando-se um forno-panela, é possível transferir as operações de refino para fora do forno elétrico, liberando este equipamento para fusão de uma nova corrida.

O aço refinado é então comumente transportado ao lingotamento contínuo, onde é vazado em um distribuidor que o leva a diversos veios. Em cada veio, o aço líquido passa por moldes de resfriamento para solidificar-se na forma de tarugos, que são cortados em pedaços convenientes para a laminação. Cumpre observar que, embora em processo de substituição, algumas usinas produtoras de longos ainda operam com o lingotamento convencional (utilizando lingoteiras).

O processo de laminação de longos comuns realiza, em termos gerais, a redução sucessiva da bitola do aço em operações a quente. As opções de laminação são várias, embora a tendência seja a de aumentar a utilização de laminadores combinados, que permitem a produção de mais de uma linha de produtos (PAULA, 1997a:19). De modo geral, no forno de reaquecimento eleva-se a temperatura dos tarugos para permitir o processo de laminação. A operação de desbaste proporciona então as primeiras deformações no tarugo, preparando-o para iniciar os passes nos laminadores intermediários. Atinge-se a forma do produto final e sua respectiva tolerância dimensional no laminador acabador. Após passagem pelo laminador acabador, alguns produtos podem receber ainda tratamento térmico e acabamento superficial.

Além da laminação, algumas siderúrgicas de longos comuns operam trefilarias, onde são produzidos arames, telas, pregos, etc. Apesar de não ser uma atividade essencial à usina, a trefilação, transformação mecânica feita a frio com a finalidade de se reduzir o diâmetro do produto de acordo com a especificação do cliente, adiciona valor aos laminados longos comuns. Um exemplo seria o da transformação do fio-máquina em arames. As operações de trefilação encontram-se fora do escopo desta dissertação e, assim, não serão objeto de caracterização neste capítulo.

Uma usina de aços especiais é tipicamente uma usina semi-integrada de pequeno porte que utiliza sucata como matéria-prima (QUEIROZ, 1987). Os aços especiais possuem especificações mais rígidas de composição, propriedades, dimensões e regularidade em relação aos aços ao carbono. Demandam, portanto, o emprego de processos muito específicos e um controle rigoroso de operações em todas as fases da produção, a saber: fusão, lingotamento, transformações a quente, acabamentos e controles de qualidade.

A começar da aciaria, são, na maior parte das vezes, processados em forno elétrico. Além da sucata, são empregados ferro-ligas ou metais puros (níquel, por exemplo) para compor a carga desejada para cada aço. Dentre as ligas, há várias opções, tais como ligas de alto ou baixo teor de carbono, ligas de baixo fósforo e enxofre, ligas de alto teor de residuais, etc. (SILVA e MEI, 1988).

A produção de materiais com propriedades diferenciadas demandou o desenvolvimento de processos de refino, visando a melhoria das características de aços especiais. Esses processos compreendem as operações após forno, ou metalurgia de panela (desgaseificação, dessulfuração, injeção de pós na panela, etc) e os processos de refusão, caracterizados pela refusão de um lingote de aciaria (ou de outro processo primário), compreendendo refino e solidificação gradual, com estrutura muito superior à dos lingotes convencionais (SILVA e MEI, 1988). O processo VAD, com operações de desoxidação e desgaseificação sob vácuo, é um dos principais processos de panela, resultando em considerável aumento do grau de limpeza, devido ao tratamento prolongado sob condições otimizadas (ARAÚJO, 1997). Dois processos têm sido empregados na produção dos aços inoxidáveis com o objetivo de se alcançar teores ultra-baixos de carbono e elevado rendimento do cromo – AOD e VOD – por meio de processo de oxidação sob pressão reduzida.

Um processo de fusão mais apurado utiliza fornos de indução sob vácuo (VIM) e, no caso de produtos de exigências muito elevadas de qualidade, como superligas, aços de ultra-alta resistência, aços ferramenta de alto desempenho, etc., os lingotes são refundidos através de sofisticados processos empregando fornos de refusão sob escória (ESR) ou fornos de refusão a arco sob vácuo (VAR) (quadro 1.1).

Os processos de transformação a quente também apresentam especificidades técnicas no caso dos aços especiais. Conforme QUEIROZ (1987:46), os fornos de reaquecimento devem atender a

uma grande variedade de tipos e dimensões de produtos, e serem dotados de controles exatos do ciclo de aquecimento e das temperaturas finais das cargas<sup>21</sup>. As máquinas de forjar devem ter características especiais, pois precisam operar sob condições rígidas de controle e em certos casos com materiais de trabalhabilidade a quente muito difícil. Os equipamentos de laminação, por sua vez, variam em função das linhas de produto a serem processados.

Quadro 1.1. Processos de Produção de Aços Especiais

Processo VIM	<p>A fusão sob vácuo em forno de indução – VIM é considerada a técnica industrial mais precisa para fabricação de aços, superligas e ligas especiais.</p> <p>Como o processo ocorre no interior de uma câmara de alto vácuo, a desgaseificação do metal atinge níveis inigualáveis em outros processos primários, além de serem protegidas as adições oxidáveis de alumínio, titânio, cromo, etc., obtendo-se rendimentos precisos e quantidades mínimas de inclusões não metálicas.</p> <p>O aquecimento por indução, isento de contato com o material evita contaminações indesejáveis. Da mesma forma, o emprego de refratários de altíssima qualidade, e matérias-primas rigorosamente selecionadas conduzem a um produto final com baixíssimos teores de elementos residuais e controle de composição perfeito. Superligas à base de ferro, de níquel e de cobalto e ligas elétricas produzidas em forno VIM, superam em muito as propriedades de suas equivalentes produzidas em fornos ao ar.</p> <p>A elaboração em forno VIM, seguida ou não de refusão por ESR ou VAR (é hoje exigida para qualificação da quase totalidade das superligas, empregadas nas indústrias aeronáutica e espacial, devido às altas propriedades obtidas.</p>
Processo VAR	<p>O VAR é um processo de refusão de um eletrodo consumível sob vácuo, em que a fonte de calor para a fusão é um arco elétrico entre o metal a ser refundido, aço ou superliga, e o lingote de metal refinado.</p> <p>Durante a refusão, o metal líquido é exposto totalmente ao alto vácuo reinante na câmara, ocorrendo excelente desgaseificação, além da proteção aos elementos de liga oxidáveis, como alumínio e titânio, fundamentais na obtenção das propriedades das superligas. A refusão possibilita também a flotação das inclusões, assim como uma notável desoxidação das ligas que contém carbono.</p> <p>Como a solidificação do material refinado ocorre em molde refrigerado a água, como no processo ESR, o material refundido pelo processo VAR é também praticamente isento de segregação e tem cristalização fina e vertical.</p> <p>A excelente estrutura de solidificação, aliada à redução de inclusões não-metálicas e à desgaseificação do processo, fazem com que o material produzido pelo processo VAR seja exigido para todas as aplicações de alta responsabilidade, como para trens de pouso de aeronaves e peças de turbinas a jato.</p> <p>Além de refundir aços e superligas, forno VAR da Eletrometal foi projetado com capacidade para refundir e homogeneizar ligas de titânio e zircônio, essenciais às indústrias aeroespacial, militar e nuclear</p>
Processo Electroslag	<p>O processo Electroslag é o processo de refino secundário sob escória conhecido como ESR – Electro Slag Remelting em que um lingote de metal, aço ou superliga, produzido por processos convencionais (Forno a arco ou VAD-VOD ou VIM) é refundido progressivamente, passando através de uma escória líquida.</p> <p>A fusão do metal ocorre devido ao aquecimento da escória causado pela passagem de corrente elétrica no circuito em série eletrodo (metal a ser refinado) - escória - lingote (metal refinado). A escória, de propriedades especialmente selecionadas, remove as inclusões do metal, que a atravessa em estado líquido.</p> <p>A elevada extração de calor pela refrigeração a água da lingoteira faz com que o metal líquido refinado se solidifique rapidamente, com a produção de um lingote praticamente isento de segregação, com cristalização fina e vertical.</p> <p>A excelente estrutura de solidificação, aliada à drástica redução das inclusões não metálicas e à modificação das restantes, permite aos aços e superligas ESR apresentarem excelentes propriedades mecânicas em todas as direções, inclusive transversal, além de notáveis características de resistência à fadiga, reprodutibilidade das propriedades, etc.</p>

Fonte: SILVA e MEI (1981 *apud* QUEIROZ, 1987:69-71)

<sup>21</sup> Apoiando-nos em FERREIRA (1997:42-43), tomaremos como exemplo as configurações típicas de aços planos inoxidáveis e siliciosos. Os aços inoxidáveis são comumente processados em forno elétrico, conversor AOD, forno-panela, lingotamento contínuo, trem de laminação a quente contínuo, linhas contínuas de recozimento e decapagem e laminadores compactos, que permitem grande precisão na redução da espessura das tiras de aço (normalmente laminadores Sendzimir ou *Z-mill*). Os aços ao silício passam por um conversor LD, conversor VOR ou estação RH-DH, forno-panela, lingotamento contínuo e equipamentos semelhantes aos dos aços inoxidáveis nas demais etapas (tanto na laminação a quente – tipo de forno para recozimento de placas, quanto na laminação a frio – equipamentos de recozimento contínuo e em caixa *box*, linhas de revestimento e decapagem, etc.).

De maneira similar, os tratamentos térmicos, acabamentos superficiais e controle de qualidade apresentam elevadas exigências técnicas. Os tratamentos térmicos mais comuns são: recozimento, esferoidização, normalização, têmpera, revenimento, solubilização e envelhecimento, garantindo aos aços especiais suas características finais, conforme especificações previamente definidas (QUEIROZ, 1987:46). Os controles de qualidade, por sua vez, exigem ensaios especiais e, portanto, laboratórios físico e químico muito bem equipados. Utilizam-se equipamentos sofisticados, tais como espectrômetros óticos e de raios X, microscópios para metalografia ótica, e eletrônicos de varredura, dentre outros, com a finalidade de controlar e garantir a qualidade dos aços produzidos.

Cumpra mencionar também as usinas integradas à redução direta, processo que vem se tornando mais relevante nos últimos anos e que combina características das plantas tradicionais e das mini-usinas. O processo é denominado de redução direta porque opera a 900°C, obtendo o produto sem haver a fusão do minério de ferro (PAULA, 1997a:17). Nestas usinas, também denominadas de *mini-mills* integradas, o ponto de partida é o minério de ferro, convertido em uma das formas de DRI ou ferro diretamente reduzido, em fornos elétricos que utilizam como agente redutor o gás natural. Desta forma, o módulo de redução direta é um processo alternativo ao alto-forno. Em seguida, o refino de aço é realizado em aciarias elétricas semelhantes às empregadas nas usinas semi-integradas. O DRI apresenta uma vantagem em relação à sucata ferrosa: o menor teor de enxofre e fósforo, o que permite a fabricação de produtos de maior valor agregado.

## **1.2. A Dinâmica Tecnológica da Siderurgia**

A indústria siderúrgica é um exemplo habitual de indústria madura, sendo as rupturas tecnológicas pouco frequentes<sup>22</sup>. A rigor, apenas duas das inovações de processo introduzidas e difundidas na siderurgia mundial na segunda metade do século XX podem ser consideradas

---

<sup>22</sup> Em FERREIRA (1989a; 1993) há uma reconstituição do processo histórico que, através da evolução das normas técnicas de produção, engendrou a forma produtiva mundialmente dominante na indústria do aço contemporânea. Este autor assinala dois grandes momentos distintos: o processo de constituição da base técnica no quadro da Revolução Industrial e o movimento de renovação bastante intenso da mesma no século XX, estimulado pelo crescimento sustentado da demanda de aço no período 1945/74. FERREIRA (1993:231) observou que foi, portanto, sobre uma base tecnológica que permaneceu estável nos seus fundamentos que foram introduzidas as mudanças técnicas que provocaram, dentre outros efeitos interdependentes: aumento dos equipamentos e das velocidades de fabricação, redução dos custos unitários de produção, aprimoramento de qualidade, etc. Em uma perspectiva do desenvolvimento tecnológico desta indústria, tem-se que inovações na produção de ferro primário (alto-forno), refino de ferro gusa (aciaria- processo LD, progressos na técnica dos altos-fornos e máquinas de lingotamento contínuo) e na conformação do produto final (laminadores contínuos) equacionaram os principais problemas técnicos envolvidos na fabricação do aço em larga escala. Paralelamente, alternativas técnicas adaptadas à produção em escalas mais reduzidas foram desenvolvidas (box 1.1. – o processo produtivo semi-integrado).



radicais: o conversor ao oxigênio e o lingotamento contínuo. A adoção destas duas tecnologias constitui peça central dos esforços de modernização da siderurgia mundial a partir da década de 50 (o conversor ao oxigênio, evidentemente, encontra-se restrito ao processo produtivo integrado).

A tecnologia de elaboração do aço em conversores a oxigênio foi desenvolvida no início da década de 50 pela siderúrgica austríaca Voest Alpine. Em função dos experimentos terem sido feitos nas usinas de Linz e Donawitz, o processo também ficou conhecido pelas iniciais LD.

Conforme PAULA (1993:54-55), as principais desvantagens do padrão tecnológico precedente, os fornos Siemens-Martin são o prolongado tempo de corrida do aço (6 a 8 horas, em comparação com os 45 minutos do conversor LD) e o alto custo do equipamento. Não obstante, os fornos Siemens-Martin apresentavam vantagens frente aos conversores no que diz respeito à flexibilidade em relação aos insumos (os fornos, possibilitavam, em particular, o emprego de uma proporção maior de sucata) e à gama de tipos de aço que se pode obter (FERREIRA, 1993). A supremacia mundial do processo Siemens-Martin, seguido do Bessemer-Thomas, manteve-se até os anos 1950-60, quando esta situação foi profundamente alterada pela rápida difusão dos conversores a oxigênio e, em menor proporção, pelo desenvolvimento dos fornos elétricos<sup>23</sup>. A desativação dos antiquados fornos Siemens-Martin e dos conversores Bessemer já foi concluída em vários países ocidentais, inclusive no Brasil. No ano de 2002, 60% da produção mundial de aço bruto foram processados em conversores a oxigênio, sendo que do restante, 33,9% originaram-se de fornos elétricos ao arco e apenas 3,8% das tecnologias Bessemer e Siemens-Martin (também chamadas de *open heart furnaces* - OHF)<sup>24</sup>. No Brasil, em particular, 77,0% da produção de aço bruto foram processados pelo processo em conversores a oxigênio no ano de 2003, sendo os 21,2% restantes produzidos em fornos elétricos e apenas 1,8% pelo processo EOF (*Energy Optimizing Furnace*, desenvolvido pelo grupo Korf em sua usina brasileira Companhia Siderúrgica Pains<sup>25</sup>).

---

<sup>23</sup> O leque de alternativas de processos técnicos na aciaria completou-se com o desenvolvimento da tecnologia de elaboração do aço em fornos elétricos (a primeira corrida nesse tipo de aciaria data de 1900) (FERREIRA, 1993). As aciarias elétricas, como já se observou, podem ser alimentadas por ferro-esponja e ferro briquetado a quente (unidade de redução direta) ou sucata ferrosa.

<sup>24</sup> Cabe observar que, neste último caso, a produção está fortemente concentrada em países do Leste Europeu, como Bósnia-Herzegovina (71,4%), Ucrânia (47,2%) e Rússia (23,7%), dentre outros.

<sup>25</sup> Essa tecnologia permite, através do aproveitamento do calor dos gases efluentes, o pré-aquecimento do material a ser fundido e, assim, o aumento da proporção de sucata na carga dos conversores (SOARES, 1987a *apud* PINHO, 1993:47).

A tecnologia do lingotamento contínuo foi também desenvolvida na década de 50, tendo-se difundido aceleradamente nas décadas seguintes (tabela 1.1). A relevância do lingotamento se traduz no fato de que constitui um dos principais indicadores de atualização tecnológica da indústria siderúrgica. Também conhecida como corrente contínua, apresenta inúmeras vantagens sobre o lingotamento convencional: permite maior rendimento semi-acabado/aço líquido (cerca de 12%); é mais compacta (eliminando lingoteiras, fornos-poço e laminador primário, ao moldar o aço diretamente na forma de semi-acabados); confere melhor qualidade ao produto final; e possibilita uma redução de, pelo menos, 50% da mão-de-obra (SOARES, 1989). Em síntese, propicia menor consumo de energia, maior rendimento dos insumos, melhor qualidade do produto e menores requisitos de mão-de-obra.

Tabela 1.1. Participação do Lingotamento Contínuo na Produção Mundial de Aço Bruto, Segundo Regiões e Países Selecionados (1985-2002) (%)

Região e Países	1985	1988	1991	1994	1997	2000	2002
União Européia	69,8	84,2	90,3	93,2	95,2	96,2	96,6
Antiga URSS	13,6	16,6	17,7	25,1	37,7	39,3	41,4
EUA	44,4	61,3	75,8	89,5	94,7	96,4	97,2
América do Norte	44,7	61,9	76,0	89,1	94,2	96,3	97,4
Brasil	43,7	49,0	56,0	59,2	73,9	90,2	92,6
América do Sul	48,0	53,2	61,1	65,9	78,1	91,1	93,1
China	10,8	14,7	26,5	39,5	60,7	87,3	92,4
Japão	91,1	93,1	94,4	95,8	96,6	97,3	97,8
Coreia do Sul	63,3	88,3	96,4	97,8	98,7	98,6	98,6
Ásia	60,5	62,5	66,8	70,3	79,5	90,5	92,8
Mundo	46,3	54,0	62,7	72,8	80,8	86,4	88,3

Fonte: Elaboração própria com base em IISI (*Steel Statistical Yearbook*, 1995 apud FERREIRA, 1997:41, *Steel Statistical Yearbook*, 2003)

Conforme HOLLEIS (1994:149), as forças que direcionam o desenvolvimento de processos nesta indústria seriam as seguintes: (a) o aumento de produtividade; (b) a economia e a flexibilidade na utilização de matérias-primas; (c) o potencial de aprimoramento de qualidade; (d) o encurtamento do fluxo e dos tempos de processamento; (e) a integração da planta produtiva; (f) a proteção do meio-ambiente<sup>26</sup>; (g) a economia de energia; e (h) o baixo custo do investimento.

BIRAT (1995), ao analisar as inovações em processo que a siderurgia experimentou no pós-guerra (particularmente, o conversor ao oxigênio, o lingotamento contínuo e os equipamentos de metalurgia secundária), salientou que a inovação de processo foi bem sucedida porque aportava

<sup>26</sup> Conforme BIRAT (1995:1196), as considerações ambientais contribuirão para a modificação dos processos existentes no que concerne à redução das emissões de gases, resíduos sólidos e ruídos, podendo mesmo influenciar no longo prazo a escolha das rotas tecnológicas. Ao comparar vários processos de produção do aço em termos de emissão, este mesmo autor salientou que os processos mais “limpos” são aqueles que utilizam a sucata como matéria-prima ou aqueles que usam hidrogênio para reduzir minério de ferro, sob a forma de gás natural ou puro hidrogênio.

uma redução dos custos, bem como um potencial de melhoria de qualidade que possibilitava, posteriormente, desenvolver produtos por meio de inovações incrementais.

A escassa ocorrência de inovações radicais na siderurgia mundial não significa que inexistam alternativas de grande potencial em desenvolvimento ou em operação embrionária. Dada a sua natureza de processamento contínuo, esta indústria depende da reunião de processos de produção e de trabalhos distintos, mas fortemente interdependentes, de modo que a tendência mais geral de inovações de processo é a integração dos vários processos em que se divide a atividade siderúrgica (ou entre as unidades de uma planta) que seria realizada de forma cada vez mais contínua (FERREIRA, 1989a, 1989b, 1993; PAULA, 1993, 2003b; FURTADO *et alii*, 1994; BIRAT, 1995, 1996; FERREIRA, 1997; PINHO, 2001). A tecnologia que experimentou a maior difusão na siderurgia nas últimas décadas, o lingotamento contínuo, aproxima a aciaria da laminação a quente, posto que elimina a etapa em que os lingotes passam por fornos de reaquecimento para então serem encaminhados à operação de desbaste. Esta tecnologia ilustra o imperativo de integração das fases de operação, realizadas de forma cada vez mais contínua. Associada a essa tendência, ocorreria a compactação dos equipamentos e da própria usina siderúrgica.

Na perspectiva do que foi exposto, as inovações radicais em desenvolvimento na siderurgia, que se traduzem em saltos tecnológicos, baseiam-se numa trajetória de compactação de processos: o *thin-slab casting* e os processos alternativos de produção de ferro primário (PAULA, 2003b; BIRAT, 1995 e 1996; HOLLEIS, 1994; FAURE, 1994; VAN DEN BERG, 1996). Os equipamentos de *thin-slab casting* buscam substituir o laminador de tiras a quente convencional, o mesmo acontecendo com os processos alternativos de produção de ferro primário em relação ao alto-forno<sup>27</sup>, reduzindo, portanto, os investimentos e os custos operacionais desta indústria. O

---

<sup>27</sup> NOLDIN Jr. *et alii* (2003) observaram que apesar de extremamente eficientes e tecnicamente consolidados, os altos-fornos vêm experimentando crescentes pressões de ordem técnica, econômica e ambiental nas últimas décadas. Os custos muitas vezes proibitivos de instalações de novas unidades, da reforma entre campanhas ou da adequação ambiental têm levado o setor a uma busca incessante por alternativas. Segundo estes mesmos autores, uma trajetória aponta na direção do aumento das mini-usinas e desligamento de altos-fornos. Sendo assim, a necessidade mundial por unidades de ferro virgem deverá ser atendida pela via da adoção de tecnologias alternativas de produção de ferro-primário, que ofereçam uma solução às exigências da siderurgia moderna, ou seja: (a) garantia do binômio baixo custo de investimento (menor que US\$ 150,00/ton instalada) e baixo custo operacional (menor que US\$ 100/ton), em qualquer escala; (b) flexibilidade de escala, de operação, de uso de matérias-primas e de produto; (c) uso de combustíveis sólidos alternativos; (d) uso de finos ou de aglomerados a frio; (e) compatibilidade ambiental (aproveitamento de resíduos, menores emissões, etc.); (f) alta eficiência energética; (g) utilização de periféricos clássicos; (h) possibilidade de uso de instalações existentes; e (i) eliminação de etapas da cadeia produtiva atual.

laminador de tiras a quente e o alto-forno são exatamente os principais equipamentos nos quais as economias de escala são mais preponderantes em uma usina integrada a coque.

De acordo com BIAMONTE (1997 *apud* PAULA, 1999a:18-19), as maiores vantagens técnicas do *thin-slab casting* são: (a) a dimensão reduzida do equipamento; (b) a eliminação da necessidade de reaquecimento de placas (apenas equalização da temperatura); e (c) a habilidade para produzir tiras laminadas a quente com espessura igual ou inferior a 1mm, com a supressão da necessidade de utilização da laminação a frio para uma série de aplicações.

Cumprir observar que a tecnologia do *thin-slab casting* possibilitou a fabricação de aços planos a partir de aciarias elétricas, o que equivale a dizer que esse processo possibilitou que as mini-usinas adentrassem no segmento de planos, concorrendo com as unidades integradas em uma maior gama de produtos, embora fora das faixas mais nobres de mercado<sup>28</sup>. Vale frisar que existem inúmeras alternativas em desenvolvimento na siderurgia mundial<sup>29</sup>.

Conforme PAULA (2003b: 03), grosso modo, pode-se segmentar os processos alternativos ao alto-forno em duas gerações: (a) processos de redução direta já consolidados; e (b) processos emergentes alternativos ao alto-forno, muitas vezes agrupados sob o rótulo genérico de “fusão-redutora”.

A tecnologia de redução direta, totalmente dominada, permite a produção de ferro-esponja (também denominado ferro diretamente reduzido – DRI). O DRI é consumido em fornos elétricos como substituto (parcial) à sucata, com a vantagem de conter menos enxofre e fósforo. Assim, o uso do DRI e do HBI (este último, ferro briquetado a quente, fabricado para utilização em outras siderúrgicas) permite a produção de aços com menor grau de contaminantes e, conseqüentemente, de maior valor agregado, a partir de uma aciaria elétrica (PAULA, 2003b). Entre 1988 e 1997, a produção de DRI em todo o mundo aumentou 145%, fazendo com que a

---

<sup>28</sup> A dificuldade de se remover as impurezas do principal insumo – a sucata – até o nível geralmente exigido em laminados planos constitui uma limitação de qualidade nos padrões requeridos neste segmento. Acredita-se que essa restrição possa vir a ser futuramente compensada com o desenvolvimento de novas técnicas de refino secundário e seleção de sucata apropriada.

<sup>29</sup> Desenvolvimentos do processo de lingotamento contínuo de seções mais finas vêm sendo buscados em paralelo por várias equipes de pesquisa em todo o mundo, constituindo-se certamente em um dos principais focos do P&D da siderurgia no momento presente. Um processo alternativo ao *thin-slab casting*, o *strip casting*, vem sendo em alguns casos conduzido de forma consorciada, como na Castrip LLC, *joint-venture* entre a siderúrgica Nucor, a mineradora australiana BHP (com participação individual de 47,5% no empreendimento) e a produtora de equipamentos Ishikawajima Harima Heavy Industries – IHI. Um outro exemplo vem da Europa, onde um projeto denominado Eurostrip vem sendo desenvolvido pela Thyssen Krupp Stahl, Usinor, Acciai Speciali Terni, CSM e Voest Alpine. Sob gerência da Krupp Thyssen Stainless foram desenvolvidos lingotadores em Krefeld (Alemanha) e em Terni (Itália). Outra iniciativa nesta área vem sendo desenvolvida pela SMS Demag em conjunto com a Marti-Technologie. No Japão, uma *joint-venture* entre a Nippon Steel e a Mitsubishi Heavy Industries busca desenvolver

produção de aço baseada nesse processo superasse 4% do total mundial (PINHO e LOPES, 2000)<sup>30</sup>. Desde então, essa participação se manteve praticamente inalterada: em 2002, a produção de DRI correspondeu a 4,8% da produção mundial de aço bruto. As unidades de redução direta são equipamentos compactos e que substituem altos-fornos, sinterização e coqueria. Segundo AYLEN (1980:203 *apud* PAULA, 1997a:17), a redução direta, assim como o lingotamento contínuo, permitiu a diminuição da escala eficiente de operação da siderurgia.

A figura 1.1. apresenta algumas características dos principais processos emergentes alternativos ao alto-forno. Embora comportem uma diversidade interna não desprezível, as tecnologias de fusão redutora se caracterizam por dispensarem integralmente, ou de forma ao menos parcial, a preparação prévia das cargas de minério de ferro e carvão mineral. De um modo geral, as principais vantagens dessas novas tecnologias alternativas ao alto forno são: (a) o aumento de flexibilidade operacional em comparação com o alto-forno, que funciona intermitentemente por períodos superiores a 15 anos e raramente opera com menos de 80% de sua capacidade nominal; (b) a redução da escala mínima ótima de uma siderúrgica e a conseqüente diminuição das barreiras à entrada; (c) o decréscimo do custo de capital, em grande medida relacionado à eliminação de coquerias e sinterização; e (d) a diminuição do consumo energético e do impacto ambiental (PAULA, 2003b:03). Ademais dos elevados custos de capital associados à sua construção, coquerias e sinterizações se caracterizam pelo impacto ambiental bastante negativo.

NOLDIN Jr *et alii* (2003:399) observaram que, atualmente, apenas os processos Midrex e HyL são tecnologias comerciais de larga escala<sup>31</sup>. O processo Corex, que teve sua primeira instalação implantada em 1989, possui até o presente momento apenas quatro plantas industriais. O processo Fastmet, com duas plantas no Japão, tem se limitado quase exclusivamente ao processamento de resíduos.

Já os processos Primus e Finex só recentemente deram *start-up* em suas plantas de demonstração. Em relação aos demais, alguns interromperam seus desenvolvimentos sem alcançar o estágio industrial (Aisi, Dios). Outros, como o IC, Circored e IDI, estão com suas plantas fechadas.

---

tecnologia de lingotamento contínuo de tiras de aço inoxidável (PINHO e OLIVEIRA, 2002:40).

<sup>30</sup> A difusão deste processo seguiu, todavia, um padrão bastante concentrado espacialmente. Destacam-se a Índia, responsável por 23,9% do aumento da produção, e um grupo de países com grande disponibilidade de gás natural. Irã, México, Venezuela, Arábia Saudita, Líbia e Indonésia, em conjunto, contribuíram com 58% da expansão no período 1988-97.

<sup>31</sup> Conforme estes mesmos autores, a tecnologia de redução direta Midrex é responsável por mais de 65% da produção mundial de DRI.

Alguns, como o Itmk3 e o Hismelt, se encontram em plena fase de implantação de suas unidades industriais. Quanto ao processo brasileiro Tecnored, sua unidade industrial já se encontra em estágio avançado de licenciamento ambiental, bem como a sua engenharia e as licitações de equipamentos.

Figura 1.1. Diagrama de Processos Alternativos de Redução

		Redutor		
		Carvão	Gás Natural	
<b>Fonte de Ferro</b>	Pelotas/lump	AISI COREX		Metal Líquido
	Aglomerado Auto-Redutor	TECNORED OXICUP ITMK3 (sólido)		
	Finos	HISMELT, DIOS ROMELT, AUSIRON, FINEX		
	Pelotas/lump	SL/RN, DRC, ACCAR	HYL MIDREX	Ferro-Esponja
	Aglomerado Auto-Redutor	FASTMET (*), MAUMEE, IDI (*). INMETCO, REDSMELT		
	Finos	CIRCOFER PRIMUS (*)	CIRCORED, IC, FINMET	

Fonte: NOLDIN Jr *et alii* (2003:398)

Nota: (\*) Não estão considerados os processos de fusão à jusante

Ainda no que tange às inovações radicais na siderurgia, cumpre mencionar os esforços para desenvolver um processo de fabricação direta do aço a partir de minério de ferro e carvão no conversor. São muitas as variantes através das quais tem-se procurado atingir esse objetivo – algumas envolvendo a tecnologia do plasma – mas nenhuma se mostrou ainda suficientemente confiável para ultrapassar a escala-piloto (PINHO, 2001).

Dada a complexidade do processo produtivo siderúrgico e do aparato produtivo de cada usina, há também um importante espaço para constante aprimoramento de tecnologia de processo. De fato, inúmeras inovações incrementais têm contribuído para a elevação gradativa, mas substancial, dos indicadores de qualidade, rendimento energético dos insumos e das matérias-primas e produtividade dos equipamentos e da mão-de-obra (PINHO, 2001).

Na etapa de redução, o processo de produção de ferro-gusa em altos-fornos tem experimentado avanços tanto no controle operacional quanto na utilização de novos equipamentos, o que tem gerado resultados expressivos em termos de redução dos custos de produção do gusa e de flexibilidade operacional. Nesse contexto, uma das alternativas mais utilizadas por parte das

siderúrgicas é a injeção de carvão pulverizado nos altos-fornos (PCI). Procura-se com esta tecnologia substituir o máximo de coque necessário ao processo, visando otimizar custos de produção (CARNEIRO *et alii*, 2001). Esta tecnologia propicia vantagens não somente em termos de custo do insumo, mas também no que diz respeito à minoração dos impactos ambientais, já que as coqueiras são equipamentos altamente poluidores.

A etapa de redução beneficiou-se também da busca de eficiência no processo de dessulfuração do ferro gusa (na panela do gusa ou diretamente nos carros torpedos), resultando em novos procedimentos e inovações em equipamentos, que aumentaram significativamente a qualidade final do aço e reduziram o consumo de energia, além de transformar os resíduos tóxicos em material inerte. A rota do alto-forno tem se beneficiado ainda do constante progresso no aumento da vida dos seus componentes críticos, como refratários, alongando o tempo de campanha do equipamento.

Outro conjunto importante de inovações técnicas na siderurgia relaciona-se à introdução de novos equipamentos nas áreas de aciaria e na laminação a frio, propiciando o enobrecimento do *mix*. Na etapa de refino, houve uma disseminação e sofisticação das técnicas de refino secundário do aço. Trata-se da modernização do que se convencionou denominar metalurgia de panela (ou metalurgia secundária), interligação da fabricação do aço com as máquinas de lingotamento, possibilitando um ajuste fino de temperatura e composição química, características essenciais aos aços nobres<sup>32</sup>.

Conforme ARAÚJO (1997), a implementação dos equipamentos de metalurgia secundária por parte das empresas siderúrgicas é motivada pelos seguintes fatores: (a) aumento da produtividade no conversor ao oxigênio, seguindo-se uma recarburização e o ajuste da temperatura na panela; (b) aumento da produtividade do forno elétrico, ao produzir aços especiais, transferindo-se as operações antes realizadas com uma segunda escória para o forno de tratamento; (c) melhor controle da temperatura; (d) maior facilidade em atingir limites estreitos de composição e de propriedades mecânicas; (e) obtenção de níveis reduzidos de hidrogênio e enxofre; (f) fabricação de aços inoxidáveis ferríticos de baixo teor de carbono; (g) produção de aço ao cromo contendo carbono, em conversor ao oxigênio. Assim, quanto maior a proporção de aços tratados em equipamentos de refino secundário, mais alto é o grau de enobrecimento da produção. Em suma,

---

<sup>32</sup> As instalações de metalurgia de panela descritas na seção 1.1. estão para a metalurgia secundária atualmente como o conversor

os resultados econômicos da adoção de equipamentos de metalurgia secundária são os seguintes: (a) redução nos gastos com materiais, tais como os elementos de liga; (b) menor consumo de energia; e (c) aumento de produção, pois a unidade primária é aliviada de todo o trabalho metalúrgico, como descarbonetação, dessulfuração, ajustes de composição, etc (ARAÚJO, 1997:435).

No que diz respeito aos aços especiais, FERREIRA (1997) salientou que, sem exagero, pode-se dizer que a introdução do conversor AOD modificou completamente a tecnologia de fabricação de aços inoxidáveis. Até meados da década de 60, empregava-se o forno elétrico, o que implicava consumo extremamente elevado de ferro-ligas, principalmente cromo e, portanto, custo de produção muito oneroso. Para os aços ao silício, a introdução, à mesma época, dos conversores VOR/VOD teve significado semelhante, na medida em que permitiu a obtenção de aços com teores extremamente baixos de carbono e hidrogênio, o que não seria factível no conversor ao oxigênio (LD) (FERREIRA, 1997).

BARNETT e CRANDALL (1986:56-59 *apud* PINHO, 1993:05) sugeriram que as inovações na tecnologia de lingotamento e nas aciarias elétricas foram cruciais para melhorar a posição competitiva das usinas semi-integradas. No primeiro caso, as máquinas de corrida contínua permitiram substituir laminadores de desbaste primário sujeitos a expressivos retornos de escala (SHENK, 1974:237 *apud* PINHO 1993:05). No segundo, várias inovações incrementais foram se somando para alterar drasticamente os parâmetros operacionais dos fornos elétricos ao arco.

PAULA (1997a:20) salientou que até os anos 60 o padrão era de fornos cuja potência variava entre 250-400 kVa, com consumo específico de 800-1000 Kwh/tonelada de aço. A partir dessa década, começaram a se difundir os fornos de potência ultra-elevada (UHP), com potência de 550-800 kVa. Segundo este mesmo autor, ao final da década de 90, a *best practice* do consumo específico encontrava-se em cerca de 410 kwh/tonelada de aço. As principais inovações incrementais que, em conjunto, viabilizaram a configuração dos fornos UHP foram as seguintes: (a) o incremento da potência dos fornos e a conseqüente redução do consumo de energia; (b) o desenvolvimento de um sistema de resfriamento das paredes do vaso com painéis resfriados a água; (c) a técnica de escória espumante; e d) o uso de queimadores oxi-combustível (PINHO, 2001; ARAÚJO, 1997).

---

a oxigênio, hoje mundialmente difundido, esteve no pós-guerra para o refino primário do aço (FERREIRA, 1997:41).



O pré-aquecimento da sucata e, mais ainda, a difusão do uso da metalurgia de panela – compartilhando o escopo do refino antes exclusivamente no forno elétrico – também beneficiaram o desempenho das aciarias elétricas. O aumento da potência, combinado à utilização de metalurgia de panela, permitiu a diminuição do tempo de corrida de 3 horas, na década de 60, para menos de 1 hora, na década de 90. Já o consumo de eletrodos regrediu de 6,5 kg/ton, em 1965, para 2,2 Kg/ton, em 1990 (PAULA, 1997a:20).

Ademais da troca do forno por outro mais moderno, este mesmo autor identificou duas inovações incrementais que permitiram substanciais melhorias às aciarias elétricas: o repotenciamento, reforma do forno, com a troca dos transformadores de baixa por outros de alta potência, e a tecnologia EBT. A tecnologia EBT corresponde ao vazamento excêntrico (deslocado do centro) do fundo do forno elétrico.

Segundo BRAGA (1998 *apud* PAULA, 1997a:20), a técnica do EBT permite a redução: (a) do consumo de 3 Kg de refratário por tonelada de aço; (b) do tempo de corrida em até 5 minutos, em função da maior potência disponível e da diminuição do tempo de vazamento; (c) da geração de pós e gases em 50% durante o vazamento; (d) do custo total em torno de US\$ 6,4 a US\$ 8,5 por tonelada. Além disso, simplifica a operação de vazamento livre de escória, importante para a metalurgia de panela. No cômputo geral, consegue-se um aumento de produtividade do equipamento de até 15% (PAULA, 1997a:20).

Cumprе mencionar que, em meados da década de 80, surgiu uma nova geração de fornos elétricos. Trata-se dos fornos elétricos de corrente contínua (DC), que são substitutos dos fornos elétricos de corrente alternada (AC). Conforme PAULA (1997a:21), os maiores benefícios dos fornos elétricos de corrente contínua frente aos de corrente alternada são: (a) a redução dos custos operacionais de eletrodos em 50%; (b) diminuição dos custos de eletricidade em 5%, além da sensível redução das perturbações geradas na rede elétrica de alimentação; (c) a simplificação da construção, pois utiliza apenas um eletrodo em vez de três; (d) a redução do nível de ruído entre 7% e 15%. Estima-se que a redução do custo de um forno de corrente contínua frente a um de corrente alternada seja de US\$ 5,1/ton, sendo que 2/3 desse valor são decorrentes da economia de eletrodos. O consumo específico de energia nos fornos elétricos de corrente contínua tem oscilado no patamar de 350-420 kwh/ton (BETZIOS, 1993:1028).

No que tange às perspectivas de continuidade da evolução dos fornos elétricos ao arco, a aplicação de inovações que vêm sendo desenvolvidas permitirá dar seqüência à trajetória de aumento de produtividade e redução de consumo de energia, eletrodos e refratários. A alimentação de aciarias elétricas com carga metálica “a quente”, inclusive ferro-gusa, é atualmente uma das perspectivas mais intensamente estudadas na indústria siderúrgica, para fazer face a uma ameaça recorrente de escassez de sucata (PINHO, 2001). Este mesmo autor observou que o conjunto de modificações introduzidas nas aciarias elétricas, não obstante o seu largo alcance, pode ser mais propriamente descrito como uma sucessão de inovações incrementais.

Em ambas as rotas tecnológicas, observou-se ainda o aperfeiçoamento dos equipamentos de laminação, que têm operado a velocidades cada vez mais elevadas e com precisão crescente quanto aos parâmetros de qualidade do produto final. Por exemplo, planos especiais (inoxidáveis e siliciosos) beneficiaram-se da modernização dos processos de recozimento e decapagem, determinantes para se assegurar as suas propriedades, a saber: resistência à corrosão no caso do inox e perda magnética no caso dos aços ao silício (FERREIRA, 1997:42).

A introdução de dispositivos microeletrônicos de automação na laminação, mas não exclusivamente nesta etapa, propicia a redução da variabilidade dos processos de fabricação de aço, com a conseqüente homogeneização de suas propriedades mecânicas e de variáveis de especificação, tais como resistência, espessura, acabamento superficial e conformabilidade, constituindo-se em um dos eixos condutores do progresso técnico nesta indústria. Nas demais fases do processo produtivo siderúrgico, a introdução progressiva de dispositivos de regulação automática do fluxo produtivo viabiliza o controle mais acurado do processo, flexibiliza a operação de alguns equipamentos e propicia a elevação expressiva da produtividade.

Por outro lado, observou PINHO (2001:161), a difusão de técnicas modernas de gestão e organização da produção também vêm contribuindo, em outro nível, para alguns daqueles resultados, principalmente com a racionalização do uso da força de trabalho, propiciada pela difusão das práticas de trabalho em equipes semi-autônomas, nas quais os trabalhadores exercem funções polivalentes.

O desenvolvimento do processo semi-integrado e o reposicionamento de mercado das empresas que empregam tal rota tecnológica, frente ao progresso tecnológico nas aciarias elétricas, está sintetizado no box 1.1.

#### Box 1.1. O Desenvolvimento do Processo Semi-Integrado

A história das mini-usinas é relativamente recente. Apenas na década de 60, elas começaram a se firmar como uma alternativa eficiente à produção integrada, face os desenvolvimentos de processos já examinados.

Embora alguns dos fatores abaixo mencionados reflitam peculiaridades da siderurgia norte-americana, cabe recuperar os principais fatores levantados por BARNET e CRANDALL (1986:11-12 *apud* PINHO, 1993:06) para explicar as vantagens competitivas das usinas semi-integradas na produção de aços longos:

(a) maior produtividade do trabalho que, por sua vez, decorre de um processo produtivo que suprime toda a fase de redução, da maior atualidade e dinamismo tecnológicos – função do ritmo de inversão mais intenso – e da gerência de melhor qualidade.

(b) vantagens locais, já que operando em escala relativamente pequena e não estando sujeitas a restrições quanto ao suprimento de carvão e ferro, as mini-usinas puderam se instalar em qualquer região onde houvesse abastecimento adequado de eletricidade e sucata – muito melhor distribuídos espacialmente do que os insumos requeridos pela produção integrada.

(c) farto suprimento de sucata barata, derivado da abundância deste material que caracteriza a economia dos Estados Unidos e de melhorias nas técnicas de recuperação de sucata a partir de bens de consumo duráveis descartados

(d) acesso a mão-de-obra mais barata e menos regulamentada, posto que essas usinas conseguiram quase sempre evitar que seus trabalhadores se incorporassem ao sindicato nacional dos trabalhadores da siderurgia. O resultado foi um salário-hora pelo menos 25% menor do que o das rivais integradas.

Ademais dos fatores que se refletem em menores custos operacionais, as mini-usinas constituem alternativa de investimento com custo de capital mínimo, o que decorre da maior simplicidade de seu processo produtivo. As usinas que operam segundo este processo são também denominadas *mini-mills* (mini-usinas), designação que ressalta o caráter mais compacto da produção semi-integrada e a escala mínima eficiente bastante inferior à das usinas integradas. A capacidade de operar eficientemente em menor escala é decorrência direta da possibilidade de se dispensar os altos-fornos, equipamentos que se caracterizam por retornos crescentes de escala. A indivisibilidade representada pela operação dos altos-fornos a coque impõe às usinas integradas um tamanho mínimo de pelo menos 3 Mt/ano (milhões de toneladas por ano), ao passo que as mini-usinas operam competitivamente com escalas de 250 mt/ano (milhares de toneladas por ano) no segmento de aços não-planos e de 1 Mt/ano na produção de planos (PINHO, 2001). Estimativas apresentadas por BARNETT e CRANDALL (1986) indicam que o investimento por tonelada de capacidade de produção de aços longos em usinas semi-integradas é inferior ao gasto que seria necessário apenas para a construção das instalações de redução de uma usina integrada. Por outro lado, esses custos fixos mais baixos favorecem o dinamismo do processo de incorporação de novas gerações de equipamentos (PINHO, 1993:05).

Observe-se que os menores volumes de produção mencionados para o processo produtivo semi-integrados não eram compatíveis com a tecnologia usual de produção de aços planos comuns, que requer, entre outros equipamentos, um laminador de tiras a quente de grande escala. Assim, até o final dos anos 80 as usinas semi-integradas estiveram circunscritas ao segmento de aços longos. À medida que inovações incrementais na tecnologia de processo, aparentemente desenvolvidas de forma mais acelerada nas usinas semi-integradas, foram constituindo e reforçando um conjunto de vantagens, evoluiu também o posicionamento estratégico das mini-usinas. Voltadas inicialmente para mercados regionais – protegidos pelo custo de transporte – de produtos mais simples (vergalhões e perfis leves, basicamente), elas adentraram e, em seguida, dominaram mercados mais amplos e sofisticados (fio-máquina e perfis médios, por exemplo) (PINHO, 1993). Mais recentemente, com o desenvolvimento da tecnologia de lingotamento de placas finas e a introdução de laminadores compactos, o seu campo de atuação ampliou-se, englobando também o segmento de aços planos.

A performance das mini-usinas bem como das usinas integradas foi significativamente melhorada nas últimas décadas (HOLLEIS, 1994). Não obstante, os indicadores de produtividade das usinas semi-integradas norte-americanas no ano de 1990 apresentados por este mesmo autor eram francamente superiores aos das integradas: 729 ton/empregado contra 425 das usinas integradas.

Fonte: Elaboração própria

Na tecnologia de produto, de forma semelhante ao verificado em tecnologia de processo, o deslocamento da fronteira tecnológica não é particularmente rápido na siderurgia. De natureza fundamentalmente incremental, as mudanças tecnológicas nos produtos siderúrgicos voltam-se ao desenvolvimento de novas variedades de aço e ao aperfeiçoamento dos produtos já existentes quanto a uma série de requisitos demandados em algumas de suas aplicações, como resistência a impactos e corrosão, facilidade e aderência de pintura, estampabilidade e soldabilidade.

BIRAT (1996) salientou que, no curto prazo, é a interação contínua entre clientes e siderúrgicas, especialmente as equipes comerciais e de *marketing*, que determina o progresso incremental em matéria de produtos. Este mesmo autor observou que os desdobramentos desta interação em termos de progressos incrementais em tecnologia de processos – sob a forma de desenvolvimentos e aprimoramentos – são sistemáticos.

Deve-se ter em conta que a siderurgia é uma indústria tipicamente *demand pull*. Nesta indústria, as necessidades dos consumidores direcionam as ações tecnológicas, diferentemente dos setores *technology push*, que envolvem tecnologias emergentes de rápida e grande inovação tecnológica (PETRONI, 1985 *apud* FURTADO *et alii*, 2000:52).

É importante analisar a relação cliente-fornecedor à montante e à jusante da cadeia produtiva para entender os esforços tecnológicos das empresas siderúrgicas, seja em processo, seja em produto (BIRAT, 1995, 1996; VAN DEN BERG, 1996; FRUEHAN, 1997; EUROFER, 2000).

O desenvolvimento de tecnologia de produto na siderurgia é usualmente “puxado pela demanda”, cabendo freqüentemente aos clientes mais sofisticados, notadamente os do complexo automotivo, requisitar inovações, cada vez mais desenvolvidas em mecanismos de parceria entre as siderúrgicas e seus clientes. Nessa perspectiva, a intensidade dos esforços tecnológicos varia significativamente entre os segmentos produtores da siderurgia, em resposta aos graus diferenciados de exigência dos consumidores. É maior no caso dos aços especiais em geral e bem menor na maior parte dos laminados longos comuns. Mesmo no interior deste último segmento há importante diversidade quanto ao espaço para o desenvolvimento de tecnologia de produto. Entre os itens menos elaborados, prevalece a característica de maturidade do produto e as trajetórias tecnológicas definem no presente escassas oportunidades para inovação (PINHO, 2001). Já no caso de trefilados de uso industrial, laminados planos revestidos e aços especiais em

geral, produtos sujeitos a maior elaboração, o esforço de desenvolvimento de variedades com especificações superiores é importante.

FURTADO (1991, *apud* FURTADO *et alii*, 2000) chamou a atenção para o fato de que em setores maduros como a siderurgia, a inovação muitas vezes ocorre pela incorporação de inovação oriunda de outras indústrias, como de informática, mecânica, de equipamentos, etc. Nesta indústria, em que a tecnologia se encontra intensamente incorporada nos equipamentos, é crítica a importância do relacionamento das siderúrgicas com os fabricantes de bens de capital sob encomenda. PINHO e LOPES (2000) observaram que este relacionamento não se restringe ao período de especificação e implantação de um novo projeto. A reposição e a realização de modificações em equipamentos e instalações produtivas, bem como a introdução de inovações incrementais nesta indústria são atividades que requerem estreita colaboração com fabricantes de equipamentos. Mais do que isso, salientam estes mesmos autores, uma parcela fundamental das competências exigidas para o desenvolvimento de tecnologia na siderurgia reside nos fornecedores de equipamentos especializados no setor.

Em escala internacional, os principais fornecedores de equipamentos siderúrgicos são a austríaca Vöest-Alpine, a italiana Danieli, a alemã SMS Demag, a belga Paul Wurth e as japonesas Kawasaki, Sumitomo e NKK. Nos últimos 50 anos, as principais inovações em processos e equipamentos à base de P&D na siderurgia (o conversor ao oxigênio, o lingotamento contínuo e a laminação compacta) foram desenvolvidas em iniciativas que conjugaram os esforços e as capacitações dos produtores siderúrgicos e de fabricantes de equipamentos (PINHO, 2001; FIGUEIREDO, 2003). Existe, portanto, um processo de interação entre os fornecedores de equipamentos e as siderúrgicas no tocante ao desenvolvimento tecnológico desta indústria. Em mais de um caso, observaram-se, inclusive, relações patrimoniais entre empresas siderúrgicas e produtoras de bens de capital, tais como Vöest-Alpine-Stahl e Vöest-Alpine Industrieanlagenbau (Áustria), Mannesmann e Demag (Alemanha), Arbed e Paul Wurth (Luxemburgo) (PAULA, 2002)<sup>33</sup>.

---

<sup>33</sup> Entretanto, salientou este mesmo autor, não apenas a indústria produtora de equipamentos metalúrgicos está passando por um intenso processo de consolidação, mas também esses laços patrimoniais vêm sendo desfeitos. Por exemplo, na Alemanha, a Demag ao constituir uma *joint-venture* com a SMS, deixou de ser controlada pelo grupo Mannesmann. De fato, a SMS Schloemann-Siemag e a Mannesmann Demag combinaram suas atividades a partir de janeiro de 1999, passando a denominar-se SMS Demag Metallurgy, na qual o grupo SMS passou a deter 72% do capital (STEEL TIMES, 2001, v. 229, n., pp. 285 *apud* PAULA, 2002:24).

As condições apontadas anteriormente tendem a induzir uma estratégia tecnológica mais conservadora por parte das empresas siderúrgicas, especialmente em desenvolvimento de tecnologia de processo. Os projetos de desenvolvimento tecnológico em processo, como se viu, caracterizam-se pelo risco elevado e pelo longo tempo de maturação<sup>34</sup>, estando restritos às siderúrgicas japonesas e européias e aos fabricantes de equipamentos metalúrgicos.

Isso se reflete na baixa intensidade dos dispêndios em P&D da siderurgia, evidenciada quando comparada com outros setores industriais tecnologicamente dinâmicos, reforçando a condição de maturidade tecnológica desta indústria. Referências recentes evidenciam que não têm ocorrido modificações relevantes nessa característica da indústria siderúrgica. SPRIGORUM (1998 *apud* PINHO, 2001:160) observou que o gasto em P&D da siderurgia alemã situava-se em torno de 1% da receita, porcentagem semelhante à média registrada na União Européia, mas inferior à observada no Japão (1,8%) e na Coreia do Sul (1,2%). A intensidade em P&D da siderurgia norte-americana é ainda inferior a esse patamar. Conforme FRUEHAN (1997), os maiores produtores integrados alocam 0,5% do faturamento em P&D, enquanto as empresas que adotam o processo semi-integrado costumam ter orçamentos ainda menores ou nulos.

Configura-se assim um quadro setorial em que nem todas as siderúrgicas possuem unidades de P&D estruturadas, particularmente aquelas do segmento de produtos longos comuns. A esse respeito, a experiência da Nucor Steel, empresa que apresenta uma estratégia agressiva no ramo das mini-usinas, é paradigmática.

Estatísticas de gastos em P&D coletadas pelo “*Sloan Steel Industry Competitiveness Study*”, um estudo abrangente conduzido pela Carnegie Mellon University, indicam que a Nucor possui um orçamento nulo de investimento em P&D (CYERT e FRUEHAN, 1996:41; FRUEHAN, 1997 *apud* PINHO 2001). Com efeito, a empresa não dispõe de nenhuma unidade centralizada voltada seja ao P&D, seja à engenharia. Não obstante, salientaram PINHO e OLIVEIRA (2002:39), a Nucor tem sido frequentemente pioneira na introdução de inovações tecnológicas no setor. A usina de Crawdsforville, da Nucor Steel, foi a pioneira mundial no processo de lingotamento de placas finas, que, como se viu, viabilizou a entrada das mini-usinas no segmento de planos, cujos

---

<sup>34</sup> BIRAT (1995:1204) apresentou dados significativos a respeito do longo tempo de maturação dos desenvolvimentos tecnológicos na siderurgia. Verifica-se um primeiro espaço de tempo de aproximadamente 10 anos, situação em que uma nova tecnologia é ainda um conceito físico e não foi aceita como uma tecnologia em potencial; outros dez anos para o estágio precursor ou inicial de P&D, quando se testa o conceito e se desenvolve a tecnologia em laboratório ou em estágio piloto e, finalmente, cerca de 10 anos adicionais para a implementação industrial da inovação em uma parcela significativa da produção.

produtos geralmente têm maiores exigências de qualidade e alcançam preços superiores. No ano de 2000, esta empresa e a australiana BHP (com participação individual de 47,5% no empreendimento) juntamente com a japonesa *Ishikawajima Harina Heavy Industries* – IHI constituíram a *joint-venture* Castrip LLC, empresa que desenvolve comercialmente a tecnologia do *strip casting*, ou lingotamento contínuo de tiras, e já possui mais de 1.500 patentes em todo o mundo relativas a esta tecnologia.

Em situação oposta encontram-se as empresas dos segmentos produtores de aços especiais, cujas características do material, tais como soldabilidade, usinabilidade, resistência à corrosão e ao desgaste sob variadas condições, passam a fazer parte do projeto do produto, exigindo freqüentemente aços sob encomenda, específicos para cada caso (QUEIROZ, 1987:49). Nesse caso, salientou este mesmo autor, a multiplicidade dos aços decorreria da evolução tecnológica dos próprios setores industriais demandantes: a sofisticação da engenharia de produto no setor de aços especiais refletindo, desse modo, a de seus clientes.

Em estudo que procurou fornecer uma caracterização básica da estruturação da função tecnológica em sete grupos líderes da siderurgia mundial, PINHO e OLIVEIRA (2002:86) constataram que a porta de entrada nas atividades tecnológicas na siderurgia é o P&D *on site*, isto é, realizado na própria usina, voltado a necessidades mais diretas da produção e eventualmente com uma estruturação interna pautada pelas próprias etapas do processo siderúrgico. A evolução dessa estrutura para o cumprimento de funções estrategicamente mais críticas – como a busca e o desenvolvimento de competências em novas atividades – requer a formação de estruturas diferentes, cuja segmentação é definida por núcleos de conhecimentos básicos, como, por exemplo, eletrônica, materiais avançados, semicondutores e sistemas de controle. A disponibilidade dessas estruturas parece ter exercido um papel importante na diversificação dos grupos japoneses.

À parte alguns grupos europeus e japoneses, de uma maneira geral, o foco dos esforços de P&D na indústria siderúrgica é a otimização de processos, o desenvolvimento de produtos e aplicações e o aperfeiçoamento dos produtos já existentes quanto a uma série de parâmetros.

No que refere às fontes do progresso técnico na siderurgia, tem-se que conforme a taxonomia de PAVITT (1984), revisada em BELL e PAVITT (1993), acerca das categorias que sintetizam os padrões de acumulação tecnológica, na categoria firmas intensivas em escala a acumulação

tecnológica é gerada no *design*, na construção e na operacionalização de complexos sistemas de produção e/ou produtos. Nessa categoria, as tecnologias de processo e produto desenvolvem-se incrementalmente na base da experiência operacional prévia e no aprimoramento de componentes, maquinário e sub-sistemas. As principais fontes de tecnologia nas indústrias intensivas em escala são, portanto, o *design* e a engenharia de produção, a experiência operacional e os fornecedores de equipamentos e componentes. A transferência internacional de tecnologia requer o licenciamento de produção e *know-how* de *design* e treinamento, em adição à comercialização de maquinários e outros *inputs* (BELL e PAVITT, 1993) (quadro 1.2.).

Estes mesmos autores chamam a atenção para o fato de que na medida em que seus clientes/usuários são especialmente sensíveis ao preço e à performance do produto, os principais focos das atividades tecnológicas das indústrias intensivas em escala são, de um modo geral, a redução de custo e a melhoria/aprimoramento do produto. Dadas as vantagens econômicas potenciais das escalas crescentes, combinadas com a complexidade de produtos e/ou sistemas produtivos, os riscos associados às mudanças radicais são potencialmente muito custosos neste conjunto de indústrias (BELL e PAVIT, 1993). Posto isso, salientamos que a falta de agressividade das estratégias tecnológicas das empresas siderúrgicas decorre não apenas da maturidade das trajetórias tecnológicas – e da correspondente exaustão das oportunidades para a inovação – mas também dos efeitos da enorme imobilização de capital, cristalizada em equipamentos e instalações “rígidos”.

Quadro 1.2. Classificação Tecnológica Baseada nas Firms – Categoria das Firms Intensivas em Escala

<b>Setores Típicos</b>	Produção de aço, vidro, cimento e outros materiais produzidos em grande quantidade; bens de consumo duráveis; automóveis; construção civil
<b>Tamanho da empresa</b>	Grandes empresas
<b>Tipo de usuário</b>	Sensível ao preço e ao desempenho do produto
<b>Principais focos de acumulação tecnológica</b>	Redução de custo e aprimoramento do produto
<b>Principais fontes de acumulação tecnológica</b>	Engenharia de produção, aprendizado nas operações de produção, fornecedores e projeto
<b>Principal direção de acumulação tecnológica</b>	Tecnologia de processo e equipamentos relacionados ( <i>Upstream</i> )
<b>Principais canais de imitação e de transferência tecnológica</b>	Aquisição de equipamentos, licenciamento de <i>know-how</i> , treinamentos relacionados, engenharia reversa
<b>Principais métodos de proteção contra imitação</b>	Segredo, <i>design</i> e <i>know-how</i> operacional
<b>Principais tarefas estratégicas de gerenciamento</b>	Integração incremental de novas tecnologias em sistemas complexos, desenvolvimento e difusão da “melhor prática” e exploração de vantagens em tecnologia de processo

Fonte: BELL e PAVITT (1993:180-181), a partir de PAVITT (1984)



PINHO (2001) chamou a atenção para o fato de que a apropriabilidade dos resultados de inovações em tecnologia de processo é relativamente baixa na siderurgia. Conforme este mesmo autor, “quando empresas inovadoras passam a produzir e comercializar equipamentos que incorporam as mudanças tecnológicas, estão reconhecendo, ao menos implicitamente, a baixa apropriabilidade da tecnologia e a incapacidade de deter iniciativas de imitação. Nessas circunstâncias, a melhor opção para rentabilizar os investimentos realizados no desenvolvimento da inovação tende a ser a adoção de uma estratégia que combina ativamente comercialização de equipamentos e transferência de tecnologia” (PINHO, 2001:165). O peso crescente dos produtores independentes de equipamentos siderúrgicos, como a italiana Danieli e a alemã SMS, sugere que a apropriabilidade da tecnologia de processo na siderurgia esteja se reduzindo ainda mais.

A apropriabilidade é maior quando se trata de desenvolvimento de tecnologia de produto. O maior dinamismo da demanda nas faixas de mercado em que é possível desenvolver novas especificações e a possibilidade de estabelecer relacionamentos privilegiados com clientes e, conseqüentemente, obter retornos econômicos da inovação são os fatores que configuram a atratividade do desenvolvimento de novas variedades do aço e/ou de aplicações.

Uma das iniciativas tecnológicas mais importantes da siderurgia nos últimos anos está voltada não ao desenvolvimento propriamente dito de novos aços, mas sim ao aprimoramento do uso de variedades já comercializadas no mercado. Trata-se do projeto ULSAB (*Ultra Light Steel Auto Body*) e de seus desdobramentos posteriores, o ULSAC (*Ultralight Steel Auto Closures*) e o ULSAS (*Ultralight Steel Auto Suspensions*)<sup>35</sup>. A proposta do projeto foi formulada pela entidade empresarial da siderurgia nos EUA e, em seguida, encampada pela instituição que congrega suas congêneres do mundo inteiro, o IISI. O objetivo inicial era desenvolver a carroceria de um carro médio que fosse mais leve – e, por conseguinte, consumisse menos combustível e impusesse menor impacto ambiental – sem comprometer nenhum de três outros itens de desempenho: conforto/tamanho, segurança e custo. O projeto representou uma reação da indústria siderúrgica à

---

<sup>35</sup> Com um orçamento de US\$ 22 milhões em seus primeiros quatro anos, o projeto teve início em 1994 e vem sendo financiado e apoiado tecnicamente por um consórcio de 35 empresas siderúrgicas de 18 diferentes países, inclusive as brasileiras Usiminas e CSN. Os resultados obtidos foram a fabricação de uma carroceria 25% mais leve, com desempenho superior em termos de resistência a colisões e que pode ser produzida a um custo até 15% menor do que o atual para a mesma classe de veículos. O sucesso do projeto estimulou a ampliação de seu escopo de forma a abranger outros componentes importantes na composição dos automóveis, como as suspensões e os sistemas de “fechamento”, e mais recentemente a articulação de todas as iniciativas num projeto geral, o ULSAB-AVC (*Advanced Vehicle Concept*) (SMITH, 1999 *apud* PINHO e OLIVEIRA, 2002; ANDRADE *et alli*, 2002).

ameaça cada vez mais concreta de substituição do aço por outros materiais – resinas termoplásticas, compósitos e, muito especialmente, o alumínio – na produção de automóveis (PINHO e OLIVEIRA, 2002).

Para os fins desta dissertação, cabe destacar alguns aspectos relevantes do projeto ULSAB: (a) a estratégia perseguida foi sempre a de usar variedades de aços já comercialmente disponíveis, embora não utilizadas comumente em carrocerias – os resultados foram atingidos empregando-se aços de alta resistência mecânica em 90% dos casos; (b) a execução do projeto esteve a cargo da Porsche, de início por intermédio de uma empresa controlada dedicada a serviços de engenharia e, na fase de montagem do modelo, com a participação direta da unidade fabricante de automóveis, e (c) o projeto gerou muitas inovações patenteáveis, mas o consórcio decidiu tornar de domínio público todos os seus resultados (PINHO, 2001; PINHO & OLIVEIRA, 2002)

Com o objetivo usual de desenvolvimento de novas variedades de aço, quase sempre para a indústria automobilística, alianças estratégicas intercontinentais para o desenvolvimento de tecnologia têm proliferado no setor nos últimos anos. Exemplos recentes são: Nippon Steel e Usinor; NKK, Kawasaki Steel e Thyssen; Kawasaki e AK Steel; US Steel e Kobe Steel; Nucor e BHP; Nippon Steel e Usinor/Arcelor.

FIGUEIREDO (2003:56) salientou que, no caso dos produtores siderúrgicos, desenvolver a competência tecnológica da empresa é fundamental para empreender atividades inovadoras incrementais, bem como para ganhar e manter a competitividade no setor. Com isso, eles também contribuem para as atividades inovadoras em processos, equipamentos e produtos já mencionadas. As inovações incrementais desenvolvidas ao nível da firma e oriundas da prática operacional (em processos, organização da produção, equipamentos e produtos) constituem uma característica tecnológica fundamental do desenvolvimento da indústria siderúrgica mundial e nas quais, as empresas siderúrgicas desempenham papel decisivo (FIGUEIREDO, 2003; PAULA e FERRAZ, 1990).

### **1.3. Crise e Reestruturação na Siderurgia Mundial**

A existência de um grau elevado de capacidade produtiva permanentemente ociosa caracteriza a indústria siderúrgica mundial desde a segunda metade da década de 70. Naquele período, ocorreu uma forte inflexão no ritmo de crescimento da demanda mundial de aço, que, entre 1946 e 1973,

dera sustentação a um crescimento médio da produção da ordem de 7% ao ano. O volume de aço bruto produzido em 1999 (789,0 milhões de toneladas) foi apenas 13% superior àquele registrado em 1973 (698,1 milhões de toneladas), o que significa que a taxa média de crescimento reduziu-se para cerca de 0,5% ao ano. Como a inflexão do ritmo de crescimento da demanda nos anos 70 colheu a indústria em pleno processo de ampliação do parque produtivo, definiu-se então uma situação de sobre capacidade. No ano de 2003, foi registrada uma produção excepcionalmente elevada para os padrões recentes do setor (964,7 milhões de toneladas), perfazendo uma taxa média anual de crescimento de 5,2% no período 1999-2003 (tabela 1.2).

Tabela 1.2. Produção Mundial de Aço Bruto (1945-2003)

(em milhões de toneladas)

Ano	Produção	Ano	Produção	Ano	Produção
1945	113,1	1965	454,0	1985	718,9
1946	111,6	1966	472,7	1986	713,7
1947	136,0	1967	497,0	1987	736,2
1948	155,3	1968	529,7	1988	780,1
1949	160,0	1969	574,6	1989	786,0
1950	191,6	1970	595,3	1990	770,5
1951	211,1	1971	582,4	1991	733,6
1952	211,6	1972	630,1	1992	723,6
1953	234,8	1973	698,1	1993	727,5
1954	223,8	1974	708,8	1994	725,1
1955	270,0	1975	645,8	1995	752,3
1956	283,5	1976	676,5	1996	750,0
1957	292,5	1977	673,1	1997	798,9
1958	274,3	1978	715,3	1998	777,3
1959	305,7	1979	745,3	1999	789,0
1960	346,4	1980	715,6	2000	847,6
1961	351,3	1981	707,9	2001	850,2
1962	360,1	1982	643,9	2002	903,1
1963	378,1	1983	663,7	2003	964,7
1964	433,4	1984	710,2		

Fonte: Elaboração própria com base em DOURILLE (1981, *apud* FERREIRA, 1993:230); Anuário Estatístico da Siderurgia Brasileira (vários anos)

Os elementos determinantes do fraco dinamismo do consumo mundial de aço nas economias desenvolvidas já foram amplamente analisados (MACIEL, 1988 *apud* PINHO e LOPES, 2000:09-10) e possuem um caráter nitidamente estrutural: (a) esgotamento progressivo do espaço para a realização de pesados investimentos na construção das infra-estruturas urbana e de transportes, altamente intensivas em aço; (b) mudança no perfil de demanda em países de renda *per capita* mais elevada, com decréscimo relativo da participação de bens industrializados de fabricação fortemente dependente do aço (bens de consumo duráveis usuais) em favor de outros menos intensivos em sua utilização (eletrônicos, por exemplo) e de serviços; (c) substituição por materiais alternativos, como plásticos e alumínio, principalmente nas indústrias automobilística e

de embalagens; e (d) tendência de modificar os padrões de *design* industrial de maneira a otimizar o uso de materiais em geral. Ainda que os dois primeiros daqueles fatores não possam ser generalizados, sendo específicos dos países desenvolvidos, o próprio peso destes países no conjunto da economia mundial acaba por determinar um baixo dinamismo dos mercados siderúrgicos em termos globais. Mencione-se que nos países em desenvolvimento a demanda por aço continua respondendo positivamente aos impulsos provenientes do crescimento econômico.

No decorrer da década de 80, a indústria siderúrgica dos países desenvolvidos efetuou um programa de reestruturação de grande envergadura, com o fechamento de linhas de produção e mesmo de plantas inteiras consideradas menos eficientes, de forma a ajustar a oferta ao nível da demanda. Estimativas da Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico – OCDE (*apud* MARQUES, 1990) apontaram uma redução da capacidade produtiva nos países membros da ordem de 82 milhões de toneladas/ano, entre 1980 e 1986. Os fechamentos de usinas foram mais significativos nos EUA, totalizando a eliminação de 40 milhões de toneladas/ano de capacidade. Os fechamentos, todavia, foram também muito importantes na Europa (mais de 30 milhões de toneladas/ano) e no Japão (15 milhões de toneladas/ano de capacidade)<sup>36</sup>.

Não obstante, o quadro de sobrecapacidade não foi completamente superado. Conforme estimativas da OCDE, a capacidade total da siderurgia no ano de 2000 era de 1,063 bilhão de toneladas/ano (PAULA, 2002:202)<sup>37</sup>. Observe-se que a produção mundial de aço bruto atingiu 847 milhões de toneladas naquele ano, perfazendo, portanto, uma capacidade ociosa de 216 milhões de toneladas.

Segundo PINHO e LOPES (2000), três fatores são críticos para explicar a persistência do quadro de sobrecapacidade após duas décadas de reconhecimento do problema:

---

<sup>36</sup> Embora tenha propiciado importantes incrementos de produtividade, o custo social desse processo de ajuste foi muito grande. Citando PAULA *et alii* (1997), OLIVEIRA (2001:04) apresentou dados sobre a evolução do volume de emprego na indústria siderúrgica mundial que revelam uma contundente trajetória de queda. Em 1974, a produção conjunta de 22 grandes países produtores de aço, responsáveis pela fabricação de 69% da produção mundial, foi de 481 milhões de toneladas, requerendo a utilização de 2,61 milhões de trabalhadores. Em 1993, estes mesmos países produziram 422 milhões de toneladas (queda de 12,3%), mas empregaram somente 1,42 milhões de trabalhadores (uma redução, portanto, de 46,0% ou em termos absolutos de 1,19 milhão de postos de trabalho).

<sup>37</sup> Este mesmo autor salientou que várias críticas vêm sendo feitas às estimativas da OCDE. Dentre elas, as mais incisivas seriam as formuladas por MUELER (2000 *apud* PAULA, 2002), ao apontar que essa metodologia consiste na compilação das capacidades nominais das aciarias, muitas das quais estão desativadas e não podem ser utilizadas sem profundas remodelações. Para MUELER (2000), o melhor indicador seria o da *World Steel Dynamics*, baseado no conceito de capacidade efetiva, definido como o nível de produção que ocorre ou é esperado para acontecer por 12 meses após o ápice dos preços internacionais dos produtos siderúrgicos.

(a) Nos mercados mais dinâmicos para a indústria siderúrgica nas duas últimas décadas – a China e alguns dos países asiáticos – a expansão do consumo foi muitas vezes acompanhada de investimentos voltados para o atendimento da demanda local.

(b) Os efeitos da crise prolongada dos países do Leste Europeu e da ex-União Soviética. Em 1989, a União Soviética e os países do Leste Europeu, exceto a Alemanha Oriental, consumiram o equivalente a 208,2 milhões de toneladas de aço bruto (26,3% do consumo mundial). Oito anos depois, a demanda de aço dos países dessas regiões diminuíra para 53,3 milhões de toneladas, meros 6,9% do consumo mundial, perfazendo uma redução acumulada de 74,4% no período. A recuperação que se seguiu não foi suficiente para fazer a demanda de produtos siderúrgicos retornar para patamares nem mesmo comparáveis aos anteriores.

(c) O impacto da ampliação da capacidade das mini-usinas em muitos países. Desfrutando de uma trajetória de progresso tecnológico de ritmo mais intenso do que nas usinas integradas tradicionais, as siderúrgicas baseadas em aciarias elétricas vêm experimentando uma contínua ampliação de seu número<sup>38</sup>.

Outras importantes características gerais do processo de reestruturação com que a siderurgia procurou enfrentar o período de estagnação da produção foram as seguintes:

(a) Reorganização empresarial. Houve um intenso movimento de fusões e aquisições, especialmente na siderurgia européia, alterando a escala empresarial requerida para a operação eficiente e os marcos de internacionalização do setor;

(b) Enobrecimento do *mix* de produção. As grandes siderúrgicas têm concentrado interesse em produtos de maior valor agregado, refletindo a tentativa de fazer face à evolução das exigências dos setores industriais consumidores, inclusive através de desenvolvimento de produtos em parceria. Acompanhando o enobrecimento do *mix*, tem sido observada uma importância crescente dos serviços pós-venda. Como um todo, a tendência de melhoria do *mix* se reflete no fato de que no ano de 1995 a produção mundial de aços planos ultrapassou a de aços longos. Considerando-

---

<sup>38</sup> Em 1970, 16,3% da produção mundial de aço bruto foram processados em aciarias elétricas, tendo evoluído para 33,9% em 2002. HOLLEIS (1994:147) mostrou que o crescimento foi especialmente pronunciado nos Estados Unidos: em 1960, aproximadamente 8% do aço naquele país foram produzidos pela rota do forno elétrico ao arco. Em 1990, a participação dessas usinas na produção dos Estados Unidos já havia alcançado 40%, tendo evoluído para 50,4% no ano de 2002. Já na União Européia, a participação do “aço elétrico” foi de 41,1% em 2002, contra 32,1% no ano de 1993. No Japão, por sua vez, a participação do aço bruto produzido em aciarias elétricas no início da década de 90 se situava em 31% (PINHO, 1993: 08), não tendo apresentado mudanças a partir de então.

se o período 1995-2010, estima-se que a participação relativa dos aços longos, no total mundial, regrediu de 53% para 47% (PAULA, 2002:11). O aumento da importância de produtos de maior valor agregado no contexto da produção total de laminados é relevante para os fins deste trabalho, uma vez que alguns desses produtos notabilizam-se pelo maior conteúdo tecnológico. PAULA (2002:12) demonstrou o incremento da importância relativa das chapas galvanizadas em relação à fabricação de laminados nos Estados Unidos e no Japão no período de 1980 a 2000. Tal participação passou do patamar de 6% para o de 16%. Outro exemplo do enobrecimento do *mix* de produtos é o fato de a proporção de aço inoxidável comparativamente à de aço bruto, no mundo, ter evoluído de 1,7% (em 1990) para 2,3% (em 1999) (PAULA, 2002:12).

(c) Compactação sistemática das instalações e da automação de processos, bem como adoção de novos modelos de gestão. Os principais resultados destas mudanças foram a melhoria nos padrões de qualidade, maior flexibilidade da produção e aumento da produtividade do trabalho;

(d) Diversificação em direção a outras atividades. O escasso dinamismo da demanda por aço levou muitas siderúrgicas a procurarem diversificar suas operações para outras áreas de negócio. A estratégia mais comum foi a atuação em ramos onde havia nítida presença de economias de escopo, como a distribuição de aço. Entre as empresas japonesas prevaleceu, a par da participação tradicional na mecânica pesada, uma orientação rumo à participação em indústrias de materiais concorrentes do aço, particularmente aqueles novos compósitos de alta tecnologia (PINHO e OLIVEIRA, 2002).

(e) Reforço das práticas protecionistas. Não obstante esta indústria seja uma atividade historicamente marcada pelo protecionismo, as medidas protecionistas têm se tornado mais frequentes e disseminadas geograficamente (PAULA, 2003a). As restrições mais importantes que os países desenvolvidos impõem às importações siderúrgicas têm sido de cunho não-tarifário, como processos *anti-dumping*, direitos compensatórios e, mais recentemente, salvaguardas<sup>39</sup>.

A siderurgia, a despeito do lento crescimento da produção, vem sendo marcada por alterações relevantes em termos da distribuição geográfica da produção. A tabela 1.3 evidencia que no curso das últimas décadas, a expansão da indústria siderúrgica foi, de uma maneira geral,

---

<sup>39</sup> PAULA (2002:170) salientou que das 1.064 novas ações *anti-dumping* iniciadas no período 1997-2000 por parte de países-membros da Organização Mundial do Comércio (OMC), 323 (ou 30,4% do total) foram relativas à indústria siderúrgica. Considerando apenas o ano de 2001, a siderurgia foi responsável por 36,5% de todas as ações *anti-dumping*. No mesmo sentido, 44% das ações de direitos compensatórios e 83% das de salvaguardas naquele ano foram relativas à siderurgia.

significativamente mais dinâmica nas regiões periféricas do sistema capitalista do que nos países centrais. Os países da América Latina, África, Oriente Médio e Oceania, cuja produção conjunta representava, em 1952, apenas 2,4% da produção mundial de aço, elevaram sua participação para 5,8% em 1977 (FERREIRA, 1989a:63) e 10,3% em 2002. Em particular, a participação relativa da produção latino-americana evoluiu de 4%, em 1980, para 6,3% em 2002.

Tabela 1.3. Produção Mundial de Aço Bruto por Região (1980-2002) (1)

Região	1980	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2002 (%)
<b>Europa Ocidental</b>	<b>161,4</b>	<b>157,2</b>	<b>188,0</b>	<b>199,0</b>	<b>205,1</b>	<b>193,5</b>	<b>210,5</b>	<b>207,4</b>	<b>197,9</b>	<b>210,0</b>	<b>204,5</b>	<b>206,8</b>	<b>22,9</b>
CEE/UE	142,0	132,3	144,2	151,7	155,8	146,6	159,9	159,9	155,2	163,4	158,4	158,6	17,6
Outros	19,4	24,9	43,8	47,3	49,3	46,9	50,6	47,5	42,7	46,6	46,1	48,2	5,3
<b>Europa Oriental</b>	<b>209,2</b>	<b>147,3</b>	<b>98,1</b>	<b>78,3</b>	<b>79,1</b>	<b>77,2</b>	<b>80,9</b>	<b>74,4</b>	<b>86,1</b>	<b>98,9</b>	<b>100,1</b>	<b>101,0</b>	<b>11,2</b>
Rússia	-	67,0	58,3	48,8	51,6	49,3	48,5	43,8	51,5	59,1	59,0	59,8	6,6
Ucrânia	-	41,8	32,6	24,1	22,3	22,3	25,6	24,4	27,5	31,8	33,1	33,4	3,7
Outros (2)	209,2	38,5	7,2	5,4	5,2	5,6	6,8	6,2	7,1	8,0	8,0	7,8	0,9
<b>América do Norte</b>	<b>117,4</b>	<b>98,2</b>	<b>103,2</b>	<b>105,1</b>	<b>109,6</b>	<b>110,2</b>	<b>114,1</b>	<b>114,6</b>	<b>113,6</b>	<b>118,4</b>	<b>105,4</b>	<b>108,2</b>	<b>12,0</b>
EUA	101,5	84,3	88,8	91,2	95,2	95,5	98,5	98,7	97,4	101,8	90,1	92,2	10,2
Canadá	15,9	13,9	14,4	13,9	14,4	14,7	15,6	15,9	16,2	16,6	15,3	16,0	1,8
<b>América Latina</b>	<b>28,9</b>	<b>42,2</b>	<b>43,6</b>	<b>46,0</b>	<b>47,8</b>	<b>50,0</b>	<b>52,6</b>	<b>51,5</b>	<b>51,1</b>	<b>56,1</b>	<b>51,9</b>	<b>56,3</b>	<b>6,3</b>
Brasil	15,3	23,9	25,2	25,7	25,1	25,2	26,2	25,8	25,0	27,9	26,7	29,6	3,3
México	-	8,5	9,2	10,3	12,1	13,2	14,2	14,2	15,3	15,6	13,3	14,1	1,6
Outros	13,6	9,8	9,2	10,0	10,6	11,6	12,2	11,5	10,8	12,6	11,9	12,6	1,4
<b>África</b>	<b>11,5</b>	<b>14,8</b>	<b>14,0</b>	<b>13,3</b>	<b>13,7</b>	<b>12,7</b>	<b>12,8</b>	<b>12,8</b>	<b>12,8</b>	<b>13,8</b>	<b>15,0</b>	<b>15,8</b>	<b>1,7</b>
África do Sul	9,1	9,1	8,7	8,5	8,7	8,0	8,3	8,0	7,9	8,5	8,8	9,1	1,0
Outros	2,4	5,7	5,3	4,8	5,0	4,7	4,5	4,8	4,9	5,3	6,2	6,7	0,7
<b>Oriente Médio</b>	<b>1,3</b>	<b>5,5</b>	<b>6,9</b>	<b>7,8</b>	<b>8,1</b>	<b>9,2</b>	<b>9,9</b>	<b>9,1</b>	<b>9,8</b>	<b>10,7</b>	<b>11,7</b>	<b>12,3</b>	<b>1,4</b>
<b>Ásia</b>	<b>178,0</b>	<b>250,7</b>	<b>265,0</b>	<b>266,4</b>	<b>279,6</b>	<b>288,0</b>	<b>308,6</b>	<b>297,8</b>	<b>308,3</b>	<b>331,9</b>	<b>353,7</b>	<b>393,5</b>	<b>43,6</b>
China	-	80,9	89,5	92,6	95,4	101,2	108,9	114,6	124,0	127,2	150,9	181,6	20,1
Japão	111,4	98,1	99,6	98,3	101,6	98,8	104,5	93,5	94,2	106,4	102,9	107,7	11,9
Coreia do Sul	-	28,1	33,0	33,7	36,8	38,9	42,6	39,9	41,0	43,1	43,9	45,4	5,0
Índia	-	18,1	18,2	19,3	22,0	23,8	24,4	23,5	24,3	26,9	27,3	28,8	3,2
Taiwan	-	10,7	12,0	11,6	11,6	12,4	16,0	16,9	15,4	16,9	17,3	18,2	2,0
Outros	66,6	14,8	12,7	10,9	12,2	12,9	12,2	9,5	9,4	11,4	11,4	11,8	1,4
<b>Oceania</b>	<b>7,9</b>	<b>7,7</b>	<b>8,7</b>	<b>9,2</b>	<b>9,3</b>	<b>9,2</b>	<b>9,6</b>	<b>9,6</b>	<b>8,9</b>	<b>7,8</b>	<b>7,9</b>	<b>8,3</b>	<b>0,9</b>
<b>Total</b>	<b>715,6</b>	<b>723,6</b>	<b>727,5</b>	<b>725,1</b>	<b>752,3</b>	<b>750,0</b>	<b>798,9</b>	<b>777,2</b>	<b>788,5</b>	<b>847,6</b>	<b>850,2</b>	<b>902,2</b>	<b>100,0</b>

Fontes: Elaboração própria, com base em FERREIRA (1989a) e Anuário Estatístico da Siderurgia Brasileira (vários números).

Notas:

(1) Produção em milhões de toneladas

(2) Inclui 147,9 milhões de toneladas em 1980, referente à ex-URSS.

A Ásia, mesmo excluindo o Japão, aumentou ainda mais fortemente sua parcela na produção mundial, de cerca de 1,5% em 1952 para quase 5,8% em 1974 (FERREIRA, 1989a:63) e 31,7% em 2002. Esse desempenho é fortemente relacionado à evolução da produção siderúrgica da

China, maior produtor mundial desde 1996,<sup>40</sup> e, em menor medida, da Índia, da Coreia do Sul e de Taiwan.

O crescimento acelerado do consumo de aço nas economias emergentes induziu à execução durante as décadas de 70 e 80 de grandes projetos de expansão de seus parques siderúrgicos, no bojo dos quais foi implantada uma indústria bastante moderna.

Por outro lado, em resposta ao excesso estrutural de oferta e à rápida expansão da produção siderúrgica nos países em desenvolvimento, os produtores siderúrgicos das economias centrais desativaram parcela importante de suas instalações na área de redução, tendendo a se concentrar na produção de produtos mais nobres e de maior valor agregado, cujos preços são melhor defendidos em períodos de recessão. Assim, este movimento de deslocamento da produção siderúrgica para os países em desenvolvimento tem sido mais forte na produção de aços semi-acabados.

Dito de outra forma, são prioritariamente os primeiros estágios da fabricação do aço que têm se dirigido em grande escala para os países em desenvolvimento, enquanto os estágios finais, de maior conteúdo tecnológico e agregação de valor, têm em geral permanecido nos países avançados. São bastante freqüentes os casos de investimentos – inclusive de capital externo – restritos às etapas de acabamento nos países desenvolvidos. Nesse contexto, a indústria siderúrgica das economias em desenvolvimento – mais concentrada na produção e exportação de produtos semi-acabados e laminados a quente – tornou-se fornecedora potencial para as economias desenvolvidas.

A consolidação constitui uma tendência relevante da siderurgia mundial, diretamente relacionada à internacionalização patrimonial, pois em função desta, os limites da consolidação extrapolam o escopo nacional, alcançando a dimensão continental e até mesmo global.

PAULA (2002; 2003a) identificou os mecanismos que vêm estimulando a consolidação na siderurgia. De um lado, encontram-se aqueles que podem ser denominados de “motivadores”, ao induzirem as siderúrgicas a considerarem fusões e aquisições, como uma necessidade cada vez

---

<sup>40</sup> Em 1990, a China produziu 66,3 milhões de toneladas, o equivalente a 8,6% do total mundial. Em 2003, a participação relativa da siderurgia chinesa na produção siderúrgica mundial foi de 22,8%, ao alcançar um volume de 220,1 milhões de toneladas. O crescimento acumulado da produção siderúrgica chinesa no período 1990-2003 foi, portanto, da ordem de 232,0%. Dito de outra forma, ao se excluir a China, a produção siderúrgica mundial teria crescido anualmente meros 0,4% no período 1990-2003.



mais premente, destacando-se: (a) consolidação de fornecedores, concorrentes e consumidores<sup>41</sup>; (b) a prolongada estagnação da produção mundial, que ao impor limites ao crescimento, acabou restringindo a capacidade de diluição dos custos fixos por meio do incremento da produção. Diante do esgotamento das possibilidades de reestruturação produtiva no âmbito de uma usina, o passo seguinte foi tentar promover uma maior especialização produtiva entre as usinas, facilitada pelas fusões e aquisições; (c) preços cíclicos e com tendência de queda real no longo prazo, reforçando a pressão sobre as empresas siderúrgicas para a redução de custos. De outro, existem aqueles que podem ser “dinamizadores”, no sentido de viabilizarem esse processo de consolidação, tais como: (a) privatização em vários países; (b) a política industrial adotada nos países industrializados<sup>42</sup> e; (c) a maior difusão das usinas semi-integradas e unidades de galvanização.

Cabe observar que do ponto de vista patrimonial, o nível de internacionalização da siderurgia foi historicamente dos mais baixos da indústria de transformação. As empresas líderes dos países industrializados normalmente limitavam suas estratégias de internacionalização produtiva a operações dedicadas ao suprimento de matérias-primas (MARTIN, 1985). Mesmo a reestruturação concentradora da siderurgia européia nas décadas de 70 e 80 ocorreu quase sempre em bases nacionais, com incorporação das empresas menores aos grupos líderes de cada país, freqüentemente controlados pelo Estado naquele período (MARQUES, 1990).

PINHO (2001) salientou que se deve procurar entender o histórico de escassa internacionalização das empresas siderúrgicas com base num conjunto de elementos que caracterizavam a indústria nas duas décadas que se seguiram ao final da 2<sup>a</sup> Guerra Mundial, período em que o processo de transnacionalização do capital produtivo em outros setores industriais avançou fortemente:

---

<sup>41</sup> A siderurgia é uma indústria menos concentrada do que alguns dos seus principais fornecedores (mineradoras e fabricantes de equipamentos metalúrgicos) e consumidores (indústrias automobilística, naval e petrolífera, dentre outros). Nessas condições, seu poder de barganha é fortemente afetado pela consolidação que ocorre nestes setores. Tome-se como exemplo a consolidação na mineração de ferro no período 1997-2001. Esse intenso processo teve como protagonistas a Companhia Vale do Rio Doce (CVRD) e a britânica Rio Tinto. PAULA (2002:28) salientou que se todas as operações viessem a ser aprovadas pelas autoridades antitrustes, a participação das três maiores empresas no comércio transoceânico de minério de ferro (CVRD, Rio Tinto e BHP-Bilition) passaria de 47,5% (em 1996) para 71,4% (com base nos dados do ano 2000). Em termos de produção, a participação das três maiores empresas alcançaria aproximadamente 30%.

<sup>42</sup> PAULA (1998) observou que dentre as 37 empresas siderúrgicas desestatizadas em 22 países no período 1984-1997, em 30% dos casos ela implicou aumento da concentração doméstica e em 45% deles, recebimento de investimentos diretos estrangeiros. Por outro lado, a política industrial levada a cabo no âmbito da União Européia, desde a década de 80, vem estimulando o encerramento da capacidade produtiva e, assim, favorecendo a concentração do setor (MARQUES, 1990; PAULA, 2002).

(1) A siderurgia dos países desenvolvidos, do final da 2ª Guerra até meados dos anos 70, se encontrava pressionada simultaneamente pelos imperativos de expandir a capacidade para acompanhar o crescimento do mercado e de modernizar a capacidade instalada, com a adoção das novas tecnologias do conversor ao oxigênio e lingotamento contínuo.

(2) O papel fundamental que a siderurgia ocupava na produção metal-mecânica e seu caráter estratégico do ponto de vista da fabricação de equipamentos militares impunham fortes tensões à operação no setor e implicavam riscos particularmente altos para inversões no exterior.

(3) As características técnicas da siderurgia não só tornavam obrigatória a implantação de usinas de grande porte mas também dificultavam a utilização de um expediente largamente empregado em outros setores para baratear o investimento no exterior: a transferência de equipamentos usados da matriz para as filiais.

PAULA (1999) sugeriu que somente a partir da década de 80 a indústria siderúrgica passaria por algumas transformações que induziriam à intensificação do investimento extra-fronteira: (a) as privatizações permitiram às empresas adquirentes operar estruturas produtivas em outros países com um investimento inferior ao requerido para instalar nova capacidade produtiva; (b) a consolidação das mini-usinas, que se qualificaram para operar até mesmo no segmento de aços planos, implicou generalizada diminuição do tamanho mínimo para operar eficientemente no setor, o que, novamente, significa redução dos investimentos comparativamente à alternativa convencional de uma usina integrada a coque; (c) o grande dinamismo de algumas faixas específicas de mercado, como as chapas galvanizadas, abriu a oportunidade para as empresas investirem em apenas uma etapa do processo, dispensando a construção de usinas inteiramente novas<sup>43</sup>. Todos esses três fatores diminuiriam o volume de capital a ser imobilizado e atenuaram os elevados *sunk costs* característicos do setor.

---

<sup>43</sup> Efetivamente, a década de 80 testemunhou um movimento sem paralelo de associação entre empresas japonesas e norte-americanas, sempre para operações em território dos EUA. De acordo com PAULA (1994), estes investimentos se efetivaram de três formas principais: (a) a aquisição de uma participação acionária em uma empresa que já operava pelo processo integrado; (b) construção de novas plantas de laminação a frio e acabamento, com destaque para galvanizadoras; e (c) instalação de novos centros de serviços. As principais iniciativas foram a montagem de dez novas unidades de acabamento, quase sempre sob a forma de *joint-ventures* com produtores locais, e a aquisição do controle acionário de cinco usinas e participação minoritária em outras duas. Citando LOVATT (1991), PAULA (1994) avaliou que um quarto da produção norte-americana de aço no início da década de 90 provinha de unidades vinculadas a capital japonês. As motivações estratégicas declaradas das siderúrgicas japonesas nos EUA eram atender às montadoras japonesas que se instalavam naquele país e contornar as barreiras à importação impostas pelo governo dos EUA (ROSEGER, 1992 *apud* PINHO 2001), mas no caso da aquisição de empresas já existentes é possível que tenham buscado também aproveitar as oportunidades provenientes do quadro de dificuldades que as empresas vendidas enfrentavam.

Ao analisar o alcance geográfico das transações envolvidas nos processos de privatização na Europa e na América Latina nos anos 90, PINHO (2001) constatou que na primeira metade da década, quando ocorreu a maior parte das privatizações, as transações tiveram caráter eminentemente nacional. Nos anos subseqüentes, ganharam destaque operações “continentais”, em que empresa compradora e vendida são de países diferentes mas do mesmo continente, e “globais”, em que empresa compradora e vendida são de países e continentes distintos. Movimentos prévios de centralização de capitais ocorreram em vários países, tanto nas situações em que a siderurgia estava sob comando estatal quanto naquela em que o controle era privado. Assim, na segunda metade da década de 90 o processo de internacionalização na siderurgia alcançou um novo patamar, notadamente no caso europeu. Uma vez exauridas as possibilidades de rearranjos em escala nacional, o processo de reestruturação da siderurgia européia entrou num novo estágio, em que as iniciativas tenderam a se desenvolver em escala regional<sup>44</sup>. Em alguns casos, a trajetória de expansão das líderes da siderurgia européia acabou por transcender o território do velho continente. A British Steel controla uma mini-usina e constituiu uma *joint-venture* para construir uma nova planta de aços planos nos EUA. Mais significativamente, a Usinor adquiriu a norte-americana J&L e uma posição dominante nas brasileiras Acesita e CST, ao passo que a Arbed ampliou sua participação no capital da Belgo-Mineira.

O movimento mais significativo no processo de consolidação da siderurgia mundial teve como protagonistas os grupos Usinor, Arbed e Aceralia, que realizaram uma associação integral de suas atividades em 2001, formando o grupo Arcelor. Empregando 98.000 pessoas, o Arcelor é o maior conglomerado de aço do mundo, com produção de 44 milhões de toneladas de aço bruto e faturamento de 26 bilhões de euros no ano de 2003 (ARCELOR GROUP, 2004).

Naquele mesmo ano, as japonesas NKK e Kawasaki Steel anunciaram a fusão de suas operações, dando origem ao maior grupo siderúrgico japonês, com uma capacidade de produção conjunta de 25 milhões de toneladas/ano no país de origem e de 33 milhões de toneladas/ano se se considera sua capacidade produtiva no exterior. O acordo entre a Kawasaki Steel e a NKK previu a criação de uma *holding* em outubro de 2002, a JFE Holdings por meio da troca de ações entre as duas

---

<sup>44</sup> Assim é que a francesa Usinor incorporou a italiana Arvedi, a alemã (ex-oriental) EKO, as belgas Fabrique de Fer Charleroi e Cockerill Sambre, além de liderar o consórcio que adquiriu a divisão de aços planos da portuguesa Siderúrgica Nacional. O grupo Arbed foi também muito ativo, incorporando sucessivamente as alemãs Klockner e Bremen, as espanholas CSI e Aceralia e a belga ALZ. Além disso, no ano de 1999 a British Steel se fundiu com a holandesa Hoogovens originando o maior grupo siderúrgico da Europa e o terceiro maior do mundo, o Corus.

empresas e a reorganização de suas operações em várias divisões de negócios até abril de 2003 (PINHO e OLIVEIRA, 2002).

Não obstante seu vigor, o processo de fusões e aquisições na siderurgia não parece ter tido ainda uma extensão suficientemente abrangente para alterar de forma expressiva o grau de concentração desta indústria em nível mundial. PAULA (2003a) observou que a participação conjunta dos cinco maiores grupos siderúrgicos mundiais passou de 12,3% (em 1990) para 15,9% (em 2001) e 16,7% (em 2002). Nesse último caso, ainda não foi considerada a fusão que deu origem a JFE. De toda forma, a intensidade desse processo é bastante diferenciada em termos de regiões. Segundo este mesmo autor (PAULA, 2002:29-30), a participação das quatro maiores empresas (C4) na produção de aço bruto norte-americana regrediu de 54% (em 1973) para 37% (no ano 2000). Na Europa Ocidental (Europa dos 12), ao contrário, este índice elevou-se de 36% (em 1973) para 57% (em 1999), mantendo-se nesse patamar no ano subsequente. No Japão, embora o C4 tenha diminuído de 72% para 60% ao longo do período analisado, considera-se que essa queda seja superestimada, pois apesar das usinas integradas a coque terem perdido participação de mercado – tem havido uma redução quase contínua da produção da Nippon Steel e suas principais congêneres japonesas – isto foi parcialmente compensado pelo fato de elas serem em vários casos controladoras de mini-usinas.

Da discussão anterior, pode-se chegar a três conclusões: (1) houve intensificação da consolidação patrimonial na siderurgia mundial nas últimas décadas; (2) o grau de internacionalização patrimonial da siderurgia aumentou bastante nas duas últimas décadas, cabendo particular destaque aos intensos esforços de três das empresas líderes da siderurgia européia – Usinor e Arbed e British Steel – a partir de 1995; (3) as mudanças em curso não tiveram, até o momento, um impacto muito significativo no grau de concentração da indústria em nível mundial. Um corolário deste último argumento é a afirmação de que nenhuma das três empresas destacadas tem a estrutura típica da multinacional globalizada que se observa em outros setores. São essencialmente empresas transnacionais européias com algumas atividades em outro continente.

Poder-se-ia supor que ao movimento de consolidação da siderurgia corresponderia um movimento de centralização da função tecnológica de modo a otimizar o uso de recursos já alocados a esse fim na estrutura das matrizes. Entretanto, estudos anteriores (PINHO e LOPES, 2000; PINHO e OLIVEIRA, 2002) sustentaram o argumento de que os movimentos recentes de

concentração e internacionalização ocorridos nesta indústria não incluíam o desenvolvimento daquelas redes produtivas hierarquizadas entre as filiais e matrizes tão características de setores em que predominam processos produtivos de montagem. Como algumas das características das trajetórias tecnológicas em curso na siderurgia tendem a acentuar o caráter de processamento contínuo dos processos de fabricação do aço, os movimentos de internacionalização neste setor parecem enfatizar mais a exploração de ativos patrimoniais e o acesso a mercados do que a formação de estruturas de produção propriamente globalizadas. Existe ainda assim um espaço não desprezível para esquemas que envolvam laminação e/ou acabamento em unidades mais próximas do cliente final do aço. A motivação principal em ambos os casos é habilitar-se a disputar mercados importantes, mas alguns dos investimentos feitos em países emergentes incluem a perspectiva de dispor de uma base de produção competitiva de semi-produtos de menor grau de elaboração.

### **Considerações Finais**

O exame da dinâmica tecnológica da indústria siderúrgica permite destacar como aspectos centrais: (a) a maturidade tecnológica do setor; (b) as estratégias tecnológicas mais conservadoras frente às firmas de setores tecnologicamente dinâmicos, decorrentes não apenas da maturidade das trajetórias tecnológicas desta indústria e da correspondente exaustão das oportunidades para a inovação, mas também dos efeitos da enorme imobilização de capital típica das indústrias intensivas em escala; (c) a baixa apropriabilidade dos resultados de inovações, especialmente em tecnologia de processo. De toda forma, a apropriabilidade nula dos resultados do maior esforço realizado nas últimas décadas no desenvolvimento de aplicações do aço, o projeto ULSAB, constitui uma qualificação relevante aos efeitos da apropriabilidade da tecnologia de produto; (d) a importância crescente dos fornecedores de equipamentos e dos clientes no desenvolvimento tecnológico do setor; e (e) as iniciativas de cooperação em P&D.

São fortes as evidências de que o desenvolvimento tecnológico na siderurgia, principalmente no caso da tecnologia de processo, depende cada vez mais de atores não especificamente siderúrgicos. É razoável supor que importantes tendências em curso na indústria produtora de equipamentos metalúrgicos, quais sejam, consolidação e dissociação societária em relação às empresas siderúrgicas, reforcem o foco dos esforços de P&D siderúrgicos em aperfeiçoamento e

desenvolvimento de produtos e aplicações, relegando ainda mais o desenvolvimento de novos processos aos fabricantes de bens de capital e às empresas de engenharia.

Cabe recuperar também os aspectos fundamentais da evolução recente do desempenho e da estrutura da siderurgia mundial. O crescimento modesto da demanda global de produtos siderúrgicos e a configuração de um quadro de sobrecapacidade são traços marcantes do setor nas últimas três décadas. As características da reestruturação por meio da qual se procurou enfrentar a crise na siderurgia mundial foram as seguintes: (a) redução da capacidade produtiva; (b) reorganização empresarial, com um intenso movimento de fusões e aquisições, especialmente na siderurgia européia; (c) enobrecimento do *mix*; (d) compactação sistemática das instalações e automação de processos; (e) diversificação em direção a outras atividades; (f) concentração da produção de produtos mais nobres e de maior valor agregado nas economias centrais e deslocamento em grande escala dos primeiros estágios da fabricação do aço (produção de semi-acabados) para os países em desenvolvimento; e (g) reforço das barreiras protecionistas.

Finalmente, vale observar que além de relativamente recentes, os movimentos de consolidação e internacionalização dos grupos siderúrgicos não parecem estar estabelecendo redes produtivas hierarquizadas entre as diversas filiais e matrizes tão características de setores em que predominam processos produtivos de montagem. Resulta, portanto, um movimento de internacionalização que enfatiza muito mais a exploração de ativos patrimoniais e o acesso a mercados do que elementos de estratégia de produção de formação de estruturas globalizadas.



## Capítulo 2: Privatização e Reestruturação na Siderurgia Brasileira

Este capítulo aborda as transformações ocorridas na siderurgia brasileira na década de 90. Seu objetivo é discutir os movimentos de reorganização produtiva ensejados pelas desestatizações nesta indústria, de modo a se compor um quadro de referência para o exame das repercussões da conduta estratégica das siderúrgicas brasileiras no âmbito do processo de reestruturação setorial sobre as capacidades tecnológicas destas empresas. As duas primeiras seções, após recapitulação dos traços essenciais da evolução da siderurgia na década de 80, discutem as mudanças patrimoniais e a redefinição das estratégias das empresas siderúrgicas associadas à desestatização e uma segunda fase da reestruturação, marcada pela consolidação de sua estrutura de capital. Nas seções subseqüentes, examinam-se a retomada dos investimentos e as conseqüências das transformações por que passou a siderurgia brasileira na década de 90 para a dinâmica concorrencial e para a competitividade externa da siderurgia brasileira.

### 2.1. Mudanças Patrimoniais e Consolidação da Base Acionária no Pós-Privatização

Os traços marcantes da evolução da siderurgia estatal no período de 1974 a meados da década de 80 são os esforços de ampliação e modernização de sua capacidade produtiva e o desequilíbrio econômico-financeiro das empresas.

No marco do II Plano Nacional de Desenvolvimento (II PND), o Programa Siderúrgico Nacional II (PSN II) previa para o período 1974/80 investimentos da ordem de US\$ 15,2 bilhões e um aumento da capacidade instalada das usinas estatais de planos de 4,1 milhões de toneladas/ano de aço bruto após conclusão do estágio I, para 11,6 milhões com a implantação do estágio III, além da instalação de mais duas usinas produtoras de semi-acabados, CST e Açominas<sup>45</sup>, com capacidades de 3,0 e 2,0 milhões de toneladas/ano de aço bruto (PASSANEZZI FILHO, 1992). Estes investimentos quadruplicariam a capacidade estatal existente e responderiam por mais de 70% do acréscimo de capacidade previsto para o setor siderúrgico<sup>46</sup>.

---

<sup>45</sup> PAULA e FERRAZ (1990) salientaram que os projetos da Açominas e da CST atestavam uma opção na contramão da tendência internacional, pela escolha do aumento da oferta de semi-acabados, produtos de baixo valor agregado, ao invés do investimento no enobrecimento da pauta produtiva, incrementando a oferta de aços especiais, como os casos japonês e alemão.

<sup>46</sup> A Siderbrás, *holding* responsável pelo planejamento e coordenação das estatais siderúrgicas, investiu entre 1974 e 1985 cerca de US\$ 16,6 bilhões, quase 80% do investimento total realizado no setor (BATISTA, 1988).



A ampliação da capacidade produtiva do parque siderúrgico brasileiro buscava substituir importações que chegaram a atingir 40% do consumo interno de aço em 1974 e dar competitividade internacional ao setor, de modo a promover as exportações de aço e de produtos intensivos no seu consumo (BATISTA, 1988).

O quadro 2.1 registra o aumento da capacidade instalada em cada um dos três estágios, bem como as datas planejadas e efetivas de sua conclusão. Depreende-se que os atrasos em relação ao cronograma inicial foram a regra geral, postergando-se de modo significativo as metas originais.

Quadro 2.1. Evolução Prevista da Capacidade Instalada do Grupo Siderbrás (PSN II)

	Capacidade (mil toneladas)	Término	
		Previsto	Efetivo
CSN - I Estágio	1.700	1973	1977
CSN - II Estágio	2.500	1976	1978
CSN - III Estágio	4.600	1981	1983
Usiminas - I Estágio	1.400	1974	1974
Usiminas - II Estágio	2.400	1975	1976
Usiminas - III Estágio	3.500	1978	1982
Cosipa - I Estágio	1.000	1973	1976
Cosipa - II Estágio	2.300	1975	1978
Cosipa - III Estágio	3.500	1979	1989
CST	3.000	1982	1983
Açominas	2.000	1981	1986

Fontes: Elaboração própria com base em PASSANEZI FILHO (1992:08); PAULA (2002:77)

Não obstante, os resultados alcançados foram bastante expressivos. Conforme BATISTA (1988:01-02), a capacidade de produção brasileira de aço bruto saltou de 8,6 milhões de toneladas/ano em 1974, para cerca de 23 milhões de toneladas/ano em 1986. Os investimentos na siderurgia foram responsáveis por cerca de 4,6%, em média, do total da formação bruta de capital fixo no Brasil entre 1974 e 1983, ou cerca de 20% do investimento na indústria de transformação. Procedeu-se também à inversão do desequilíbrio comercial setorial, que passou de um déficit de US\$ 1,5 bilhão em 1974 para um superávit de cerca de US\$ 350 milhões já em 1979 (PINHO, 2001). Cabe observar que foram obtidas melhorias muito significativas no tocante à produtividade, consumo de energia e adoção de tecnologias modernas, como o lingotamento contínuo e o conversor ao oxigênio (MACIEL, 1998, *apud* PINHO, 2001:165).

O aumento da capacidade produtiva deu-se em paralelo ao arrefecimento da demanda interna de aço em termos absolutos no período 1980-1989, for força do ajuste macroeconômico recessivo. Tal descompasso entre consumo e produção só foi possível em função da reorientação das vendas para o exterior, que fez o coeficiente de exportações nesse período saltar de 12,2% para 47,4%

(PINHO, 2001:10). Segundo o autor, ainda que, de maneira geral, a inserção externa tenha sido calcada na prática de preços inferiores aos que prevaleciam no mercado interno e numa pauta de produtos em que predominavam itens de baixo valor agregado, as exportações foram, numa conjuntura doméstica marcada por instabilidade e estagnação, a válvula de escape para a realização do potencial produtivo significativamente ampliado.

As causas da deterioração econômico-financeira das siderúrgicas estatais na década de 80, ademais dos problemas de gestão<sup>47</sup>, foram diagnosticadas em vários estudos sobre o setor (BATISTA, 1988; PAULA e FERRAZ, 1990; BATISTA e CORREIA, 1991; PASSANEZI FILHO, 1992) e sintetizadas por PINHO (2001:11):

- (a) contenção dos preços domésticos pelo CIP (Conselho Interministerial de Preços) e seus sucessores, com objetivos nos campos do combate à inflação e da promoção das exportações;
- (b) mal direcionamento ou superdimensionamento de alguns projetos de investimento, cujos exemplos mais acabados foram a ausência de lingotamento contínuo em duas das novas usinas (CST e Açominas) e a superestimativa da demanda por perfis médios e pesados, que levou a Açominas a adquirir linhas de laminação que jamais chegaram a ser instaladas;
- (c) elevado custo de capital, fruto do alto preço dos equipamentos nacionais e de recorrentes atrasos na execução dos projetos, fatores que inflaram as despesas pré-operacionais e os encargos financeiros;
- (d) padrão inadequado de financiamento das inversões, com a excessiva dependência de empréstimos externos, provocando grande exposição ao risco de elevações nos juros internacionais;
- (e) sujeição a cartéis de distribuição e transporte;
- (f) crise internacional da siderurgia que deprimiu os mercados externos de aço no momento de maturação dos investimentos.

Como resultado de todos estes fatores, ao final de 1986, a dívida total da *holding* Siderbrás era da ordem de US\$ 17,2 bilhões (PASSANEZZI FILHO, 1992:22). Essas dificuldades financeiras do setor levaram a uma queda dos investimentos na siderurgia, que passaram a US\$ 0,5 bilhão

---

<sup>47</sup> Cumpre mencionar a existência inquestionável de diferenças de comportamento entre as empresas. Açominas, de um lado, e Usiminas, de outro, parecem ser os exemplos paradigmáticos (PASSANEZZI FILHO, 1992:13).

anuais na média entre 1984 e 1986, quando haviam sido de US\$ 2,7 bilhões em média entre 1978 e 1982 (BATISTA, 1988:03).

As medidas adotadas para sanar o problema foram as seguintes: (a) Plano de Saneamento do Sistema Siderbrás; (b) tentativas de realinhamento tarifário e; (c) privatização das empresas de pequeno e médio porte, produtoras de aços longos. Conforme PASSANEZZI FILHO (1992:42-47), as diretrizes financeiras do saneamento para as usinas do Sistema Siderbrás foram amplamente implementadas, embora as medidas adotadas não tenham sido rigorosamente aquelas constantes do plano e o repasse de recursos da União à Siderbrás tenha ficado 24% abaixo do previsto. Como um todo, a *holding* assumiu dívidas das empresas da ordem de US\$ 7,7 bilhões, o equivalente a 61% do endividamento registrado nos balanços de 1986.

A percepção de que as pequenas e médias siderúrgicas produtoras de longos operavam num mercado não estratégico e majoritariamente privado, colocou a privatização como a melhor opção de política para essas empresas. A implementação dessa estratégia ocorreu em 1988 com a criação do Programa Federal de Desestatização. Nesse período, privatizaram-se três controladas da Siderbrás (Cosim, Cofavi e Usiba) e duas subsidiárias do BNDES (Cimetal e Nossa Senhora Aparecida), reduzindo a participação estatal na oferta de aços longos dos 16% anteriores para apenas 4,3% (PASSANEZZI FILHO, 1992:35). Na medida em que essas usinas, à exceção da Usiba e da Piratini, não se caracterizaram originariamente por investimentos estatais, tendo sido absorvidas pelo Estado em situações de crise financeira, tais operações são comumente denominadas reprivatizações<sup>48</sup>. O quadro 2.2 resume as principais informações sobre essas transações, incluindo também a Piratini e a Cosinor, que a rigor só foram privatizadas na década de 90.

---

<sup>48</sup> PINHO (2001:13) observou que embora as reprivatizações tenham um porte modesto em comparação com as operações verificadas na primeira metade da década de 90, suas repercussões sobre a estrutura industrial não foram irrelevantes. Primeiramente porque, embora pequenas, essas empresas eram responsáveis por parcela expressiva da capacidade produtiva dos segmentos em que se inseriam. As três produtoras de longos comuns privatizadas nesse período respondiam por 13% do segmento. Em segundo lugar, apesar da aquisição da Cosim e da Cofavi ter viabilizado a entrada na produção industrial siderúrgica de um novo agente, o grupo Duferco, anteriormente dedicado à distribuição de aço, as reprivatizações como um todo contribuíram para a tendência de concentração da estrutura empresarial. De fato, propiciaram a elevação do poder de mercado dos maiores grupos siderúrgicos privados do país, Gerdau e Villares, e um processo de reestruturação produtiva na direção de uma maior especialização de algumas unidades pertencentes a estes grupos. Reservamos a análise dos movimentos de reorganização produtiva ensejados pelo processo de desestatização para o tópico 2.2.

Quadro 2.2. Siderúrgicas de Menor Porte Privatizadas no Brasil (1988-1992)

Empresa	Estrutura Produtiva	Capacidade (mil toneladas)	Data venda	Técnica Privatização	Valor Venda (US\$milhões)	Capital total vendido	Principais adquirentes em relação ao capital votante
Cosim	Planta de tubos	36	Set. 88	Venda ativos	4	-	Duferco
Cimetal	Int.Carvão Vegetal	200	Nov. 88	Venda ativos	59	-	Gerdau e outros
Cofavi	Semi-integrada	500	Jul. 89	Leilão	8	100	Duferco
Usiba	Int.Redução Direta	350	Out. 89	Leilão	54	100	Gerdau
Cosinor	Semi-integrada	100	Nov. 91	Leilão	15	100	Gerdau
Piratini	Semi-integrada	236	Fev. 92	Leilão	107	73	Gerdau

Fonte: PAULA (2002:86)

O quadro 2.3. retrata a situação da siderurgia brasileira quanto à distribuição do controle por grupos empresariais em 1990, às vésperas, portanto, do Plano Nacional de Desestatização (PND). No que se refere ao segmento de atuação das empresas siderúrgicas, constata-se que havia até o final da década de 80 uma nítida divisão entre o segmento de aços planos, completamente dominado pelas usinas estatais e os segmentos de longos comuns e especiais, nos quais a iniciativa privada respondia pela maior parte da produção. Esta configuração técnica da indústria siderúrgica brasileira derivava de uma certa divisão de trabalho, na qual coube ao Estado a produção de laminados planos, caracterizados por maiores requisitos de escala e capital. Assim, as empresas estatais – CSN, Cosipa e Usiminas – controlavam 100% da produção de aços planos. No segmento de aços planos especiais, a estatal Acesita controlava 100% da produção no Brasil, do mesmo modo que eram estatais as usinas com produção diretamente voltada para a venda de semi-acabados (CST e Açominas).

Já a produção de laminados longos era dominada por capitais privados. Em longos especiais, atuavam três grupos privados – Villares, Mannesmann e Eletrometal – e ainda a estatal Piratini, ao passo que em longos comuns eram onze os concorrentes privados, além da estatal Cosinor. Não obstante, já era pronunciada a concentração da estrutura empresarial neste último segmento: os três maiores grupos nele operantes – Gerdau, Belgo-Mineira e Mendes Júnior – controlavam 70% da capacidade de laminação do segmento (PINHO, 2001). De toda forma, pode-se também comparar o total de 14 grupos privados atuantes na produção de aços longos em 1990 com os cerca de 30 identificados por FERREIRA (1987 *apud* PINHO, 2001:14) relativamente a 1966.

Quadro 2.3. Empresas e Grupos de Controle na Siderurgia Brasileira em 1990

Empresa	Grupo de Controle	Unidade Produtiva	Principais Linhas de Produtos	Capacidade (mt/ano)	
				Aciaria	Laminação
Açominas CST	Estatal	Ouro Branco, MG	Semi-acabados	2.100	
	Estatal	Serra, ES	Semi-acabados	3400	
CSN	Estatal	Volta Redonda, RJ	Planos comuns	4.600	4.840
Cosipa	Estatal	Cubatão, SP	Planos comuns	3.900	3.100
Usiminas	Estatal	Ipatinga, MG	Planos Comuns	4.200	3.600
Acesita	Estatal	Timóteo, MG	Planos e Longos Especiais	850	840
Aços Villares	Villares	São Caetano do Sul, SP	Longos Especiais	100	42
Anhangüera	Villares	Mogi das Cruzes, SP	Longos Especiais	360	300
Ipanema	Villares	Sorocaba, SP	Longos Especiais	120	100
Vibasa	Villares	Pindamonhangaba, SP	Longos Especiais	420	400
Piratini	Estatal	Charqueadas, RS	Longos Especiais	240	210
Eletrometal	Independente	Sumaré, SP	Longos Especiais	64	18
Mannesmann	Mannesmann	Belo Horizonte, MG	Longos Especiais	955	1.085
	Mannesmann	São José dos Campos, SP	Longos Comuns		120
Açonorte	Gerdau	Recife, PE	Longos Comuns	260	260
Cearense	Gerdau	Maracanaú, CE	Longos Comuns	87	77
Comesa	Gerdau	Atalaia, AL	Longos Comuns	48	44
Cosigua	Gerdau	Rio de Janeiro, RJ	Longos Comuns	1.100	1.045
	Gerdau	Nova Iguaçu, RJ	Longos Comuns	325	
Guafra	Gerdau	São Gonçalo, RJ	Longos Comuns		130
	Gerdau	Barão de Cocais, MG	Longos Comuns	240	120
	Gerdau	Araucária, PR	Longos Comuns	420	
Riograndense	Gerdau	Curitiba, PR	Longos Comuns		130
	Gerdau	Sapucaia do Sul, RS	Longos Comuns	300	605
Usiba	Gerdau	Simões Filho, BA	Longos Comuns	350	300
Belgo-Mineira	Belgo-Mineira	João Monlevade, MG	Longos Comuns	1.000	1.100
Dedini	Dedini	Piracicaba	Longos Comuns	330	300
Cofavi	Duferco	Cariacica, ES	Longos Comuns	410	260
Cosinor	Estatal	Cabo, PE	Longos Comuns	84	100
Aliperti	Independente	São Paulo, SP	Longos Comuns	400	360
C.B.Aço	Independente	São Paulo, SP	Longos Comuns	81	70
Ferroeste	Independente	Contagem, MG	Longos Comuns	130	96
Itaunense	Independente	Itaúna, MG	Longos Comuns	150	144
Pains	Korf	Divinópolis, MG	Longos Comuns	450	360
	Korf	Contagem, MG	Longos Comuns		60
Mendes Júnior	Mendes Júnior	Juiz de Fora, MG	Longos Comuns	600	1.200
Barra Mansa	Votorantim	Barra Mansa, RJ	Longos Comuns	420	310

Fonte: IBS (1991 *apud* PINHO, 2001:15)

A participação de capital estrangeiro é outro aspecto relevante da caracterização da indústria siderúrgica ao final da década de 80. A presença de empresas estrangeiras se restringia aos grupos Arbed, Mannesmann, Korf e a participações minoritárias em *joint-ventures* na constituição do parque siderúrgico nacional (Usiminas e CST). Eram três as siderúrgicas caracterizadas por controle externo. A luxemburguesa Arbed detinha posição hegemônica mas

não estritamente majoritária na Belgo-Mineira (16% do capital total e 25% do capital votante), ao passo que na subsidiária Mannesmann um controle mais direto era exercido pelo grupo alemão homônimo que possuía cerca de 76% do seu capital. Além desses casos mais notórios, cabe registrar que o grupo alemão Korf deteve participação acionária relevante na Pains entre 1976 e 1993 e que a também alemã Thyssen foi sócia do Gerdau na Cosígua entre 1975 e 1978. Conforme PINHO (2001:14), da capacidade brasileira de produção de aço bruto, 8,4% cabiam às empresas estrangeiras. No caso de produtos laminados, a proporção era um pouco superior: 11,7%.

Além dessas posições de controle, cabe destacar as participações minoritárias importantes do capital japonês no consórcio Nippon Usiminas, uma associação de várias instituições capitaneada pela Nippon Steel, que detinha 40% do capital da Usiminas, e na constituição da CST. O projeto de implantação desta última siderúrgica correspondia a um empreendimento tripartite, no qual a composição acionária inicial era de 51% da Siderbrás, 24,5% da Kawasaki Steel e 24,5% da Ilva/Finsider (Itália).

A privatização, no âmbito do Programa Nacional de Desestatização (PND), constituiu-se no principal vetor de reestruturação da indústria siderúrgica brasileira na década de 90. Entre 1991 e 1993, foram transferidas para o controle privado as seis grandes usinas integradas que constituíam o núcleo da Siderbrás e as duas usinas de menor porte não alienadas na etapa das reprivatizações, quais sejam, Piratini e Cosinor. No momento da venda, a capacidade produtiva desse conjunto de empresas somava 19,6 milhões de toneladas/ano, o equivalente a 70% do parque siderúrgico brasileiro (ANDRADE *et alii*, 1999). O quadro 2.4 sintetiza as principais informações referentes às transações das siderúrgicas integradas.

Cabe observar que as privatizações realizadas na siderurgia brasileira tiveram uma pequena participação de capital estrangeiro. PINHO (2001:18) chamou a atenção para o fato de que a participação do capital estrangeiro montou a apenas 9,6% do total investido<sup>49</sup>. Conforme este

---

<sup>49</sup> A explicação que prevaleceu inicialmente para esse reduzido aporte de capital estrangeiro enfatizava as restrições originais do PND, que determinava um desconto de 25% sobre o valor de face dos títulos da dívida externa, a limitação da parcela estrangeira a um máximo de 40% do capital das empresas vendidas e a imposição de um prazo mínimo para a repatriação do investimento. PINHO (2001:19) salientou que tal interpretação foi colocada em xeque por duas razões. Primeiramente, o reconhecimento de que nada impedia os não residentes de recorrerem aos mercados domésticos de moedas de privatização se as condições financeiras assim fossem mais vantajosas do que com o uso de títulos da dívida externa. Em segundo lugar, o fato de que o relaxamento, a partir de 1993, das restrições quanto ao controle das empresas privatizadas e a duração mínima do investimento não tenha sido seguido de pronto aumento do interesse do capital estrangeiro. Há que se considerar, portanto, os condicionantes do processo de internacionalização desta indústria, examinados na seção 1.3. Nesse sentido, PINHO (2001:20) salientou que, ao que tudo indica,

mesmo autor, como contrapartida da escassa participação estrangeira, a liderança da privatização da siderurgia brasileira coube às instituições financeiras, responsáveis por 33,6% do valor investido no setor. Os fundos de pensão (15%) e empresas industriais nacionais (21,8%) também foram bastante ativos, embora nesse último caso, em proporção inferior à média registrada nos demais setores privatizados.

Quadro 2.4. Siderúrgicas Integradas Privatizadas no Brasil (1991-1994)

Empresa	Estrutura Produtiva	Capacidade (mil toneladas)	Data venda	Técnica Privatização	Valor Venda (US\$milhões)	Capital total vendido (%)	Principais adquirentes em relação ao capital votante
Usiminas	Integrada a coque	4.200	Out. 91	Leilão	1.461	70	Bozano Simonsen (7,6%), Outros bancos (20,6%), CVRD (15%), Previ (15%), Outros Fundos de Pensão (11,1%), Distribuidores (4,4%)
			Set. 94	Of. Pública	480	16	
CST	Integrada a coque	3.000	Jul. 92	Leilão	354	90	Bozano Simonsen (25,4%), Unibanco (20%), CVRD (15%)
Acesita	Int. carvão vegetal	850	Out. 92	Leilão	465	74	Previ (15%), Outros Fundos de Pensão (21,1%), Bancos (18,6%)
CSN	Integrada a coque	4.600	Abr. 93	Leilão	1.495	91	CVRD (9,4%), Vicunha (9,2%), Bamerindus (9,1%), Bradesco (7,7%), Outros Bancos (18,3%) e Fundos de Pensão (2,7%)
Cosipa	Integrada a coque	3.900	Ago. 93	Leilão	360	60	Usiminas (49,7%), Bozano (12,4%), Distribuidores (12,4%)
			1994	Of. Pública	226	24	
Açominas	Integrada a coque	2.400	Set. 93	Leilão	599	100	Mendes Jr. (31,7%), Villares (6,2%), Bancos do Estado de Minas Gerais (7,4%), CVRD (5%)

Fonte: PAULA (2002:86)

No que diz respeito aos movimentos estratégicos executados pelas empresas industriais nacionais, PINHO (2001) destacou a integração vertical para trás (8,2% do total investido na siderurgia brasileira) exemplificadas pelas participações minoritárias que distribuidoras de aço adquiriram na Usiminas, Cosipa e CSN e, principalmente, pela compra da maior parcela da Açominas pela Mendes Júnior. Já no caso das estratégias de expansão horizontal (10,3% do investido no setor), o destaque coube ao grupo Gerdau, que adquiriu integralmente as duas usinas de menor porte privatizadas no período, Cosinor e Piratini, e à Usiminas, que adquiriu quase a metade da Cosipa, aumentando em 93% sua capacidade de produção planos.

---

no início dos anos 90, o processo de internacionalização do capital na siderurgia ainda não estava suficientemente amadurecido para que se pudesse alavancar os investimentos necessários à absorção de siderúrgicas do porte das usinas integradas brasileiras.

A desestatização da siderurgia brasileira compreendeu também um importante caso de diversificação empresarial: a aquisição de uma parcela de 9,2% do capital da CSN, pelo grupo Vicunha, anteriormente dedicado essencialmente à indústria têxtil.

Os empregados, por sua vez, contribuíram com cerca de 4% do montante investido na siderurgia brasileira entre 1991 e 1994. Contudo, a parcela adquirida pelos funcionários no capital das siderúrgicas privatizadas foi bem maior, alcançando 14% das ações alienadas (PINHO, 2001). Essa diferença se explica pelas condições privilegiadas que lhes foram oferecidas, incluindo o maior desconto encontrado em um abrangente levantamento internacional das experiências de desestatização da siderurgia brasileira (PAULA, 1997b, 1998). Objetivava-se com essa medida remover a resistência dos trabalhadores ao processo de desestatização. Todavia, PAULA (1995 *apud* PINHO 2001:22) apresentou dados que indicavam que, decorrido um curto período de tempo, essa participação se reduzira em praticamente todas as siderúrgicas integradas privatizadas, ainda que numa extensão que variava bastante, de um mínimo de 13% na CSN a um máximo de 78% na CST. Essa tendência se acentuou inquestionavelmente no período recente (quadro 2.5).

Conforme PAULA (2002), a estrutura patrimonial da siderurgia brasileira no contexto pós-privatização pode ser caracterizada pelo binômio complexidade/instabilidade. Foram três os aspectos destacados pelo autor nesta linha de argumentação. Primeiramente, a participação acionária cruzada envolvendo a CVRD e a CSN. A CVRD possuía 9,9% do capital da CSN, que por sua vez, controlava 25,5% da *holding* Valepar, que detinha 52,2% da própria CSN. Um segundo aspecto importante era a participação direta ou indireta da CVRD no capital de cinco das seis maiores usinas siderúrgicas privatizadas (quadro 2.3). Por outro lado, a Acesita possuía 5,8% do capital votante da Aços Villares e 31% do capital votante da Indústrias Villares, que, por sua vez, controlava 50,1% da Aços Villares. Um terceiro ponto levantado pelo autor relaciona-se ao fato de que acionistas relevantes da siderurgia brasileira não eram empresas siderúrgicas: o Banco Bradesco e os fundos de pensão, especialmente o Previ. Este último fundo, em associação com outros fundos de pensão, controlava ainda 39,2% da Valepar, *holding* controladora da CVRD.

PAULA (2002) salientou que essa complexa estrutura patrimonial foi em grande medida derivada da modelagem e da técnica de privatização adotadas. Da utilização de leilões e da própria motivação da participação das instituições financeiras no processo de privatização – utilização



das chamadas “moedas podres” e revenda de ações com ganhos financeiros – resultou uma estrutura de controle compartilhado e sujeita a instabilidade. Assim, na segunda metade da década de 90, ocorreram importantes transações envolvendo compra e venda de parcelas do controle das empresas siderúrgicas brasileiras. O primeiro movimento a destacar diz respeito às instituições financeiras que na desestatização haviam assumido posições estratégicas na estrutura de capital da CST, CSN e Usiminas. Em contrapartida à venda das participações acionárias dos bancos, ocorreu o aumento da parcela detida por outros acionistas.

O grupo Vicunha foi o principal beneficiário da venda da participação do Bamerindus na CSN, embora ela tenha permitido também um aumento da participação do Previ e do Bradesco no controle da empresa. Com uma participação de 16% no capital da siderúrgica, a maior parte dos quais dentro do acordo de acionistas que regula o grupo controlador, o Vicunha tornou-se o principal controlador individual da empresa, assumindo posição estratégica em seu conselho de administração. A atuação do grupo na siderurgia desdobrou-se na aquisição de uma distribuidora de aço e na fabricação de latas de aço (PINHO, 2001). Após a operação de descruzamento acionário entre a CVRD e a CSN, realizada em 2001, o grupo Vicunha aumentou a sua participação nesta última empresa para 46%.

Na Usiminas, a saída do Bozano-Simonsen que exercia o papel de líder do bloco do controle acionário e dos bancos Econômico e BCN, criou as condições propícias para que a Nippon Usiminas aumentasse sua participação acionária no capital da empresa de 13,8 para 18,5%, ao mesmo tempo em que a Camargo Corrêa ingressou como acionista. Em 1998, outro grupo empresarial de porte se somaria à relação dos acionistas da Usiminas: o Votorantim.

Na CST, por sua vez, a venda de ações do mesmo Bozano-Simonsen e do Unibanco, em simultâneo à saída do grupo italiano Ilva/Finsider, provocou importantes mudanças na estrutura de capital da empresa. A Acesita, que não possuía participação prévia na CST, adquiriu uma participação de 24,5% no capital da empresa. Além disso, a japonesa Kawasaki Steel e a CVRD ampliaram suas parcelas direta e indiretamente, já que uma empresa controlada majoritariamente por ambas, a laminadora norte-americana Califórnia Steel, também participou da transação (PINHO, 2001).

Outra siderúrgica desestatizada que experimentou grandes mudanças em sua estrutura de capital foi a Açominas. Observe-se que o controle da maior parcela isolada de seu capital pela Mendes Júnior Siderurgia (31,7%), grupo vencedor na privatização<sup>50</sup>, engendrou uma grave crise na Açominas, oriunda de uma gestão desastrosa da controladora, que culminou no seu afastamento pelos demais acionistas, que assumiram a sua gestão e operação. A venda pelo grupo siderúrgico Villares de sua participação na empresa, adquirida pelo Clube de Empregados da Açominas (CEA), permitiu, ainda que de forma indireta, que o grupo Gerdau e a NatSteel (Cingapura) fossem incorporados em 1997 ao bloco de controle da Açominas (PAULA, 2002). Assim, a Açominas conseguiu ganhar uma base societária estável.

A partir de então, a parcela do Gerdau no capital da Açominas aumentou consistentemente por meio de aquisições de participações que bancos estaduais mineiros, CVRD e Banco Econômico tinham na empresa. A última movimentação ocorreu em 2002, quando o Gerdau adquiriu da NatSteel sua participação de 24,8% do capital social da Açominas. Com a transação, o Gerdau alcançou uma participação superior a 70% do capital social e a maioria qualificada no acordo de acionistas da Açominas, o que significa deter mais de 60% do bloco de controle<sup>51</sup>.

A partir da segunda metade da década de 90, a presença do capital estrangeiro na siderurgia brasileira aumentou significativamente em decorrência de aquisições, mas também de parcerias em novos projetos, como laminadoras, galvanizadoras e centros de serviço e, mais recentemente, em projetos de constituição de uma base exportadora de semi-acabados. Nesse sentido, PINHO (2001:52) mostrou que as siderúrgicas cujo controle do capital estava fora do País já respondiam no ano 2000 por 34% da capacidade efetiva de produção de aço bruto, ou seja, quatro vezes mais do que os 8% de dez anos antes.

Além da ampliação da participação da luxemburguesa Arbed no capital da Companhia Siderúrgica Belgo-Mineira (CSBM), de modo a perfazer 59,7% das ações ordinárias e 58,8% do capital total, importantes movimentos de internacionalização *inward* aconteceram na siderurgia

---

<sup>50</sup> PINHO e SILVEIRA (1998) salientaram que do ponto de vista da estrutura industrial, a transação envolvendo a Açominas e a Mendes Júnior Siderurgia era defensável posto que a usina semi-integrada da Mendes Júnior (Juiz de Fora, MG), a mais moderna de seu tipo no Brasil, dependia vitalmente de um suprimento diário de 1.200 ton. de tarugos pela Açominas para ocupar mais de 40% de sua laminação.

<sup>51</sup> PINHO (2001:49) salientou que o controle da Açominas é funcional para o Gerdau tanto por motivações estratégicas de cunho ofensivo quanto defensivo. De um lado, o acesso aos semi-acabados fabricados pela Açominas permite baratear o investimento requerido para eventuais projetos de expansão da capacidade, que podem assim se limitar às instalações de laminação. Por outro, controlando-se a Açominas, bloqueia-se o acesso aos concorrentes, efetivos e potenciais, à porta de entrada de menor custo no segmento de aços longos comuns.

brasileira. O episódio mais significativo foi a incorporação, em 1998, mediante aquisição de 38,9% de seu capital votante e 27,7% de seu capital total, da francesa Usinor ao grupo de controle da Acesita, que se encontrava em situação financeira frágil e, ao mesmo tempo, ocupando posição chave no capital da usina brasileira melhor posicionada para expansões imediatas, a CST (PINHO, 2001). Através da realização de um aporte de US\$ 720 milhões, a Usinor obteve, além da participação no capital da Acesita, uma parcela de 49,9% numa *holding* que passou a deter as ações da CST que anteriormente pertenciam à Acesita, a Aços Planos do Sul (APS). Os outros 50,1% desta *holding* couberam à própria Acesita (ANDRADE *et alii*, 1999:30). A participação atual da APS no capital da CST é a seguinte: 38,3% do capital total e 44,2% das ações ordinárias. Embora não detenha o controle isolado da Acesita, o Arcelor exerce o papel de operador na empresa. Por força de um acordo de acionistas, possui opção de compra das ações da Acesita em poder dos fundos de pensão como o Previ, podendo vir a efetivamente controlá-la em 2005.

Em junho de 2003, a CVRD e o Arcelor concluíram a compra da participação da Acesita na CST (50,1% da Aços Planos do Sul). O Arcelor e a CVRD participaram, cada um, com 50% do investimento, US\$ 205 milhões. Note-se que os 49,9% restantes da APS já se encontravam em poder do Arcelor, através da Sollac Participações Ltda. Assim, o Arcelor também exerce importante papel na direção estratégica da CST, embora compartilhasse decisões com dois importantes acionistas: Kawasaki Steel/JFE e CVRD. Em junho de 2004, o Arcelor exerceu opção de compra da participação da CVRD na CST (28% do capital total), passando efetivamente a controlá-la.

A Usinor executou outros investimentos para aprofundar sua inserção no mercado brasileiro, construindo uma unidade de laminação a frio e galvanização em São Francisco do Sul (SC). O empreendimento, denominado Vega do Sul, requereu a inversão de US\$ 420 milhões e conta atualmente com uma participação de 75% da Arcelor, sucessora da Usinor. Os 25% restantes cabem à CST, fornecedora de bobinas a quente para a Vega do Sul<sup>52</sup>. A capacidade de produção da nova unidade produtiva, que entrou em operação em julho de 2003, é de 800 mil toneladas/ano de laminados a frio e de 400 mil toneladas/ano de galvanizados por imersão a quente.

---

<sup>52</sup> A CST, por meio da instalação de um laminador de tiras a quente com capacidade de 2,0 milhões de toneladas/ano e *start-up* em 2002, possui acordo de fornecimento de 800 mil toneladas/ano de bobinas a quente para a Vega do Sul. Assim, a empresa deixou de ser apenas produtora de semi-acabado.

Ainda no que tange à internacionalização do segmento de aços especiais, em agosto de 2000, o grupo siderúrgico espanhol Sidenor, então quarto maior produtor mundial no segmento de aços longos especiais, adquiriu o controle acionário da Aços Villares. A entrada da Sidenor na Aços Villares deu-se por meio de um aumento de capital de US\$ 81 milhões, subscrito e integralizado totalmente pela Sidenor, que passou a controlar 58% do capital total e 64% do capital votante.

Vale lembrar que a Aços Villares controlava 100% da Villares Metals, maior fabricante de aços de alta liga na América Latina. No final de 2003, o Sidenor vendeu a subsidiária integral Villares Metals para a siderúrgica austríaca Böhler-Uddeholm, líder mundial no segmento de aços ferramenta e de alta liga. O valor da operação de compra – um aumento de capital subscrito pela Böhler, que ficou com 99,9% da Villares Metals – foi de US\$ 72 milhões.

Um outro movimento diz respeito à reorganização da alemã Mannesmannröhren-Werke (MRW), que, em junho de 2000, vendeu o controle acionário da subsidiária brasileira para a Vallourec & Mannesmann Tubes (V&M Tubes). A V&M Tubes é uma *joint-venture* entre a francesa Vallourec (55%) e a própria MRW (45%) formada para abrigar as operações dos dois conglomerados em tubos laminados a quente. A união entre a MRW e a Vallourec deu origem a uma empresa com faturamento de aproximadamente US\$ 2 bilhões e capacidade para produzir 2,4 milhões de toneladas de tubos por ano, das quais a subsidiária brasileira contribui com 400 mil toneladas. Com a transação, a VMT passou a deter 76% da controlada do Brasil, cuja razão social foi modificada para V&M do Brasil<sup>53</sup>.

Ademais do projeto Vega do Sul, já mencionado, importantes projetos em galvanizadoras, com repercussão no enobrecimento do *mix* da siderurgia brasileira, foram levados a cabo com participação de capital estrangeiro ao final da década de 90. Em 1999, a Usiminas estabeleceu juntamente com a Nippon Steel, a Unigal, uma linha de galvanização por imersão a quente na própria planta de Ipatinga, com capacidade de 400 mil toneladas/ano, a um custo de US\$ 250 milhões. Na *joint-venture*, a Usiminas detém 60% do capital e a Nippon Steel, os outros 40%.

A CSN, por sua vez, estabeleceu uma *joint-venture* com o grupo alemão Thyssen Krupp Stahl - TKS (49%), a GalvaSud, a qual contempla uma linha de galvanização por imersão a quente com

---

<sup>53</sup> Em setembro de 2000, foi realizado um leilão de compra de ações, por ordem da controladora, com o objetivo de adquirir as ações em poder de acionistas minoritários. Em decorrência deste leilão, a controladora passou a deter aproximadamente 93% do capital da V&M do Brasil e, em seguida, fechou o seu capital. A reestruturação acionária culminou no aumento de capital de R\$ 89 milhões da V&M do Brasil e no reforço do seu foco estratégico, tubos de aço sem costura.

capacidade de 350 mil toneladas/ano e a construção de um centro de serviço para a produção e comercialização de aços galvanizados, partes soldadas a *laser* e pré-estampadas para a indústria automotiva. A nova planta, localizada em Porto Real (RJ), foi inaugurada em dezembro de 2000, com investimentos de US\$ 236 milhões. Atritos com o sócio alemão na gestão da usina de Porto Real resultaram em contenciosos na Justiça. Em leilão realizado em junho de 2004, a CSN adquiriu, por US\$ 28,4 milhões, os 49% de participação que a TKS detinha na laminadora, passando a controlá-la integralmente. Ao encerrar a parceria com o sócio alemão, a CSN se desfez de um acordo de acionistas que restringia a presença da GalvaSud no mercado internacional de galvanizados, de forma a se evitar concorrência com os galvanizados produzidos pela TKS no exterior.

O capital externo está presente também em *joint-ventures* voltadas para a exportação de semi-acabados (placas para relaminação). A primeira diz respeito à Usina Siderúrgica do Ceará (USC), a ser implantada no Porto do Pecém (CE). Conforme projeto, a usina será integrada à redução direta com aciaria elétrica, com uma capacidade de produção, na primeira etapa, prevista para 1,5 milhão de toneladas/ano de placas (cogita-se a duplicação da sua capacidade três anos depois) e demandará investimentos estimados de US\$ 700 milhões. O gás natural será proveniente do Rio Grande do Norte e o início das obras está previsto para fins de 2004 e o das operações, para 2006.

O protocolo de intenções para a construção da usina foi assinado em março de 2004 pelos sócios do projeto, a CVRD (fornecedora de minério de ferro), a italiana Danieli (fabricante de equipamentos metalúrgicos, cujo maior interesse no projeto é o fornecimento de tecnologia e equipamentos)<sup>54</sup>, a siderúrgica sul-coreana Dongkuk (com participação majoritária na USC e retirada de parte da produção de placas) e o BNDES, como parceiro minoritário. Pela modelagem acionária, ainda em negociação, os acionistas estrangeiros terão 69% do capital da empresa e o capital nacional, 31%.

---

<sup>54</sup> O projeto da USC vem suscitando polêmicas em relação ao fornecimento de equipamentos que seriam integralmente importados pela Danieli com benefícios de isenção ou redução de importações (cuja alíquota cheia é de 14%), dentre os quais há equipamentos que a indústria de bens de capital instalada no País alega ter condições de fabricar localmente. Coube ao IPT, tomado como árbitro isento, avaliar as similaridades do fornecimento por fabricantes no Brasil, como a Bardela e a SMS Demag, processo ainda em curso. De toda forma, a unidade funcionaria com tecnologia inovadora de redução direta, da qual a Danieli é detentora. Assim, a fornecedora de equipamentos italiana tem garantido o benefício de importação com tarifa de 2% e firmou compromisso com o BNDES de que a maior parte dos equipamentos será adquirida junta a fornecedores nacionais. O índice de nacionalização do projeto ainda não foi decidido.

A CVRD participa conjuntamente com a siderúrgica chinesa Baosteel Shangai e com o Arcelor de estudo de viabilidade técnico-econômica do projeto de construção de uma usina de aço semi-acabado (placas para relaminação), localizada no porto de Itaqui em São Luis (MA). Os números preliminares do projeto indicam que a nova usina brasileira de placas terá capacidade de produção de cerca de 3,5 milhões de toneladas/ano a partir de 2007 e investimento de US\$ 1,5 bilhão. Cogita-se duplicação da usina até 2010. Neste projeto, 70% das placas serão destinadas aos proprietários (PAULA, 2002). O BNDES poderá participar também deste projeto como financiador e sócio minoritário, com poder de veto garantido por acordo de acionistas. Em ambos os projetos, a CVRD deverá ter participação minoritária, porém suficiente para assegurar sua estratégia de suprimento de minério de ferro.

## **2.2. Redefinição das Estratégias Empresariais**

A privatização deu fôlego ao movimento de reestruturação setorial, o qual não se restringiu à aquisição das empresas privatizadas, contemplando também a redefinição de suas estratégias. Nesta seção examinam-se os principais movimentos estratégicos ensejados pelas mudanças patrimoniais associadas às desestatizações do setor.

No segmento de longos comuns em particular, merece destaque o expressivo crescimento do grupo Gerdau fortemente baseado na estratégia de expansão horizontal pela via de aquisições de siderúrgicas, principalmente, mas não exclusivamente, de usinas em processo de desestatização, que vieram a reforçar seu poder no mercado doméstico. A aquisição de certas usinas por grupos com estruturas multiplanta permitiu ampliar o grau de especialização de algumas unidades (PAULA, 1995 *apud* PINHO e SILVEIRA, 1998: 88). Esse é o caso do Gerdau que, entre 1988 e 1991, adquiriu a usina de Barão de Cocais da Cimetel (MG), incorporada como unidade da Cosigua; a Usiba; a Cosinor (posteriormente desativada) e também a Piratini (incorporada à Usina Riograndense). Com isso, o grupo aproveitou a disponibilidade de um terminal próprio na Usiba para nela concentrar boa parte de sua produção de itens básicos para o mercado externo (PAULA, 1993). Também a incorporação da usina de Barão de Cocais, permitiu melhorar as condições de suprimento de carga metálica (ferro-gusa), de modo a se aproveitar a proximidade dessa usina em relação aos fornecedores de minério de ferro e de carvão vegetal.

De toda maneira, o Gerdau foi muito agressivo em aquisições fora do processo de desestatização. Em fevereiro de 1994, o grupo consolidou sua posição dominante no segmento de aços longos

comuns com a aquisição por US\$ 62 milhões do controle da siderúrgica mineira Pains, pertencente ao grupo alemão Korf. Essa operação foi complementada nesse mesmo ano com a aquisição por US\$ 24 milhões de uma unidade de laminação e uma trefilaria pertencentes à Mannesmann, mas já anteriormente arrendadas à Pains (PINHO, 1995 *apud* PINHO, 2001). Este mesmo autor observou que, com essas transações, o grupo Gerdau deu continuidade ao ciclo de expansão por aquisições no mercado brasileiro iniciado em 1985 com a aquisição da Siderúrgica Hime.

A internacionalização foi uma estratégia de crescimento fortemente adotada pelo Gerdau a partir de 1989, como evidencia o quadro 2.5. PAULA (2002:102-103) observou que a estratégia de internacionalização do Gerdau pode ser dividida em duas etapas. A primeira fase de sua internacionalização (1989-98) teve como principais características: (a) o predomínio de aquisições em detrimento da construção de novas plantas; (b) o pequeno porte das empresas adquiridas, sendo que o valor investido nas sete aquisições totalizou US\$ 196 milhões e; (c) a aquisição de totalidade das ações, exceto no caso da Sipar (Argentina).

A aquisição da AmeriSteel, em setembro de 1999, constitui o marco da segunda etapa da internacionalização do Gerdau, posto que foi a primeira grande aquisição do grupo no exterior. Além disso, foi a primeira companhia estrangeira comprada que não requeria mudanças radicais, seja para corrigir erros do passado, seja para superar gargalos, seja para readequar o *mix* de produtos. Com a aquisição da Birmingham Southeast, por meio da Gerdau AmeriSteel, o Gerdau pretende ampliar o leque de produtos ofertados ao mercado do sudeste dos Estados Unidos (PAULA, 2002). De toda forma, não obstante o porte diferenciado das empresas adquiridas nesta segunda etapa, continuou a prevalecer a estratégia de aquisições, em detrimento do investimento em novas plantas.

Ao final de 2003, a capacidade instalada no exterior correspondia a 51% da capacidade de produção de aço bruto do Gerdau (14,5 milhões de toneladas/ano). A capacidade de produção de aço bruto na América do Norte, em particular, respondia por 45,4% da capacidade total do grupo<sup>55</sup>.

---

<sup>55</sup> Em fevereiro de 2004, a subsidiária Gerdau Ameristeel Corporation adquiriu os ativos da Potter Form & Tie Co., com sede em Belvedere, Illinois. Esta empresa ocupa posição de liderança no suprimento de vergalhões cortados e dobrados e outros materiais para a indústria de concreto armado no meio-oeste norte-americano.

Quadro 2.5. A Internacionalização do Grupo Gerdau

País	Empresas	Data	Custo Take over (1)	Capacidade Anual (2)	
				Aço Bruto	Laminados
Uruguai	Laisa	1980	-	42	44
	Inlasa	1992	7	60	100
Canadá	Courtice	1989	52	280	250
	Manitoba	1995	92	300	320
Chile	Indac	1992	3	18	15
	Aza	1992	7	350	430
Argentina	Sipsa	1997	10	-	75
	Sipar	1998	25	-	160
Estados Unidos	AmeriSteel	1999	262	1.800	1.700
	Birmingham	2001	49	800	700
	Southeast				

Fonte: PAULA (2002:102)

Notas: (1) em US\$ milhões

(2) em mil toneladas

Ao final de 2003, o Gerdau realizou a integração de suas atividades operacionais com as de sua controlada Açominas. Nesta operação, a Gerdau SA transferiu para a Açominas suas operações no Brasil, diretamente ou através de subsidiárias. Assim, todas as atividades siderúrgicas do grupo passaram a ser realizadas pela Gerdau Açominas S.A<sup>56</sup>, empresa com uma estrutura combinada de dez unidades siderúrgicas e com uma capacidade instalada de 7,4 milhões de toneladas/ano de aço bruto. A operação permitirá combinar ativos complementares, aproveitar sinergias operacionais e comerciais e reforçar a geração de caixa operacional, por meio de economias tributárias. As unidades de produção siderúrgica irão atuar de forma integrada com os nove centros de serviço de aços longos dobra e corte, cinco unidades de transformação e a Comercial Gerdau, com suas 73 filiais e cinco centros de serviço.

PINHO e SILVEIRA (1998) observaram que a contínua expansão do grupo Gerdau (seu concorrente direto no segmento produtor de aços longos) acabou por demandar da Companhia Siderúrgica Belgo-Mineira (CSBM) o desenvolvimento de uma estratégia de expansão horizontal, por meio da aquisição de concorrentes. Assim, após ter seus planos de participação na privatização fracassados, a CSBM adquiriu 49% da Dedini em agosto de 1994, passando a controlá-la integralmente posteriormente; adquiriu a aciaria 2 da Cofavi em junho de 1993 e, posteriormente (em 1997), também a sua laminação; arrendou com opção de compra a Mendes Júnior Siderurgia (atual Belgo Mineira Juiz de Fora) no ano de 1995 e, em 2000, a Itaunense, uma siderúrgica que tivera suas atividades paralisadas em setembro de 1999.

<sup>56</sup> A Gerdau SA permaneceu na condição de companhia aberta e tem, sob seu controle na área siderúrgica, a Gerdau Açominas, a Gerdau Ameristeel Corporation (com atividade nos Estados Unidos e no Canadá) e suas subsidiárias na América do Sul (Gerdau Aza, no Chile; Gerdau Laisa, no Uruguai; e participação na Sipar, Argentina).



A experiência da CSBM é ímpar, pois, provavelmente, é a única subsidiária que já se internacionalizou na siderurgia mundial (PAULA, 2002:104). Em 2000, a CSBM estabeleceu uma aliança estratégica com a siderúrgica argentina Acindar – Indústria Argentina de Aceros, a maior produtora de aços longos daquele país, adquirindo 14,6% de seu capital total e 16,4% de seu capital votante. No segmento de trefilados, foi criada no ano de 1997 a Belgo-Mineira Bekaert Trefilarias, *joint-venture* da Belgo-Mineira e da belga Bekaert. A sua razão social foi posteriormente alterada para Belgo-Mineira Bekaert Arames (BMBA). Também em 2000, por meio da Belgo-Mineira Bekaert Arames, realizou uma associação estratégica com a empresa Inchalam (Chile), no mercado de cabos, pela qual a BMBA passou a deter 50% de participação em operações no próprio Chile, Canadá e Peru, cedendo em troca 50% da Cimaf Tubos. Não obstante, é razoável supor que no âmbito das estratégias corporativas globais do controlador Arcelor, a internacionalização da CSBM se restrinja ao continente sul-americano.

Enquanto realizava estes investimentos estratégicos, a CSBM desmobilizou recursos em empresas consideradas fora do seu *core business*: no ano de 2000 vendeu as empresas do setor de mineração – Samitri SA. Mineração da Trindade e Samarco – para a CVRD.

As aquisições em 1988 da Cia. Nossa Aparecida (posteriormente denominada Aços Ipanema) e da Anhangüera junto ao grupo Caemi/Antunes deram margem a um importante movimento de reorganização do grupo Villares. Por meio de tais aquisições, passou a controlar quatro usinas, todas no segmento de aços especiais. PINHO e SILVEIRA (1998) observaram que, em 1992, o conglomerado promoveu uma reestruturação das linhas de produto entre as usinas do grupo, promovendo uma maior especialização das mesmas. Decidiu-se pela concentração da produção de aços de alta liga nas usinas da Aços Ipanema e de São Caetano, orientando a Vibasa e a Anhangüera para a fabricação de aços de construção mecânica.

A reestruturação do grupo Villares se aprofundaria a partir de 1995, como resultado da compra do controle da Indústrias Villares (*holding* do grupo) pela Acesita e pelo grupo financeiro Sul América, sendo que a participação da Acesita era de 31% (PAULA, 2002:93).

A Acesita buscava nesse momento a diversificação horizontal dentro do segmento de aços especiais. A primeira operação ocorreu em maio de 1994 e envolveu a compra da maioria absoluta do capital da Eletrometal, usina tradicionalmente voltada para as faixas mais sofisticadas do mercado de aços, mas que, premida por dificuldades financeiras, alargara seu leque de

produtos na direção de variedades menos nobres (PINHO, 2001:25). Com as aquisições, a Acesita, que já era monopolista na produção de chapas inoxidáveis, passou a controlar 85% da oferta nacional de aços longos especiais (TORRES *et alii*, 1997). Das usinas brasileiras de aços especiais, somente a Mannesmann e a Piratini ficaram de fora do grupo articulado pela Acesita.

Outros importantes eventos da reestruturação de grandes proporções das operações siderúrgicas do grupo Villares foram os seguintes: (a) a incorporação da Eletrometal pela Aços Villares (adquirida anteriormente pela Acesita), dando origem à Villares Metals, em fevereiro de 1996; (b) a paralisação da aciaria da usina de Sorocaba em 1994-95; (c) o fechamento da usina localizada em São Caetano do Sul, em 1996; (d) a desativação das linhas de barras grossas de Mogi das Cruzes, em 1998, quando a usina passou a operar com 100% de lingotamento contínuo; e (e) a transferência da trefilação de Diadema para a usina de Pindamonhangaba, em 2000.

A venda da Villares Metals para a austríaca Böhler-Uddeholm ao final de 2003 implica para a Aços Villares um foco maior no segmento de aços para construção mecânica e cilindros (perfil da controladora Sidenor), além de redução do endividamento consolidado (em cerca de 30%). Por outro lado, as prioridades da siderúrgica austríaca na Villares Metals são a transferência de todas as etapas de produção de Sorocaba para Sumaré (SP) e a modernização desta planta, projetos já iniciados pela Sidenor<sup>57</sup>. Note-se que a empresa não fazia parte do foco da espanhola Sidenor, concentrado em aços para construção mecânica e cilindros de laminação. A Böhler-Uddeholm, por sua vez, tem quase 70% do seu faturamento advindo da divisão de aços especiais de alta-liga.

A entrada do grupo francês Usinor no bloco de controle da Acesita implicou a redefinição de seu foco estratégico e a implementação de uma estratégia caracterizada pela concentração progressiva em seus mercados originais, os aços planos inoxidáveis e siliciosos, o que vem propiciando uma expressiva melhoria do seu *mix* de produtos. Nesse sentido, OLIVEIRA (2002) observou que, em contraste com o imediato pós-privatização, quando a Acesita havia buscado aquisições na siderurgia, sob o controle do grupo Usinor foram vendidas as participações em empresas não relacionadas àquele novo *core business*. Os fundos resultantes dessas operações têm sido

---

<sup>57</sup> Nesse sentido, a unidade será contemplada com um laminador a quente, já que, segundo avaliações da empresa, o equipamento de Sorocaba (onde era feita a laminação) está obsoleto e não atende mais ao ritmo de produção exigido. As mudanças devem estar concluídas em três anos. A perspectiva é de que a produção e as vendas externas da Villares Metals sejam ampliadas, beneficiando-se da rede de distribuição da Böhler. A siderúrgica austríaca possui 140 subsidiárias (produção e distribuição) em 50 países.

integralmente utilizados no equacionamento do oneroso endividamento da empresa, oriundo das aquisições realizadas no período 1993-1997.

No segmento de aços planos comuns, a aquisição do capital da Cosipa pela Usiminas propiciou ganhos importantes com a otimização da logística de distribuição e especialização de cada usina em determinadas linhas de produto. Não obstante a grande semelhança entre a configuração das duas usinas, o que dificulta a definição de linhas de especialização, já que o abandono de qualquer faixa relevante de mercado geraria ociosidade de parte expressiva do aparato produtivo (PINHO e SILVEIRA, 1998:89), constata-se que no âmbito das estratégias do Sistema Usiminas, em uma perspectiva de se alavancar a complementaridade de ambas as linhas de produtos, concentraram-se em Ipatinga as linhas de galvanização (eletrolítica e por imersão a quente), produtos de elevado valor agregado. A produção de placas para vendas a terceiros, por sua vez, foi concentrada na planta de Cubatão (Cosipa).

Em uma perspectiva patrimonial, em outubro de 2001, após processo de conversão de debêntures, a Usiminas aumentou sua participação acionária na Cosipa de 31,8% para 92,9%. No que se refere à internacionalização, a Usiminas adotou uma estratégia de participações minoritárias em consórcios mistos tendo em vista a privatização de produtoras de aços planos na Argentina (atual Siderar) e Venezuela (Sidor). A prioridade da Usiminas nestes dois últimos casos foi a venda de assistência técnica e serviços tecnológicos a estas empresas<sup>58</sup>.

A CSN iniciou recentemente sua estratégia de internacionalização com a aquisição da Heartland Steel, posteriormente rebatizada CSN LLC, uma relaminadora norte-americana (laminação a frio e galvanização) por US\$ 69 milhões. A empresa divulgou sua intenção de adquirir uma laminação de tiras a quente nos Estados Unidos, de forma a integrar as operações de produção de placas no Brasil com as operações de laminação e acabamento a frio da Heartland Steel. A estratégia analisada seria a expansão da capacidade de produção de placas no Brasil, com vistas a posterior processamento em produtos mais nobres em outros países, provavelmente nos Estados

---

<sup>58</sup> Em todas as siderúrgicas em que passou a deter participações acionárias, a Usiminas tornou-se fornecedora de tecnologia. Por exemplo, em 1998, assinou um contrato no valor de US\$ 4 milhões com a venezuelana Sidor para fornecimento de tecnologia e assistência técnica àquela companhia por um período de três anos. Em 2003, foi firmado um novo contrato de assistência técnica para a Sidor, com enfoque nas áreas de produtos, processos e gestão. A transferência de tecnologia por parte da Usiminas de forma alguma se restringe às empresas do Sistema Usiminas. A empresa já forneceu tecnologia para a peruana Siderperu, a colombiana Paz del Rio, as mexicanas Sicarta e AHMSA e a portuguesa Siderúrgica Nacional, dentre outras (METALURGIA & MATERIAIS, 1998). Observe-se que a venda de tecnologia para empresas estrangeiras e nacionais já se tornou uma fonte de recursos para a empresa. Em 2003, a Usiminas desembolsou R\$ 5,9 milhões para atualização tecnológica e obteve faturamento de cerca de R\$ 18,3 milhões com a venda de assistência técnica, treinamentos e serviços a outras siderúrgicas (USIMINAS, 2004).

Unidos. Para tanto, duas possibilidades foram cogitadas pela CSN: a instalação de redução, aciaria e lingotamento de placas com capacidade de 5 milhões de toneladas/ano em Itaguaí (RJ) (IBS, 2001) ou uma expansão da capacidade da usina de Volta Redonda, da ordem de 3 a 3,5 milhões de toneladas/ano<sup>59</sup>.

No que diz respeito ao quadro geral do setor, uma tendência firmemente estabelecida é a ampliação do alcance das atividades desenvolvidas pelas siderúrgicas (PINHO e LOPES, 2000). Estas empresas crescentemente têm se encarregado de uma etapa adicional do processamento do aço (fornecimento de *blanks* ao invés de chapas para montadoras, pré-pintura do aço, etc.), implantando soluções mais avançadas, como a dos centros de serviços (das quais a Usiminas e a CSN são o maior exemplo), em uma perspectiva de maior proximidade com o cliente, em sistemas *just-in-time*, atendendo solicitações de conformações específicas. Ademais, vêm atuando fortemente no segmento de distribuição de seus produtos, passando a controlar distribuidores.

Outra tendência em curso no setor tem sido a externalização de etapas não críticas do processo produtivo para terceiros que atuam no ramo de serviços. Empresas do setor repassaram a terceiros serviços básicos, como transporte de pessoal, limpeza, restaurantes, segurança patrimonial; áreas de apoio, como gerenciamento da rede de informática, automação e a logística interna; e até mesmo áreas diretamente ligadas à produção, como embalagem de bobinas, revestimento de tubos e abastecimento de energia, entre outros (OLIVEIRA, 2002).

A produção de gases industriais é um exemplo típico da externalização na siderurgia. O processo siderúrgico utiliza intensamente gases industriais. Além do sopro nos conversores, o oxigênio vem sendo crescentemente injetado em altos-fornos e mesmo em aciarias elétricas com o objetivo de melhorar as condições operacionais. Dado o volume em que o oxigênio é utilizado, as usinas siderúrgicas geralmente contam com uma ou mais unidades produtoras em suas próprias instalações. Esta era uma operação comumente integrada verticalmente às próprias siderúrgicas. Entretanto, nos últimos anos, empresas especializadas, como a Air Liquide, Aga e White Martins têm assumido a responsabilidade da operação. Além dos benefícios da especialização, a disseminação da terceirização neste campo parece estar associada à maior possibilidade das firmas especializadas explorarem economias de escopo, isto é, produzirem conjuntamente ao

---

<sup>59</sup> Informações divulgadas na imprensa especializada dão conta de que o projeto de construção do alto-forno IV da CSN foi postergado para 2005.

oxigênio requerido pelas siderúrgicas outros gases a serem comercializados para terceiros (PINHO e LOPES, 2000).

### **2.3. Retomada dos Investimentos e Modernização do Parque Industrial**

A partir da segunda metade da década de 90, a indústria siderúrgica brasileira experimentou uma importante recuperação do nível de inversões produtivas. No período 1974-83, face à expansão do parque siderúrgico nacional, o investimento anual médio atingiu US\$ 2 bilhões. Nos anos 1984-93, entretanto, o investimento médio anual regrediu para US\$ 476 milhões (PAULA, 2002).

Além do expressivo volume, US\$ 13 bilhões no período 1994 a 2003, perfazendo uma média anual de US\$ 1,3 bilhão, os investimentos neste ciclo vêm seguindo uma orientação consistente com o encaminhamento de soluções para os principais problemas identificados no setor no início dos anos 90: a modernização da base técnica de produção (através da recuperação, substituição e instalação de novos equipamentos nas unidades produtivas e de apoio) e o enobrecimento do *mix* de produtos<sup>60</sup>. A liderança foi exercida inequivocamente pelo segmento de aços planos comuns, que respondeu por 68,7% do montante total.

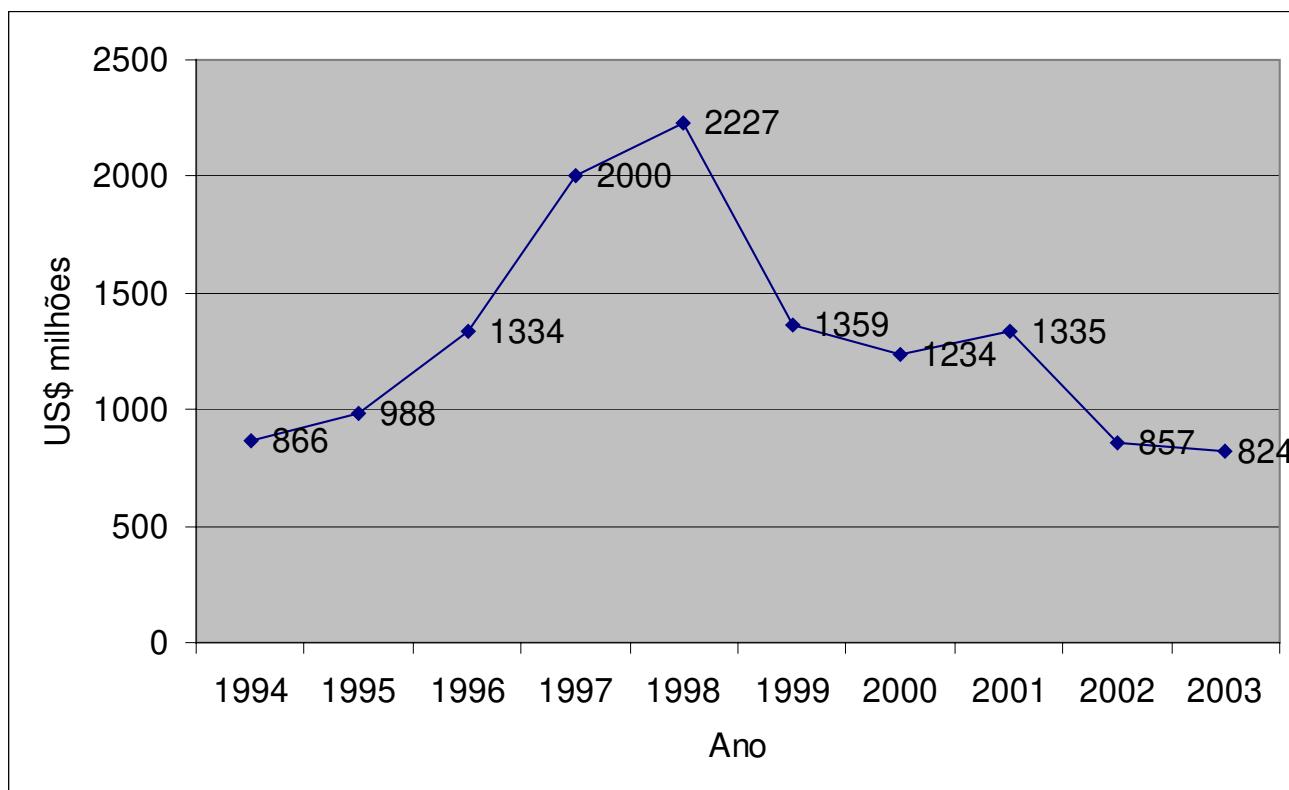
Como observou PINHO (2001:16), este retorno da siderurgia brasileira a um ritmo de inversão anual na casa de US\$ 1 bilhão em meados da década de 90 sinaliza que o processo de reestruturação produtiva entrou em uma nova etapa calcada mais na modernização da base técnica do que em ajustes gerenciais e organizacionais, como fora até a primeira metade da década<sup>61</sup>.

---

<sup>60</sup> Para uma análise do quadro tecnológico do setor siderúrgico brasileiro no início da década de 90, ver a seção 3.1.

<sup>61</sup> Numa caracterização geral do setor e, portanto, sujeita a divergências em relação a situações particulares, este mesmo autor salientou que se pode avaliar que o ajuste gerencial na siderurgia brasileira enfatizou os seguintes instrumentos: (a) introdução de sistemas de garantia de qualidade, principalmente com a certificação pelas normas ISO 9000, e, em muitos casos, com a disseminação de práticas inspiradas na sistemática do TQC (*Total Quality Control*); (b) modernização dos sistemas de programação e controle da produção; (c) modificação das políticas de recursos humanos, com ampliação do esforço de treinamento e das exigências de qualificação do trabalhador; e (d) reformulação dos processos de trabalho no sentido de fornecer participação mais ativa e autônoma dos operários e instituir mecanismos de trabalho em equipe (PINHO, 2001:30).

Figura 2.1. Investimentos Realizados pelo Setor Siderúrgico Brasileiro (1994-2003)



Fonte: Elaboração própria, a partir de IBS (2004a:02)

A condição prioritária da modernização e atualização tecnológica do setor pode ser visualizada pela disseminação de projetos que se traduzem em aumento de produtividade e do rendimento dos insumos. Dentre os projetos de maior relevo encontram-se a implantação de injeção de finos de carvão nos altos-fornos, as reformas das linhas de laminação mais antigas e a instalação de novas laminações, e equipamentos de metalurgia secundária e lingotamento contínuo. A tabela 2.1. aponta esta tendência de direcionamento dos investimentos já realizados para laminação (31,5%), redução (16,3%), lingotamento (9,0%), meio-ambiente (8,0%) e aciaria (6,5%), os quais representaram 71,3% do total investido no período 1994/2003. Este programa de investimentos do setor siderúrgico brasileiro, orientado basicamente para a modernização e atualização tecnológica, encontra-se virtualmente encerrado (IBS, 2001:01).



Tabela 2.1. Investimentos do Setor Siderúrgico Brasileiro (1994-2008)

Unidades/ Áreas	(em US\$ Milhões)		
	1994/2003 (Realizados)	2004/2008 (Previstos)	Total
Matérias-primas	86.493	1.764.748	1.851.241
Energia	609.583	54.111	663.694
Redução	2.118.877	1.918.094	4.036.971
Aciação	841.141	581.050	1.422.191
Lingotamento	1.171.539	484.137	1.655.676
Laminação	4.104.063	933.136	5.037.199
Meio Ambiente	1.041.363	183.827	1.225.190
Informática/Automação	374.591	115.958	490.549
Pesquisa e Desenvolvimento	49.447	12.190	61.637
Treinamento de Pessoal	43.188	36.284	79.472
Outros	2.584.318	1.331.331	3.915.649
<b>Total</b>	<b>13.024.603</b>	<b>7.414.866</b>	<b>20.439.469</b>

Fonte: IBS (2004a:03)

Os investimentos realizados nesse período privilegiaram a melhoria do *mix* e a otimização da estrutura já existente, em detrimento do incremento da capacidade instalada. Assim, entre 1994 e 2002, a capacidade instalada da siderurgia brasileira aumentou de 28,2 para 33,3 milhões de toneladas/ano, um crescimento de meros 2,1% ao ano (gráfico 2.2). Desta forma, para esta indústria que vem operando com elevado índice de utilização da capacidade (91% no ano de 2003), a expansão do parque siderúrgico é um requisito para que se possa assegurar o suprimento doméstico e a participação do setor no mercado internacional.

Para atender simultaneamente ao crescimento previsto do mercado interno e preservar a posição exportadora, estão orçados investimentos anuais de cerca de US\$ 1,5 bilhão, apenas nas empresas já existentes. Delineia-se, pois, um novo ciclo de investimentos que permitirá elevar a capacidade instalada da siderurgia brasileira em 10,6 milhões de toneladas/ano, ou seja, para 43,9 milhões de toneladas/ano.

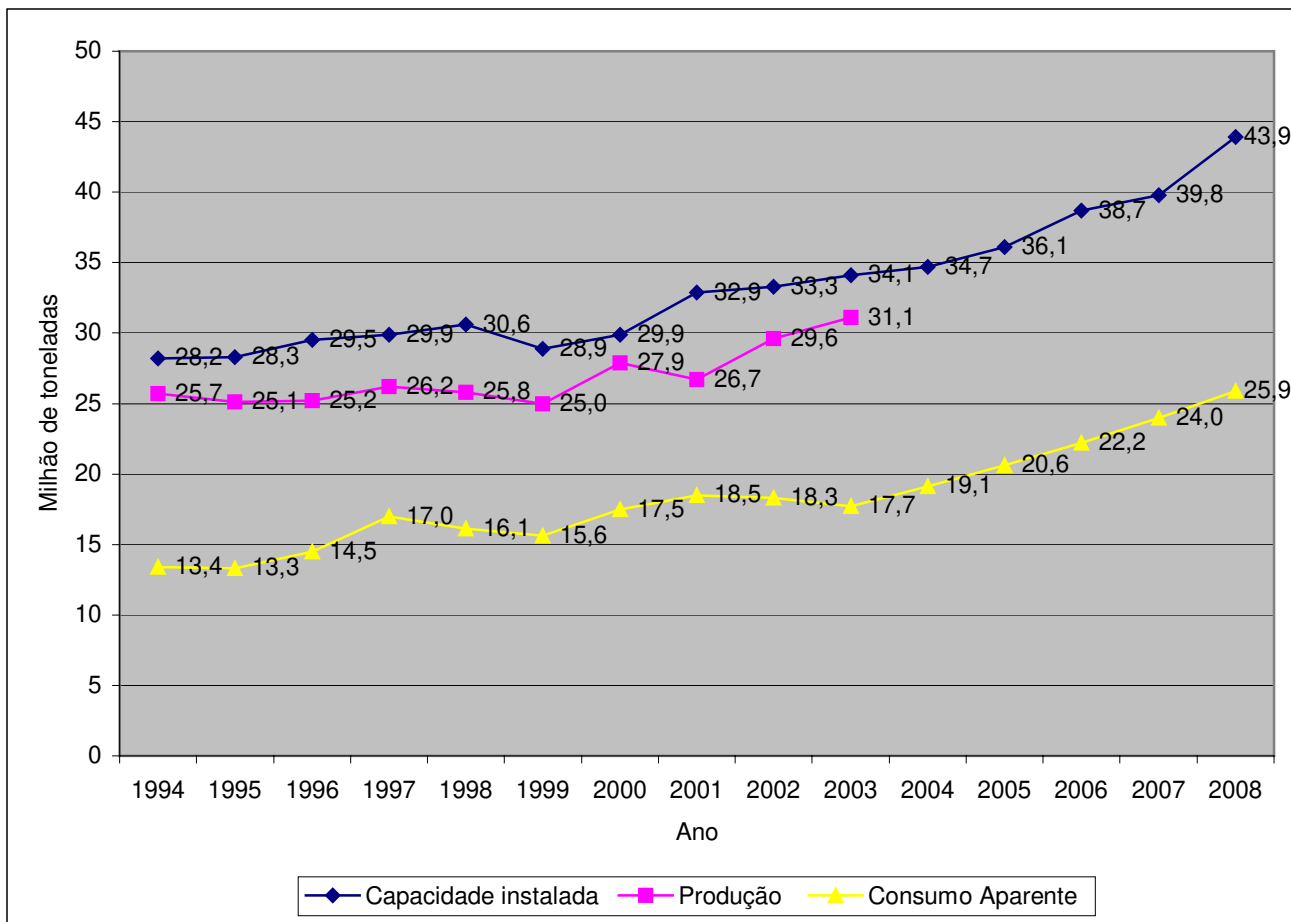
Nessa perspectiva, o novo esforço de investimentos das siderúrgicas brasileiras contempla um importante acréscimo na capacidade produtiva e a manutenção da atualização tecnológica. Isso fica evidenciado nas tabelas 2.1 e 2.2: 25,9% dos investimentos previstos serão direcionados para redução (altos-fornos), 23,8% para matérias-primas (sinterizações e coquearias), 12,6% para laminação e 7,8% para aciaria<sup>62</sup>.

<sup>62</sup> Um destes projetos se encontra em fase de contratação de fornecedores de equipamentos, o da implantação do terceiro alto-forno da CST, com capacidade de 2,5 milhão de toneladas/ano, elevando a capacidade de produção de aço bruto para 7,5 milhões de toneladas/ano (IBS, 2001), até 2007. Com ele, a siderúrgica capixaba espera manter sua participação no mercado mundial de placas, no qual é líder mundial, compensando a retração na venda de placas (de 4,5 para 2,5 milhão de toneladas/ano) processadas na linha de laminação a quente.





Figura 2.2. Capacidade Instalada, Produção e Consumo Aparente de Aço Bruto na Siderurgia Brasileira (1994-2008)



Fonte: Elaboração própria, a partir de IBS (2004a:02)

Nota: Capacidade instalada e consumo aparente previstos pelo Instituto Brasileiro de Siderurgia para período 2004/2008

Conforme o Instituto Brasileiro de Siderurgia (IBS, 2004a:01), adicionando-se ainda os projetos previstos por novas empresas – que anunciaram investimentos da ordem de US\$ 3 bilhões para instalação de novas usinas no nordeste com capacidade de 5,2 milhões de toneladas/ano de placas – deverão ser alcançados os seguintes valores totais: US\$ 10,4 bilhões de investimentos e uma capacidade total de 49,1 milhão de toneladas/ano de aço bruto. Incluem-se aqui os projetos da Usina Siderúrgica do Ceará e da usina siderúrgica do Maranhão analisados no tópico 2.1.



Tabela 2.2. Capacidade Instalada Consolidada – Setor Siderúrgico Brasileiro (2004-2008)

Unidade	(em milhares de toneladas)				
	2004	2005	2006	2007	2008
Coqueiras	8.133	8.133	8.133	8.633	9.718
Sinterizações	29.059	29.544	30.595	31.095	35.165
Redução Direta	450	450	450	450	450
Altos fornos	25.707	25.862	29.533	30.456	33.456
Aciarias	34.709	36.084	38.724	39.754	43.859
Oxigênio	26.320	26.870	28.675	29.500	33.600
Elétrica	7.789	8.614	9.449	9.654	9.659
EOF	600	600	600	600	600
Lingotamento contínuo de placas	21.279	21.479	23.179	23.979	25.679
Lingotamento contínuo de tarugos	10.496	11.372	12.202	12.432	15.037
Laminador de desbaste	2.457	2.457	2.457	2.457	2.457
Laminador de chapas grossas – LCG	2.125	2.125	2.125	2.125	2.125
Laminador de tiras a quente – LTQ	13.800	14.100	14.300	14.300	14.300
Laminador de tiras a frio – LTF	7.704	7.909	8.025	8.071	8.084
Revestimento de folhas	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050
Galvanização de chapas	1.897	2.343	2.372	2.397	2.411
Laminação de longos (exc. tubos)	8.620	9.575	10.309	11.689	12.119

Fonte: IBS (2004a:16)

Nota: projetos de empresas do parque existente

## 2.4. Uma Avaliação da Atual Estrutura Industrial da Siderurgia Brasileira

O exame dos efeitos do processo de reestruturação da siderurgia brasileira ao longo da década de 90 deve se iniciar pela avaliação da concentração do setor.

No momento presente, o parque siderúrgico brasileiro é constituído por 26 usinas, operadas por 11 empresas/grupos. O grau de concentração econômica do setor siderúrgico em qualquer um dos segmentos produtores é bastante elevado. Usiminas/Cosipa; Arcelor/Companhia Siderúrgica Belgo-Mineira/Acesita/ CST/Vega do Sul; CSN e; Gerdau/Gerdau-Açominas são quatro grupos de grande porte. Aços Villares, Villares Metals, V&M do Brasil e Barra-Mansa são siderúrgicas de porte médio, mas vinculadas a grupos industriais fortes: Sidenor, Böhler, Vallourec & Mannesmann Tubes e Votorantim, respectivamente.

Segmentando-se a análise, constata-se que, como aqueles quatro grupos não atuam em todos os segmentos produtores nos quais se divide a indústria siderúrgica, o grau de concentração econômica é ainda superior ao que sugere essa caracterização genérica.

No segmento de laminados comuns, Gerdau Açominas e a Companhia Siderúrgica Belgo-Mineira detêm conjuntamente cerca de 93% da capacidade de produção. No segmento de aços especiais, são quatro os produtores de aços longos (Aços Villares, Villares Metals, V&M do Brasil e Gerdau Açominas – unidade Piratini). No segmento de longos especiais (exceto tubos),

Aços Villares e Gerdau Aços Finos Piratini são os únicos produtores brasileiros de aços para construção mecânica. Existem também várias situações em que as empresas não enfrentam qualquer concorrência interna. A Aços Villares, ademais da produção de aços para construção mecânica, é a única fabricante no país de cilindros para laminação de aços em chapas, barras e perfis; enquanto a ex-controlada Villares Metals é o único fabricante nacional focado no segmento de aços especiais de alta liga. No caso dos planos especiais, a Acesita desfruta de posição privilegiada, ao monopolizar a produção de laminados planos inoxidáveis e siliciosos. Por outro lado, a V&M do Brasil detém o virtual monopólio do produto tubos de aço sem costura, com aproximadamente 95% da produção.

É fato que a concorrência é maior no segmento de laminados planos comuns, em que atualmente Usiminas/Cosipa, CSN, Vega do Sul e CST dividem o mercado de laminados. A CST, de toda forma, atua somente em laminados a quente. Por outro lado, a CSN, no mercado de folhas-de-flandres, e a Usiminas e a controlada Cosipa, em certas classes de chapas, não enfrentam concorrentes internos.

Depreende-se do quadro 2.6 que a estrutura societária da siderurgia brasileira já é bastante internacionalizada. No segmento de aços especiais (planos e longos), observa-se o controle acionário e operacional de grupos siderúrgicos europeus. Constata-se não somente investimentos que remontam à década de 50, caso da subsidiária V&M do Brasil (ex-Mannesmann), mas também investimentos recentes (Usinor/Arcelor, Sidenor e Böhler-Uddeholm).

No segmento de aços longos comuns, a Belgo-Mineira é controlada pela Arcelor, que exerce importante papel na direção estratégica de três siderúrgicas brasileiras: Belgo-Mineira, Acesita e CST. Assim, é o único grupo siderúrgico com participação em todos os segmentos de mercado, à exceção dos laminados longos especiais, produzindo uma linha completa de produtos siderúrgicos: aços planos inoxidáveis e siliciosos (Acesita); placas e laminados a quente (CST); laminados a frio e galvanizados (Vega do Sul) e laminados longos e trefilados (Belgo-Mineira). O grupo Gerdau, por sua vez, é controlado pela família homônima. Já a Siderúrgica Barra Mansa é totalmente controlada pelo grupo Votorantim.

Quadro 2.6. O Parque Siderúrgico Brasileiro em Junho de 2004

<b>Empresa</b>	<b>Unidade(s) Produtiva(s)</b>	<b>Configuração Técnica das Usinas</b>	<b>Principais Linhas de Produtos</b>	<b>Capital Social (%) em 31.12.03</b>
<b>Gerdau Açominas</b> Gerdau Açominas Gerdau Barão de Cocais Gerdau Divinópolis Gerdau Cearense Gerdau Açonorte Gerdau Usiba Gerdau Cosigua Gerdau Guaíra Gerdau Piratini Gerdau Riograndense	Ouro Branco (MG) Barão de Cocais (MG) Divinópolis (MG) Maracanaú (CE) Recife (PE) Simões Filho (BA) Rio de Janeiro (RJ) Curitiba (PR) Charqueadas (RS) Sapucaia do Sul (RS)	Integrada Integrada Integrada Semi-integrada Semi-integrada Integrada Semi-integrada Semi-integrada Semi-integrada Semi-integrada	Longos Comuns	Gerdau Açominas Gerdau SA (82,92%), GTL Brasil LTDA (9,24%), CEA Clube/ Fundação Aços (4,37%)
<b>CST</b>	Serra (ES)	Integrada	Planos comuns/semi-acabados	Aços Planos do Sul (29,64%), Acionistas japoneses (20,51%), CVRD (20,51%), Aços Planos do Sul Arcelor Participações (6,02%), Aços Planos do Sul ONPN Participações (8,54%), California Steel (4,0%), Ciest/Funsses (5,48%) (1)
<b>CSN</b>	Volta Redonda (RJ)	Integrada	Planos comuns	Vicunha Siderurgia (46,48%), Valia (10,33%), Caixa Beneficente dos Empregados da CSN (3,63%)
<b>Cosipa</b>	Cubatão (SP)	Integrada	Planos comuns	Usiminas (94,57%)
<b>Usiminas</b>	Ipatinga (MG)	Integrada	Planos comuns	Grupo de controle: Nippon Usiminas (18,39%), Clube de Investimentos Usiminas/CIU (9,94%), Camargo Corrêa (7,25%), Votorantim (7,25%), Caixa dos Empregados da Usiminas/CEU (3,44%)
<b>Acesita</b>	Timóteo (MG)	Integrada	Planos especiais	Arcelor (38,94%), Previ (18,94%), Sistel (12,13%), Petros (5,73%)
<b>Aços Villares</b>	Mogi das Cruzes (SP) Pindamonhangaba (SP) Sorocaba (SP)	Semi-integrada Semi-integrada	Longos especiais	Sidenor International (58,44%)
<b>Villares Metals</b>	Sumaré (SP) Sorocaba (SP)	Semi-integrada Semi-integrada	Longos especiais	Böhlher-Uddeholm (99,9%)
<b>V&amp;M do Brasil</b>	Belo Horizonte (MG)	Integrada	Longos especiais (tubos sem costura)	Vallourec & Mannesmann Tubes (98%)
<b>Companhia Siderúrgica Belgo-Mineira</b> Belgo-Mineira Monlevade Belgo-Mineira Piracicaba Belgo-Mineira Grande Vitória Belgo-Mineira Juiz de Fora	João Monlevade (MG) Piracicaba (SP) Cariacica (ES) Juiz de Fora (MG)	Integrada Semi-integrada Semi-integrada Semi-integrada	Longos comuns	CSBM Grupo Arcelor (54,03%), Previ (8,47%), Centrus (5,19%), Bradesco (6,36%)
<b>Barra Mansa</b>	Barra Mansa (RJ)	Semi-integrada	Longos comuns	Votorantim (100,0%)

Fontes: Elaboração própria, com base em IBS (2004a:15) e *web sites* corporativos

Nota: (1) Ações ordinárias em 31/03/2004

Finalmente, resta contemplar duas questões fortemente relacionadas: a escala ótima mínima de operação e a internacionalização no setor. PAULA (2002:100) reproduz um interessante esforço de sistematização dos impactos da consolidação da siderurgia mundial para os diferentes segmentos de mercado da siderurgia brasileira elaborado por LICHTENSTEIN (2000) (quadro 2.7).

Aquele primeiro autor observa que o segmento de mercado menos afetado é o de aços longos comuns (ao carbono) por quatro razões: (a) o mercado consumidor é pulverizado, com baixa capacidade de importação; (b) os requisitos tecnológicos são os menores da indústria; (c) a escala de operação desse segmento não é tão crítica, ao mesmo tempo em que existem grandes usinas instaladas no Brasil dedicadas a esse mercado; (d) o porte empresarial dos principais grupos que atuam nesse segmento (Gerdau e Companhia Siderúrgica Belgo-Mineira/Arcelor) é mais do que satisfatório para este tipo de mercado.

Os maiores desafios da consolidação da siderurgia mundial são postos ao segmento produtor de laminados longos especiais, cujos consumidores são globais (notadamente do complexo automotivo) e cujo *mix* se caracteriza pelo elevado custo unitário do produto e pela grande diversidade de produtos. Esse último aspecto referente ao *mix* de produtos é comum ao segmento de aços planos especiais. Note-se que esses dois segmentos passaram a ser controlados por grupos siderúrgicos europeus no âmbito da consolidação e internacionalização produtiva da siderurgia mundial.

Quadro 2.7. Desafios da Consolidação da Siderurgia Mundial para a Indústria Siderúrgica Brasileira

	Planos Comuns Auto	Outros Planos Comuns	Planos Especiais	Longos Comuns	Longos Especiais
Consumidores globais	XX	X	X		XX
Escala mínima eficiente maior do que mercado local	X		XX		XX
Grandes requerimentos de P&D	XX		X		X
Produtos de alto valor agregado em relação aos custos logísticos	X		XX		XX

Fonte: LICHTENSTEIN (2000 *apud* PAULA, 2002:100)

As siderúrgicas produtoras de planos comuns para a indústria automobilística, por sua vez, têm nos maiores requerimentos de P&D e no caráter global de seus consumidores os principais desafios frente à consolidação da siderurgia mundial. Como se observou na seção 1.2,

freqüentemente, cabe aos consumidores do complexo automotivo requisitar inovações de produto, cada vez mais desenvolvidas através de mecanismos de parceria entre as siderúrgicas e seus clientes.

## **2.5. Competitividade e Inserção Internacional da Siderurgia Brasileira**

Com a finalidade de investigarmos os possíveis impactos da capacitação tecnológica ao nível da firma sobre a competitividade e a inserção internacional da siderurgia brasileira, deteremo-nos na análise da evolução dos seus indicadores de produtividade do trabalho e custo operacional, bem como de sua inserção comercial na década de 90.

O indicador de produtividade da mão-de-obra mais comumente utilizado e divulgado pela indústria siderúrgica é o da quantidade de toneladas de aço bruto produzidas por homem-ano. Salientamos, entretanto, que a produtividade da mão-de-obra não é isenta de problemas de mensuração. PAULA (1993:31) chamou a atenção para o fato de que as diferenças quanto ao grau de verticalização das usinas, às linhas de produção, à utilização de serviços de terceiros e à própria legislação trabalhista dificultam as comparações entre os países. No caso específico do setor siderúrgico, os problemas mais significativos decorreriam do percentual de aço proveniente de usinas integradas e do grau de enobrecimento do produto.

No ano de 1995, a produtividade média de cinco dos principais países produtores de aço correspondeu a 495 toneladas de aço bruto por homem-ano (OCDE *apud* ANDRADE *et alii*, 1997:7). Naquele ano, a produtividade média da siderurgia brasileira foi de 283 toneladas de aço bruto por homem-ano. Note-se, entretanto, que no decorrer do período 1989-2000, a produtividade da siderurgia brasileira evoluiu sensivelmente, alcançando 470 toneladas/homem/ano em 2000 e perfazendo um crescimento de 11,5% ao ano (tabela 2.3).

É inegável que a produtividade do trabalho na siderurgia brasileira foi fortemente alavancada pela expressiva racionalização do efetivo de pessoal no processo de reorganização administrativa e operacional após a privatização. Entre 1989 e 2000, a redução acumulada no efetivo de pessoal em atividades siderúrgicas foi de 66,0%. Nesse mesmo período, os incrementos verificados na produção de aço bruto e de laminados foram de apenas 11,2% e 11,9%, respectivamente. Mecanismos como a maior amplitude das funções exercidas pelo trabalhador direto e o maior rendimento operacional de equipamentos por força da modernização tecnológica do setor (por



exemplo, pela substituição do lingotamento convencional pelo contínuo) certamente vêm desempenhando um importante papel na consecução dos expressivos ganhos de produtividade do setor.

Tabela 2.3. Produtividade da Siderurgia Brasileira (1989-2003)

	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Físico (ton/h/ano)	160	158	188	220	250	266	283	336	375	423	432	470	438	474	466
Efetivo em Atividades siderúrgicas (1)	167.414	131.63	121.500	109.707	101.528	97.414	89.246	77.547	73.578	62.868	58.849	62.712	66.155	64.424	68.050
Produção Aço Bruto (mt/ano) (2)	25.055	20.567	22.617	23.934	25.207	25.747	25.076	25.237	26.153	25.760	24.996	27.865	26.717	29.604	31.147
Produção Laminados (mt/ano)	16.269	14.686	14.940	15.804	16.493	17.271	16.059	16.683	17.425	16.433	16.793	18.213	10.073	19.032	21.067

Fonte: Elaboração própria, com base em IBS (Anuário Estatístico da Siderurgia Brasileira, vários anos), IBS (2004b)

Notas: (1) O efetivo em atividades siderúrgicas compreende o efetivo próprio em exercício e o efetivo de terceiros

(2) Produção de aço bruto e de laminados em milhares de toneladas

Do ponto de vista do custo operacional, um indicador da publicação especializada *World Steel Dynamics* resumido na tabela 2.4. e referente ao custo de produção de um item representativo da pauta de produtos siderúrgicos, as chapas laminadas a frio, atesta que as empresas siderúrgicas brasileiras se encontram entre as de custos mais baixos no mundo.

Os custos de produção de bobinas a frio da siderurgia brasileira são discriminados, comparando-os com o de treze grandes países produtores mundiais. Esses dados referem-se aos custos totais, estimados para abril de 2004, em usinas de referência, segundo a *World Steel Dynamics*. A vantagem dessa estimativa é permitir a desagregação dos custos operacionais em custo salarial, de matérias-primas e de outros materiais. Em compensação, os dados se restringem aos produtos planos (cerca de 50% da produção mundial).

De acordo com a tabela 2.4, o Brasil possuía, em abril de 2004, o segundo menor custo operacional (US\$ 300 por tonelada), sendo que somente a Rússia possuía um custo inferior ao da siderurgia brasileira (US\$ 286 por tonelada). Por outro lado, o custo financeiro da siderurgia brasileira (US\$ 57 por tonelada) era o terceiro mais alto da amostra, posição compartilhada com Taiwan, sendo superado apenas pela Índia e pela Coreia do Sul. No cômputo geral, a siderurgia brasileira teria o segundo menor custo total (US\$ 357 por tonelada), entre os quatorze países analisados. Torna-se, então, necessário avaliar em detalhes as vantagens e desvantagens competitivas, em termos de custos, da siderurgia brasileira.

No que tange ao custo das matérias-primas, a tabela 2.4 discrimina os três principais insumos de uma usina integrada a coque: carvão mineral, minério de ferro e sucata. O Brasil possuía o menor custo de matérias-primas, muito em função da vantagem competitiva relacionada ao minério de ferro. Mencione-se que a ótima razão custo/qualidade do minério de ferro é uma unanimidade na literatura acerca da competitividade da siderurgia brasileira. Por outro lado, o custo do carvão mineral constitui-se em uma desvantagem competitiva da siderurgia brasileira, apesar de que, desde meados da década de 90, tenha se deixado de consumir o carvão mineral nacional. Este, por conter alto teor de enxofre e cinzas, implicava maiores custos de produção e menor produtividade dos equipamentos (PAULA, 2002).

Os reduzidos custos salariais constituem uma outra vantagem competitiva primordial da siderurgia brasileira, em particular, e dos países em desenvolvimento, de um modo geral. Os salários-hora praticados na siderurgia brasileira se encontravam entre os mais baixos da amostra.

Contraopondo-se às vantagens anteriormente referidas, destacam-se as desvantagens da indústria siderúrgica brasileira em itens tais como o custo do capital, custos de transporte e portuário.

Tabela 2.4. Custo de Produção de Bobinas Laminadas a Frio, Países Seleccionados, em Abril de 2004

	(US\$/tonelada despachada)													
	EUA	Japão	Alema- nha	Reino Unido	França	Canadá	Austrália	Coréia do Sul	Taiwan	Brazil	México	Russia	China	India
<b>Principais matérias-primas</b>	158	145	182	176	160	156	127	174	186	118	168	136	182	138
Carvão mineral	32	42	36	38	37	32	24	40	36	43	41	31	42	37
Minério de ferro	66	76	80	81	85	63	58	75	72	49	56	67	110	44
Sucata/DRI	60	27	66	56	38	61	45	59	78	25	71	37	30	58
<b>Outras matérias-primas</b>	149	148	151	159	144	152	138	132	142	123	140	129	148	156
<b>Custos salariais</b>	124	121	137	112	125	105	117	49	66	60	70	22	23	54
Salário por hora	39	42	47	37	44	31	33	17	19	14	13	3	2	3
Produtividade (1)	3,2	2,9	2,9	3,0	2,8	3,5	3,6	2,9	3,5	4,3	5,4	8,7	12,5	16,5
<b>Custo Operacional Total</b>	431	414	471	447	429	413	382	354	393	300	379	286	353	348
<b>Despesas Financeiras</b>	33	56	56	43	41	31	30	60	57	57	43	27	40	73
Depreciação	22	50	40	34	28	23	28	40	37	25	24	15	30	37
Juros	11	6	16	9	13	8	2	20	20	32	19	12	10	36
<b>Custo Total</b>	<b>464</b>	<b>470</b>	<b>527</b>	<b>490</b>	<b>470</b>	<b>444</b>	<b>412</b>	<b>414</b>	<b>450</b>	<b>357</b>	<b>422</b>	<b>313</b>	<b>393</b>	<b>421</b>

Fonte: WORLD STEEL DYNAMICS (2004)

Nota: (1) em horas-homem por tonelada

A comparação entre as plantas não reflete as diferenças na qualidade dos produtos

Consta da tabela 2.5 a evolução da participação brasileira nas exportações mundiais de aço ao longo do período 1990-2000. Entre 1990 e 1991, a participação brasileira aumentou de 5,3% para 6,2%. A partir de então, essa participação involuiu, tendo alcançado 3,2% em 2000. O fraco desempenho das exportações brasileiras de aço laminado no período decorre do aumento do consumo de produtos siderúrgicos no mercado interno em um ritmo bem superior ao da ampliação da capacidade<sup>63</sup>.

Tabela 2.5. Participação Brasileira no Comércio Mundial de Produtos Siderúrgicos (1990-2000)

1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
5,3	6,2	6,0	5,5	4,6;	3,9	4,3	3,4	3,2	3,6	3,2

Fonte: Elaboração Própria a partir de dados divulgados pelo IISI

No que diz respeito à forma de inserção da siderurgia brasileira no mercado mundial, PAULA (2002:107) apoiou-se em informações do IISI para o ano de 1999 (último ano com informações disponíveis a este respeito) e constatou que a participação brasileira era grande em produtos de baixo valor agregado, como semi-acabados (14,1%), segmento no qual os baixos custos de produção são os principais elementos de competitividade, e pequena em produtos mais nobres, como chapas galvanizadas (0,4%). Esse perfil de exportador especializado em produtos de menor valor agregado (semi-acabados como blocos, placas e tarugos) foi uma característica marcante da siderurgia brasileira no período 1990/2002, conforme se observa na tabela 2.6. De fato, enquanto as exportações de produtos acabados (planos e longos) declinavam, em tonelagem, as dos produtos semi-acabados experimentam um vigoroso crescimento (120,9% no período). Assim, a participação dos semi-acabados nas exportações brasileiras de produtos siderúrgicos, em tonelagem, passou de 39,2% (em 1990) para 67% (em 2002). Em termos de valores financeiros, a importância relativa evoluiu de 28,6% para 48,3%.

<sup>63</sup> Como se observou no tópico 2.3, os investimentos da siderurgia brasileira durante a década de 90 orientaram-se prioritariamente para a modernização das usinas e para o enobrecimento do *mix* de produtos. As expansões de capacidade foram incrementais e se concentraram no final dos anos 90. Definiu-se então um *trade-off* entre as exportações e o atendimento ao mercado interno. Conforme PINHO (2001), esse dilema, invariavelmente, foi resolvido em favor do mercado doméstico, antes de mais nada porque os preços FOB obtidos internamente são mais elevados. As usinas brasileiras podem dispensar nas vendas internas todos os custos logísticos requeridos nas exportações. Mais ainda, como possuem vantagens competitivas no atendimento à clientela local – domínio da estrutura de distribuição, garantia de regularidade no suprimento e facilidade para estreitar o relacionamento com os clientes – as siderúrgicas podem praticar o chamado *dual pricing*, compensando com preços mais elevados no mercado doméstico a colocação de exportações a preços suficientemente baixos a ponto de contornar as restrições protecionistas (PINHO, 2001).

Observe-se que o melhor desempenho das exportações de semi-acabados em relação às de produtos laminados provoca, inevitavelmente, uma degradação do *mix* exportado, dado que amplia a parcela de itens de menor valor agregado nas exportações.

PAULA (2002:134) chamou a atenção para estratégia de crescimento dual da siderurgia brasileira, uma vez que: (a) grandes investimentos em laminação, garantindo enobrecimento do *mix* de produtos, são direcionados ao mercado doméstico; (b) a inserção internacional da siderurgia brasileira está cada vez mais dependente de produtos de menor valor agregado. Observe-se que os novos projetos de plantas siderúrgicas no Nordeste tenderiam a reforçar adicionalmente a importância relativa dos semi-acabados nas pautas de produção e exportação brasileiras de produtos siderúrgicos.

A trajetória de retração das exportações siderúrgicas é uma característica marcante do período 1990/2001<sup>64</sup>. O destaque negativo foi de chapas e bobinas laminadas a quente, que mostraram uma involução de 83,1%. As exceções ficam por conta dos produtos mais nobres, como chapas e bobinas inoxidáveis (526,6%), chapas e bobinas de outros aços ligados (231,4) e chapas cromadas e outras (261,9%). Isso se deve, especificamente, à elevação da capacidade produtiva da Acesita, que concentrou sua produção em aços planos inoxidáveis e siliciosos. As chapas galvanizadas, por sua vez, depois de experimentarem um crescimento nas exportações no período 1994-96, recuaram fortemente entre 1997 e 2001, em decorrência do grande crescimento do mercado doméstico. De fato, as vendas internas de chapas galvanizadas experimentaram uma evolução de 22,9% entre 1998 e 2002.

No que se refere aos laminados longos, cujas exportações parecem ter sido mais afetadas pela sobrevalorização cambial prevalecente entre 1994 e 1998, constata-se que após uma forte retração nas exportações entre 1993 e 1998, as vendas ao mercado externo vêm se mantendo mais estáveis do que as dos laminados planos. Cabe ressaltar o desempenho negativo das exportações de vergalhões, um dos principais produtos do segmento, que após atingirem 954 mil toneladas em 1993, regrediram para o patamar médio de 173 mil toneladas/ano no período 1996/2001.

---

<sup>64</sup> O ano de 2002 foi marcado pela reversão da trajetória de involução das exportações de laminados planos observada desde 1992. De toda forma, esse patamar é significativamente inferior ao verificado no início da década de 90 (vide tabela 2.6).

Em relação aos mercados de destino, PINHO (2001) mostrou que ao final dos anos 90 havia uma relação claramente inversa entre sofisticação de produto e de mercado. Assim, produtos de maior valor unitário, tais como as chapas de aço inoxidável, os tubos e os trefilados, são exportados principalmente para países caracterizados por um menor nível de desenvolvimento, com destaque para os latino-americanos. Os produtos menos nobres, por sua vez, freqüentemente submetidos a etapas adicionais de processamento (por exemplo, semi-acabados e chapas laminados a quente) possuem como destinação prioritária os países desenvolvidos. A exceção a essa regra geral são os aços planos revestidos, vendidos preferencialmente aos países desenvolvidos, em particular à União Européia. Já os laminados longos sobressaem pela concentração na América Latina, provavelmente em função de uma maior facilidade de preservação de competitividade, quando os custos de frete são menores.

Se na perspectiva das exportações pôde-se observar na década de 90 um recuo da inserção brasileira no comércio internacional de aço, o mesmo não pode ser dito das importações, cuja *performance* foi inversa da observada nas exportações destes mesmos produtos no referido período. De fato, em termos absolutos, elas passaram de 196 mil toneladas (em 1990) para 1,088 milhões de toneladas em 2001, perfazendo um incremento de 455,5%. No entanto, as importações de produtos siderúrgicos experimentaram forte retração em 2002, quando atingiram 672.346 toneladas. Naturalmente, parte substancial dessa queda pode ser atribuída à desvalorização cambial. Por outro lado, o fato de as importações de produtos siderúrgicos só terem se intensificado a partir de 1995 indica que a sobrevalorização cambial do período foi um elemento importante na sua trajetória evolutiva.

Embora o coeficiente das importações em relação ao consumo aparente de produtos siderúrgicos no Brasil seja baixo – este índice cresceu de 2,2% (em 1990) para 6,5% (em 2001), regredindo para 4,1% em 2002 (PAULA, 2003a) –, depreende-se da tabela 2.7 que houve um aumento expressivo das importações em certas faixas de mercado. Em alguns poucos casos, esse comportamento reflete a ausência de capacidade produtiva nacional, como no mercado de trilhos e acessórios abandonado pela CSN em 1996. Contudo, não é este o caso de aços planos especiais (em especial chapas inoxidáveis) e tubos sem costura, produtos de alto valor agregado, que experimentaram incrementos de 245,7% e 275,6%, respectivamente, entre 1994 e 1998. Outros produtos de menor valor unitário, como chapas laminadas a frio e revestidos, também

apresentaram incrementos superiores à média. Já no caso de laminados planos a quente, o volume sempre relativamente pequeno das importações atesta a competitividade do aço brasileiro nesta faixa de mercado (PINHO, 2001).

Tabela 2.6. Exportações Brasileiras de Produtos Siderúrgicos, por Tipo de Produto (1990-2002)

	(em milhares de toneladas)												
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
<b>Semi-acabados</b>	<b>3522</b>	<b>4439</b>	<b>4640</b>	<b>5309</b>	<b>4827</b>	<b>5130</b>	<b>5685</b>	<b>5523</b>	<b>5426</b>	<b>6379</b>	<b>6213</b>	<b>6365</b>	<b>7779</b>
Placas	n.d.	n.d.	n.d.	4004	3802	3815	4365	4172	4276	4974	3816	5281	6712
Lingotes, blocos e tarugos	n.d.	n.d.	n.d.	1305	1025	1315	1320	1351	1150	1405	2397	1084	1067
<b>Planos</b>	<b>3187</b>	<b>4314</b>	<b>4599</b>	<b>4279</b>	<b>3824</b>	<b>3052</b>	<b>3384</b>	<b>2505</b>	<b>2421</b>	<b>2417</b>	<b>2108</b>	<b>1494</b>	<b>2191</b>
<b>Não revestidos</b>	<b>2871</b>	<b>3916</b>	<b>4180</b>	<b>3790</b>	<b>3211</b>	<b>2414</b>	<b>2761</b>	<b>2090</b>	<b>1797</b>	<b>1845</b>	<b>1501</b>	<b>921</b>	<b>1345</b>
Bobinas Grossas	n.d.	n.d.	n.d.	346	266	189	198	177	183	106	100	77	98
Chapas Grossas	878	1110	1127	1115	1066	975	969	675	473	410	219	222	294
Chapas Finas a Quente (1)	1725	2411	2388	123	65	45	58	65	45	20	25	23	29
Bobinas a Quente				1809	1306	751	1015	962	798	828	711	269	534
Chapas Finas a Frio (2)	268	395	665	82	74	50	37	21	19	25	31	27	42
Bobinas e Chapas Finas a Frio				315	494	404	484	190	279	456	415	303	348
<b>Revestidos</b>	<b>242</b>	<b>323</b>	<b>342</b>	<b>402</b>	<b>500</b>	<b>536</b>	<b>512</b>	<b>326</b>	<b>437</b>	<b>406</b>	<b>379</b>	<b>357</b>	<b>669</b>
Folhas-de-Flandres	120	168	205	212	240	217	219	201	247	222	243	206	305
Chapas cromadas e outras	21	57	46	49	65	82	117	105	94	109	100	76	84
Chapas zincadas a quente	101	98	91	141	195	237	176	20	96	55	15	73	270
Chapas Eletro-Galvanizadas (3)										20	21	2	10
<b>Aços Especiais-Ligados</b>	<b>74</b>	<b>85</b>	<b>77</b>	<b>87</b>	<b>113</b>	<b>102</b>	<b>111</b>	<b>89</b>	<b>187</b>	<b>166</b>	<b>228</b>	<b>216</b>	<b>177</b>
Chapas e Bobinas Inoxidáveis	15	28	32	37	27	25	47	26	44	69	109	94	122
Chapas e Bobinas Siliciosas	24	24	24	25	24	11	11	9	8	11	12	6	3
Chapas e Bobinas de Outros Aços Ligados	35	33	21	25	62	66	53	54	135	86	107	116	52
<b>Longos</b>	<b>1942</b>	<b>1829</b>	<b>2208</b>	<b>2.390</b>	<b>2100</b>	<b>1137</b>	<b>917</b>	<b>790</b>	<b>637</b>	<b>968</b>	<b>1000</b>	<b>1015</b>	<b>1190</b>
Barras	293	268	321	275	240	180	136	134	123	125	150	159	177
Vergalhões	857	642	738	954	805	258	128	190	170	224	158	169	274
Fio-Máquina	662	701	947	887	847	551	448	291	166	390	425	405	486
Perfis Leves (4)	34	50	74	90	60	42	31	31	42	66	64	160	122
Perfis Médios e Pesados				38	25	11	19	10	31	63	65	58	42
Trilhos e Acessórios	-	2	-	1	2	-	1	2	3	3	3	3	6
Tubos sem Costura	96	166	128	145	121	95	154	132	102	97	135	119	125
<b>Outros</b>	<b>344</b>	<b>340</b>	<b>340</b>	<b>259</b>	<b>327</b>	<b>336</b>	<b>271</b>	<b>345</b>	<b>272</b>	<b>253</b>	<b>278</b>	<b>417</b>	<b>526</b>
Tubos com Costura	212	205	195	89	154	181	134	201	135	119	133	285	352
Tiras e Fitas	32	38	49	45	58	51	44	45	47	42	49	56	84
Trefilados	71	73	76	95	88	83	77	83	75	92	96	76	90
Acessórios para Tubos	29	24	20	30	27	21	16	16	15	16	18	18	20
<b>Total</b>	<b>8995</b>	<b>10922</b>	<b>11787</b>	<b>12237</b>	<b>11078</b>	<b>9655</b>	<b>10257</b>	<b>9163</b>	<b>8756</b>	<b>10033</b>	<b>9617</b>	<b>9309</b>	<b>11606</b>

Fonte: MDIC/SECEX apud IBS (vários números)

Notas: (1) Até 1992, consideradas conjuntamente exportações de chapas e bobinas a quente

(2) Até 1992, consideradas conjuntamente exportações de chapas e bobinas a frio

(3) Até 1998, consideradas conjuntamente as exportações de chapas chapas zincadas a quente e de eletro galvanizados

(4) Até 1992, consideradas conjuntamente as exportações de perfilados

Tabela 2.7. Importações Brasileiras de Produtos Siderúrgicos, por Tipo de Produto (1990-2002) (em toneladas)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
<b>Semi-acabados</b>	<b>235</b>	<b>219</b>	<b>220</b>	<b>486</b>	<b>2529</b>	<b>2794</b>	<b>20296</b>	<b>61608</b>	<b>7486</b>	<b>2523</b>	<b>111772</b>	<b>73901</b>	<b>3631</b>
Placas	n.d.	n.d.	n.d.	124	2328	2162	1991	23	12	63	106403	38495	235
Lingotes, blocos e tarugos	n.d.	n.d.	n.d.	362	201	632	1105	61585	7474	2460	5369	35406	3396
<b>Planos</b>	<b>137476</b>	<b>80834</b>	<b>84062</b>	<b>117388</b>	<b>68298</b>	<b>137956</b>	<b>149582</b>	<b>309291</b>	<b>344428</b>	<b>323897</b>	<b>486385</b>	<b>618813</b>	<b>370130</b>
<b>Não revestidos</b>	<b>86266</b>	<b>37355</b>	<b>28440</b>	<b>25780</b>	<b>8332</b>	<b>25254</b>	<b>39912</b>	<b>165230</b>	<b>157665</b>	<b>186316</b>	<b>192437</b>	<b>391380</b>	<b>201600</b>
Bobinas Grossas				-	41	7	312	20704	8008	16997	22790	63033	13842
Chapas Grossas	1782	1526	5711	2584	1289	2352	1563	11000	11196	5221	3232	49384	23036
Chapas Finas a Quente	104	4787	4585	275	326	403	307	445	5072	5998	1194	573	225
Bobinas a Quente				4031	518	410	8194	19537	24271	60378	56452	141450	63561
Chapas Finas a Frio	84380	31042	18144	1744	641	5164	3864	6765	6507	15585	3155	451	1766
Bobinas e Chapas Finas a Frio				17146	5517	16918	25672	106779	102611	82137	105614	136489	99170
<b>Revestidos</b>	<b>40344</b>	<b>29291</b>	<b>38887</b>	<b>72790</b>	<b>36725</b>	<b>57073</b>	<b>55939</b>	<b>80610</b>	<b>106412</b>	<b>94300</b>	<b>265045</b>	<b>167206</b>	<b>115507</b>
Folhas-de-Flandres	16634	11393	20716	27864	9024	12174	8949	10265	13933	18963	16811	11811	7375
Chapas cromadas e outras	10172	7969	9344	25491	16653	18464	21696	37254	46003	164	144	289	73
Chapas zincadas a quente	13538	9929	8827	19435	11048	26435	25294	33091	46476	62297	227360	136992	93827
Chapas Eletro-Galvanizadas*										12876	20730	18114	14232
<b>Aços Especiais-Ligados</b>	<b>13866</b>	<b>14188</b>	<b>16705</b>	<b>18818</b>	<b>23241</b>	<b>55629</b>	<b>53731</b>	<b>63451</b>	<b>80351</b>	<b>43281</b>	<b>28903</b>	<b>60227</b>	<b>53023</b>
Chapas e Bobinas Inoxidáveis	10835	10279	11534	13892	15628	34296	28123	34100	52200	25420	18022	29797	30321
Chapas e Bobinas Siliciosas	670	2556	3446	2851	5736	18902	24209	27453	22202	13284	6983	5933	1778
Chapas e Bobinas de Outros Aços Ligados	2361	1353	1755	2075	1877	2431	1399	1898	5949	4577	3898	24497	20924
<b>Longos</b>	<b>42000</b>	<b>57766</b>	<b>67831</b>	<b>50612</b>	<b>111553</b>	<b>95641</b>	<b>141824</b>	<b>191854</b>	<b>329473</b>	<b>210636</b>	<b>234634</b>	<b>283278</b>	<b>174998</b>
Barras	4238	3375	2992	5413	14789	14843	32517	23370	37926	18963	28719	35904	34478
Vergalhões	-	-	200	200	350	25	2336	2510	3189	87230	30559	3126	1430
Fio-Máquina	3342	2471	2363	4251	12986	12141	26043	32163	63467	26108	48952	35065	26591
Perfis Leves	2965	2074	9251	1091	833	2844	5520	11660	5367	2719	7482	1182	7988
Perfis Médios e Pesados				1479	2016	2178	18141	27005	27073	7087	13311	12435	15257
Trilhos e Acessórios	22058	39440	40064	17260	19811	24743	34841	53704	117657	33879	87082	164853	56144
Tubos sem Costura	9397	10406	12961	20918	60768	38867	22426	41442	74794	34650	18529	20713	33110
<b>Outros</b>	<b>16185</b>	<b>21104</b>	<b>25791</b>	<b>28168</b>	<b>32004</b>	<b>51968</b>	<b>66047</b>	<b>231575</b>	<b>217940</b>	<b>105140</b>	<b>96886</b>	<b>100007</b>	<b>123587</b>
Tubos com Costura	2763	5433	10370	6799	7579	13175	21378	124256	90033	27791	23753	22669	49029
Tiras e Fitas	9485	8985	10148	15645	13788	17728	20468	57765	68130	48734	27028	25698	23529
Trefilados	3067	5890	4498	3912	7258	15659	17982	40199	46183	28615	46105	51640	51029
Acessórios para Tubos	870	796	775	1812	3379	5406	6219	9355	13594	5800	7880	12207	12250
<b>Total</b>	<b>195896</b>	<b>159923</b>	<b>177904</b>	<b>196654</b>	<b>214384</b>	<b>288359</b>	<b>377749</b>	<b>794328</b>	<b>899327</b>	<b>647996</b>	<b>937557</b>	<b>1088206</b>	<b>684596</b>

Fonte: MDIC/SECEX apud IBS (vários números)

Notas: (1) Até 1992, consideradas conjuntamente exportações de chapas e bobinas a quente

(2) Até 1992, consideradas conjuntamente exportações de chapas e bobinas a frio

(3) Até 1998, consideradas conjuntamente as exportações de chapas zincadas a quente e de eletro galvanizados

(4) Até 1992, consideradas conjuntamente as exportações de perfilados



## Considerações Finais

A privatização da siderurgia brasileira constituiu-se, inquestionavelmente, no principal vetor da reestruturação setorial na década de 90. As mudanças em sua configuração patrimonial, direta ou indiretamente vinculadas às desestatizações, são parte de um amplo conjunto de transformações que incluiu também ajustes organizacionais, recuperação da situação financeira, retomada dos investimentos e redefinição da inserção internacional e de suas estratégias. Se, em um primeiro momento, a reestruturação se limitou a mudanças organizacionais na gestão da empresa e da produção, posteriormente aprofundou-se de acordo com as estratégias das diferentes empresas.

As principais mudanças estratégicas nas siderúrgicas brasileiras compreenderam: (a) expansão horizontal pela via de aquisições, como nos exemplos do grupo Gerdau, da Companhia Siderúrgica Belgo-Mineira (CSBM), da Acesita e da Usiminas; (b) internacionalização ativa, com papel preponderante do Gerdau que passou a deter importantes posições estratégicas dentro e fora do Brasil e de forma mais limitada pela CSBM e pela CSN; (c) redistribuição e especialização das linhas de produto entre usinas, com ou sem fechamento de plantas siderúrgicas; (d) focalização no *core business* e; (e) diversificação setorial localizada em certos casos (Usiminas e CSN).

Fundamentalmente, a privatização e as mudanças institucionais a ela associadas – notadamente a reestruturação dos passivos, a liberação de preços e a desregulamentação – permitiram uma importante retomada do investimento produtivo no setor a partir de 1994. Como se observou, a retomada de investimentos priorizou o mercado interno. As maiores ampliações de capacidades localizaram-se nas linhas de laminação a frio e galvanização, itens em que o consumo doméstico acercou-se da capacidade de produção. Além disso, contemplou a modernização da base técnica de produção, evidenciada, por exemplo, pela difusão maciça de equipamentos de lingotamento contínuo e metalurgia secundária, que não afetaram propriamente o volume mas sim a eficiência da produção e a melhoria do *mix*.

Posto que a expansão da capacidade produtiva da siderurgia brasileira ocorreu em ritmo significativamente inferior ao necessário para acomodar em simultâneo o atendimento a um mercado interno em expansão e a preservação do volume exportado, ocorreu um nítido retrocesso da participação brasileira nas exportações mundiais de aço na década de 90, a despeito de sua marcada competitividade internacional. Para fazer frente a este quadro, delinea-se no setor um

novo ciclo de investimentos que prevê um acréscimo de capacidade produtiva de 10,6 milhões de toneladas/ano até 2008. Cabe observar que os novos projetos de siderúrgicas no nordeste, com participação de capital externo, tenderiam a reforçar adicionalmente a inserção exportadora brasileira de itens de menor valor agregado (semi-acabados).



### **Capítulo 3. A Capacitação Tecnológica na Siderurgia Brasileira**

Neste capítulo procura-se delinear as capacidades tecnológicas da siderurgia brasileira no período que antecede a reestruturação setorial e no momento presente, com a finalidade de se examinar as implicações da reestruturação setorial para os processos de aprendizagem tecnológica das empresas siderúrgicas. A primeira seção discute a evolução do processo de aprendizagem e capacitação tecnológica destas empresas, especialmente durante os anos 80 e 90. A segunda seção delinea o quadro atual, resultado do intenso processo de reestruturação setorial e suas conseqüências para o estágio do processo de aprendizagem nessa indústria até 2002.

#### **3.1. Reestruturação Setorial e Capacitação Tecnológica: antecedentes**

A siderurgia brasileira montou o seu parque com tecnologias adquiridas externamente. PAULA e FERRAZ (1990) salientaram, entretanto, que se vislumbrava uma trajetória de redução de importação de tecnologia já na década de 80. Tal tendência refletia, em parte, uma maior maturidade tecnológica das empresas brasileiras, que foram crescentemente interiorizando desenvolvimentos próprios na área de otimização de processos e na área de desenvolvimento de produtos, que, por sua vez, foram induzidos pela inacessibilidade de assistência técnica neste último tipo de tecnologia (LANA LEAL, 1987:11 *apud* PAULA e FERRAZ, 1990:15). Isso foi possível graças a duas peculiaridades da indústria siderúrgica: (a) a estagnação relativa da fronteira tecnológica, que possibilitou, após um longo processo de aprendizado, a superação das barreiras tecnológicas existentes e a consolidação do parque siderúrgico nacional; (b) o acesso à tecnologia de processo aos novos entrantes, mesmo no caso dos aços especiais. Para as empresas que adentraram tardiamente neste último segmento, o domínio da tecnologia de processo (absorção de tecnologia e capacidade de adaptação às condições de cada planta) definiu a sua permanência (ou não) no mercado (FERREIRA, 1997).

A acumulação de capacidades tecnológicas das siderúrgicas brasileiras iniciou-se pela realização de atividades de apoio às áreas de produção e comercialização e teve no aprendizado resultante do desempacotamento das tecnologias importadas uma fonte muito relevante (FURTADO *et alii*, 2000). A constituição e consolidação de centros de pesquisa e desenvolvimento (P&D) viria a ser uma etapa posterior no processo de capacitação tecnológica das siderúrgicas brasileiras. De fato, foi somente na segunda metade da década de 70 que se verificou um grande impulso no esforço tecnológico interno, acompanhando o substancial incremento da produção (PAULA, 1992).

### Box 3.1. A Experiência de Transferência de Tecnologia e Aprendizagem da Usiminas

Fundada em 1956, a Usiminas iniciou a produção de ferro gusa em 1962, sob responsabilidade operacional dos parceiros japoneses, representados pela Nippon Usiminas (que contou com a participação inicial de sete siderúrgicas e sete produtoras de bens de capital), acionista que aportou 40% do investimento inicial. Em 1966, a usina alcançou uma capacidade nominal de 500 mil toneladas/ano. A responsabilidade operacional, passou, então, aos brasileiros, que adquiriram 80% das ações. Esta capacidade inicial foi ampliada posteriormente em 3 etapas sucessivas: com o estágio I de expansão (completado em 1974), a capacidade atingiu 1,4 milhão de toneladas/ano; no estágio II (em 1976) a capacidade foi elevada para 2,4 milhões de toneladas/ano; e com o estágio III ela alcançou, em 1982, a capacidade de 3,5 milhões de toneladas/ano (FERREIRA, 1989b).

A Usiminas partiu de um estado de completa dependência técnica. Na *joint-venture*, coube ao parceiro japonês o essencial da transferência de tecnologia: o grupo elaborou o projeto técnico, forneceu assistência técnica durante as etapas de construção, colocou a usina em funcionamento e foi ainda responsável pela sua operação durante os anos iniciais (1962/66). Como consequência de um esforço coletivo, coordenado pela direção da siderúrgica, deslocaram-se sucessivamente os gargalos tecnológicos do fluxo produtivo nos seis anos que se seguiram à saída dos japoneses. O período, entretanto, foi marcado por fortes restrições externas e por uma conjuntura econômica adversa (recessão 1964/66). Posteriormente, o diagnóstico do governo federal subestimou a demanda de aço no final dos anos 70, o que coibiu decisões de investimento na siderurgia brasileira. Assim, a planta ampliou sua capacidade de produção prescindindo da introdução expressiva de novos equipamentos (DAHLMAN e FONSECA, 1988).

Estes mesmos autores salientaram que entre 1966 e 1972 a capacidade nominal de produção de aço bruto aumentou em aproximadamente 140%, passando para 1,2 milhão de toneladas/ano com os equipamentos basicamente originais e com pouco investimento adicional. Entretanto, a capacidade nominal das áreas de redução e aciaria situava-se em torno de 500 mil toneladas/ano. A ampliação dos ganhos de escala, principalmente através da capacitação do coletivo de trabalhadores, permitiu que o nível de produção de aço se aproximasse sucessivamente da capacidade nominal de laminação (1 milhão de toneladas/ano) (FERREIRA, 1997).

Aos poucos, a empresa foi acumulando suas próprias competências tecnológicas e reduzindo sua dependência em relação à importação de tecnologia dos parceiros japoneses. Com o objetivo de responder de forma eficaz aos desafios suscitados pelos planos de expansão, a Usiminas implantou a partir do final da década de 60 um serviço de engenharia, cuja função inicial era a de coordenar a elaboração e execução destes planos, dado que nos primeiros estágios da expansão, grande parte da engenharia coube a firmas japonesas (aproximadamente 70% no estágio II) (FERREIRA, 1989b:09). Segundo o autor, tendo o setor de engenharia da empresa adquirido uma certa experiência, em decorrência de sua participação nos estágios I e II, ele foi encarregado pela direção de realizar a totalidade dos serviços de engenharia no estágio III (iniciado em 1975), incluindo a concepção do projeto de base, o *lay out*, as especificações dos equipamentos encomendados, a análise das propostas de equipamentos e o acompanhamento das obras até a conclusão.

As melhorias de processo foram acompanhadas de uma inflexão no modelo de assistência técnica externa. A Nippon Steel permaneceu até 1986 como o principal parceiro, mas seus técnicos passaram a não intervir diretamente no processo, emitindo recomendações sobre as atividades de produção e assessoria (engenharia, manutenção, metalurgia e pesquisa), enquanto a Usiminas, por outro lado, preocupava-se em formar seus empregados, enviando-os para visitas às usinas japonesas (FERREIRA, 1997).

Cabe observar que a Usiminas recorreu à assistência técnica das siderúrgicas japonesas em um momento especialmente favorável. No imediato pós-guerra, aquele país encontrava-se interessado em credenciar-se como fornecedor de equipamentos siderúrgicos e de tecnologia. Dessa forma, à Usiminas caberia o papel de ilustrar internacionalmente a capacidade tecnológica da siderurgia japonesa, constituindo-se, portanto, em um *“showcase”* (DAHLMAN e FONSECA, 1988).

Conforme FERREIRA (1997:22), ainda que a reprodução deste tipo de experiência seja difícil, o peso dos condicionantes externos à firma não deve ofuscar a importância dos mecanismos internos que lhe deram guarida. As relações estreitas com as firmas japonesas, a estabilidade do corpo gerencial e suas decisões explicitamente voltadas para a formação do corpo técnico e operacional permitiram a transição da completa dependência para o advento de certa capacidade de criação tecnológica própria. No que diz respeito às políticas de compra e desenvolvimento de tecnologia da Usiminas, este mesmo autor (FERREIRA, 2003) salientou que faz parte da estratégia da empresa negociar a compra de tecnologia sob a forma de “pacotes abertos”, monitorando a especificação, o projeto e a implantação dos equipamentos pelos fornecedores, política que também é adotada em outras áreas (engenharia e manutenção, por exemplo).

O nível de estruturação e os resultados obtidos em atividades como P&D e automação industrial diferenciaram a Usiminas em relação às demais siderúrgicas instaladas no país. Dentre as siderúrgicas brasileiras, a empresa apresenta o maior faturamento de venda de tecnologia no mercado latino-americano, tendo prestado serviços na implantação da Açominas, principalmente entre os anos de 1976 a 1978, à CST e, em menor grau, à Cosipa. Apoiando-se em informações da Coordenação de Assistência Técnica da Usiminas, ASSIS (1987 *apud* PAULA e FERRAZ, 1990:20) observou que o balanço tecnológico da empresa passou a ser superavitário já em 1978, considerando-se 1972 o ano inicial deste levantamento.

Fonte: Elaboração própria

O box 3.1 apresenta uma descrição sumária da experiência de transferência de tecnologia e aprendizagem da Usiminas, tomada como exemplo paradigmático de capacitação na siderurgia brasileira.

Um conjunto de trabalhos realizados entre a segunda metade da década de 80 e meados dos anos 90 (QUEIROZ, 1987; FERREIRA, 1989b; BATISTA e PAULA, 1989; PAULA e FERRAZ, 1990; PAULA, 1992; 1993; PINHO, 1993; FURTADO *et alii*, 1994) propicia o delineamento de um quadro abrangente da capacitação em P&D da siderurgia brasileira no período anterior à reestruturação setorial.

Conforme PAULA (1992:112), os esforços de implantação de unidades de pesquisa na siderurgia brasileira foram muito diferenciados, mas três traços pareciam caracterizar a situação da P&D da na siderurgia brasileira no início da década de 90: (a) poucos recursos eram direcionados a esta atividade; (b) o modelo de P&D da siderurgia brasileira era intensivo em gastos com recursos humanos; (c) a pesquisa de produtos vinha, cada vez mais, aumentando sua importância relativa.

Ademais da baixa intensidade em pesquisa da siderurgia brasileira, evidenciada no quadro 3.1, os esforços tecnológicos se caracterizavam por uma marcada heterogeneidade. PAULA (1992:112-113) mostrou que das cerca de 35 empresas siderúrgicas atuando no País naquele momento, apenas 8 possuíam centros de pesquisa formais. Nestas últimas, o autor diferenciou dois estágios de consolidação dos centros de P&D: o primeiro, menos sofisticado, contando apenas com especialistas de desenvolvimento, muitas vezes dispersos no interior da usina, sem laboratório próprio. O segundo correspondia à existência de centros de pesquisa formalmente institucionalizados nas empresas. Segundo tal taxonomia proposta pelo autor, Acesita, Aparecida, Piratini e CST estariam no primeiro estágio, enquanto Usiminas, CSN e Villares já teriam se consolidado no segundo. A Cosipa, por sua vez, ocuparia posição intermediária.

No que diz respeito à propriedade do capital, constata-se que o setor estatal era o que mais direcionava recursos para P&D na siderurgia brasileira<sup>65</sup>. As empresas privadas não envidavam esforços tecnológicos significativos e as estrangeiras dependiam das tecnologias geradas em suas matrizes. Tal proposição se adequaria à Mannesmann (alemã), Belgo-Mineira (com participação

---

<sup>65</sup> LANA LEAL (1987 *apud* PAULA, 1992:126-127), em artigo sobre absorção e desenvolvimento tecnológico nas empresas industriais, enumerou alguns empecilhos ao P&D no setor estatal: (a) dificuldades de importação de equipamentos para P&D, por excesso de controle e morosidade da burocracia governamental; (b) cortes horizontais nos orçamentos das estatais, sem diferenciação de empresas; (c) dificuldades de treinamento no exterior, diante da necessidade de aprovação ministerial; (d) objetivos políticos em detrimento dos empresariais.

da luxemburguesa Arbed) e à Pains (que possuía controle majoritário do grupo alemão Korf) (PAULA, 1992).

O quadro 3.1. apresenta dois indicadores de esforços de desenvolvimento tecnológico internos (dispêndios e percentual de funcionários envolvidos em P&D) e um de resultado (patentes) da siderurgia brasileira. Menciona-se, além disso, o início das atividades de P&D e a data de inauguração do laboratório.

Quadro 3.1. Indicadores de Pesquisa e Desenvolvimento da Siderurgia Brasileira (1989-1991)

	Usiminas	CSN	Cosipa	CST	Acesita	Aços Villares	Eletro-metal	Piratini
Gastos P&D/ vendas (%)	0,60	0,30 (1)	0,10	0,04	0,60 (2)	0,26	7,00	n.d.
Efetivo em P&D/ 10.000 funcionários	280,3	139,4	41,7	1,7	35,7	n.d.	n.d.	n.d.
Patentes depositadas BR	286	194	117	28	6			5
Patentes concedidas BR	94	43	29	2	2			
Patentes depositadas no Exterior	55							
Patentes concedidas no Exterior	15							
Início atividades P&D	1967	1957	1982	1988	1976	1975		
Inauguração laboratório	1971	1972	1988					

Fontes: Elaboração própria a partir de PAULA (1992:113; 117)

Notas: (1) Indica o percentual estimado

(2) Indica o percentual planejado

Descreveremos sumariamente a estruturação da função tecnológica nas siderúrgicas brasileiras. O planejamento do Centro de Pesquisa da Usiminas iniciou-se em 1967, quando foram realizadas a seleção e o treinamento de seu núcleo básico, constituído inicialmente por 9 especialistas de nível superior, sendo 7 recém-formados e 2 bastante experientes (PAULA e FERRAZ, 1990). O Centro de Pesquisas propriamente dito foi criado em 1971, como departamento de *staff* subordinado diretamente à Chefia Geral da Usina, após ter sido criada infra-estrutura tecnológica no Departamento de Metalurgia e Inspeção e na Engenharia Industrial (LEAL, 1979 *apud* FURTADO *et alii*, 2000). Em termos do pessoal lotado no Centro de P&D da Usiminas e das principais atividades desempenhadas, PIMENTA (1988 *apud* PAULA e FERRAZ, 1990:26) fez a seguinte periodização: (a) Etapa I (1967-1975) – implantação das atividades de pesquisa na empresa, circunscritas, em larga medida, à avaliação de matérias-primas e produtos e à análise dos processos industriais; (b) Etapa II (1976-1986) – expansão do centro –, sendo que, no período 1974-79, o efetivo de pesquisadores duplicou, tendo-se estabilizado a partir de então; (c) Etapa III (a partir de 1987) – busca de desenvolvimento de novos processos, novos produtos e novos materiais.

Em termos de recursos destinados à pesquisa, desde a sua criação, a diretoria da Usiminas estabeleceu uma meta de dispêndios em P&D correspondente a 0,5% do faturamento bruto apenas para suprir os gastos com despesas operacionais (excluídos os recursos para investimentos). Em 1979, esta meta foi elevada para 0,6%. Conforme PAULA e FERRAZ (1990:26-27), podia-se afirmar que a empresa vinha cumprindo tal determinação, com os recursos destinados ao Centro chegando ao auge no início da década de 80, quando atingiram cerca de 0,80% do faturamento bruto. Ainda segundo estes mesmos autores, o Centro de Pesquisas da Usiminas primava pelo planejamento das atividades, o qual se dividia em três níveis: (a) plano estratégico para 3 a 5 anos, contendo orientação e esforços previstos ao desenvolvimento tecnológico; (b) linhas de pesquisa e desenvolvimento a serem executados nos 3 anos seguintes, inclusive com a estimativa de custo de cada projeto; e (c) plano anual, detalhando as atividades a serem executadas.

Segundo PAULA e FERRAZ (1990), as origens das atividades de P&D na CSN remontam a 1957, ano em que foi contratado o professor e pesquisador francês Jean Papier, que iniciou as atividades de pesquisa com cerca de 80 funcionários. Havia anteriormente um pequeno grupo de 15 pessoas, ligado ao Departamento de Processos e Inspeção, que já desenvolvia pesquisa informalmente desde 1949. No ano de 1969, o número de funcionários envolvidos em atividades de pesquisa correspondia a 120, incluindo pessoal de qualidade industrial. Em 1972, os laboratórios de pesquisa foram inaugurados. Até 1975, ocorreu crescimento acentuado no número de pessoal alocado no Centro de Pesquisas, tendo esse número se estabilizado a partir de então. A qualificação profissional teve grande impulso no início da década de 80, com a obtenção de títulos de mestrado no exterior por cerca de 15 pesquisadores (LEAL, 1989 *apud* PAULA e FERRAZ, 1990:27). Quanto aos dispêndios com custeio de pesquisas em relação ao faturamento, CSN (1991 *apud* PAULA 1992:115) atestava que eles foram de 0,22% (1985), 0,32% (1986), 0,43% (1987), 0,20% (1989) e 0,50 % (1990)<sup>66</sup>. A média, portanto, se aproximava do quadro 3.1: 0,30% do faturamento.

As atividades internas de pesquisa na Cosipa se iniciaram em 1975, com a criação do Centro Tecnológico de Pesquisa Aplicada (CTPA), com aproximadamente 20 técnicos recrutados internamente. Porém os laboratórios eram precários. Em 1978, tal centro foi extinto pela nova

---

<sup>66</sup> Ressaltou-se, entretanto, que o aumento percentual verificado em 1990, refletia mais a queda do faturamento do que propriamente o crescimento dos dispêndios em P&D.



diretoria, que possuía uma meta “quantitativista”, visando diminuir a defasagem existente entre a capacidade nominal e a produção efetiva (PAULA e FERRAZ, 1990:28). Ademais, observam estes autores, o referido centro não possuía objetivos bem determinados e o pessoal alocado não dispunha de formação em pesquisa. Com a extinção do CTPA, os técnicos foram redistribuídos na linha de produção.

Os esforços em P&D na Cosipa foram retomados no início dos anos 80. Buscou-se contratar profissionais especializados em P&D, mesclando-os com profissionais de reconhecida capacidade do quadro técnico da companhia. Este núcleo contava inicialmente com cinco engenheiros pós-graduados na Superintendência de Engenharia da Produção, realizando a interface com a comunidade técnica e científica e administrando projetos encomendados a outras instituições (demandados, em sua maioria, pelo controle metalúrgico, preocupado com problemas de curto prazo, e tendo como objetivo básico a melhoria permanente da qualidade e do nível de rendimento metálico) (VILLELA, 1984 *apud* FURTADO *et alii*, 2000:53). O pessoal alocado foi crescendo na proporção dos cursos de mestrado realizados pelos engenheiros da empresa. Em dezembro de 1984, dois anos após o início informal desta experiência, o Núcleo de Pesquisas Tecnológicas foi oficializado pela Diretoria (PAULA, 1992: 116). Este mesmo autor salientou que, mesmo incluindo os gastos com consultorias externas, das três grandes estatais siderúrgicas, a Cosipa era a que menos investia, proporcionalmente, em P&D.

Conforme FERREIRA (1997), datam de 1975/76 as primeiras medidas relacionadas com a formalização, normalização e planejamento das atividades de P&D da Acesita. Concomitantemente à execução do terceiro plano de expansão da capacidade produtiva (1973/86), previa-se a criação de uma área de controle metalúrgico do processo produtivo e de um centro de pesquisas, uma vez consolidado o monitoramento técnico. Não se consolidou um centro de pesquisa formal, isolado das atividades cotidianas da empresa, embora se contasse com uma Divisão de Metalurgia, correspondente a um núcleo de pesquisa com cerca de 35 engenheiros pós-graduados (PAULA, 1992). Este mesmo autor salientou que a empresa trabalhava com uma estrutura dual, pois além dos pesquisadores dispersos na usina, observava-se aglutinação de outros pesquisadores em laboratórios do CETEC. Em 1987, foi criado um centro de pesquisa para gerenciar todo o desenvolvimento e licenciamento de tecnologia. Implantou-se também um planejamento estratégico da área de pesquisas, com previsão de investimentos em

infra-estrutura, documentação técnica e construção de laboratórios diversos (ANDRADE e BARBOSA, 1987, PIMENTA *et alii*, 1987 *apud* FURTADO *et alii*, 2000:53).

Na CST, por sua vez, constituiu-se um núcleo de pesquisas ao final da década de 80. Segundo ANDRADE (1989 *apud* PAULA, 1992:116), um dos fatores que contribuíram para a implantação do núcleo foi a indisponibilidade de fornecimento externo de tecnologia para a fabricação de produtos. As atividades do referido núcleo se iniciaram em maio de 1988 e em junho de 1990 constituiu-se uma gerência formal na estrutura organizacional da empresa. Conforme PAULA e FERRAZ (1990), havia 10 engenheiros lotados nesta gerência, recrutados internamente. Para a expansão do quadro deveriam ser contratados engenheiros recém-formados. Aqueles mesmos autores observaram que se pretendia elevar o número de pesquisadores para 29, independentemente da segunda etapa da usina (duplicação da capacidade instalada, com enobrecimento do *mix* de produção) e, caso esta obra se concretizasse, tal número chegaria a 56. A empresa pretendia ainda, montar, a curto prazo, um laboratório de metalografia, a um custo estimado de US\$ 1,16 milhão. A filosofia do núcleo era a de grande aproximação com a linha de produção, visando evitar o surgimento de uma noção “elitista” de pesquisa (PAULA e FERRAZ, 1990:29). Reconhecia-se ainda que o núcleo se encontrava em estágio incipiente, o que se comprovava pelos dispêndios em P&D em relação ao faturamento: 0,01% (em 1988-89), 0,03% (em 1990), chegando próximo a 0,04% (em 1993) (MORANDI, 1996:191).

Já a Açominas não possuía centro de pesquisa próprio, apesar de ter alguma atividade de pesquisa e desenvolvimento e cerca de 100 pessoas efetivas nessa área (FURTADO *et alii*, 2000:53).

A implantação das atividades de P&D na Villares deu-se no ano de 1975. Conforme METALURGIA-ABM (1987), os esforços de P&D distribuía-se basicamente em desenvolvimento de produto e processo, apoio técnico aos órgãos de engenharia para a resolução de problemas e desenvolvimento de métodos e ensaios. Por desenvolvimento de produto e processo, entendiam-se os trabalhos de caracterização ou melhoria do produto convencional, ou de introdução de um produto ou processo novo, tanto no sentido técnico como no comercial. No âmbito do Centro de Pesquisas eram realizadas também atividades de acompanhamento de tecnologias de interesse para a empresa, atividades de treinamento, contatos com entidades externas de fomento ou de P&D (METALURGIA-ABM, 1987). A partir de 1987, o Centro de Pesquisas ampliou o seu campo de atuação, com início de uma prestação sistemática de serviços

à Vibasa, outra empresa do grupo Villares no campo da siderurgia, localizada em Pindamonhangaba.

METALURGIA-ABM (1987) informava ainda que na área de recursos humanos, o Centro de P&D contava com uma equipe de quatorze pessoas, sendo oito de nível superior – dois deles com nível de mestrado – e três de nível técnico. Os gastos correntes com P&D concentravam-se na despesa com pessoal: cerca de 70%. A evolução dos dispêndios em P&D em relação ao faturamento da Aços Villares no período 1982-86 foi a seguinte: 0,25% (1982); 0,21% (1983); 0,14% (1984); 0,20% (1985); 0,26% (1986). Cabe observar que estes dispêndios experimentaram um aumento na primeira metade da década de 90, atingindo 0,50% (em 1991), 0,54% (em 1992) e 0,41% (em 1993). Nesta ocasião o centro contava com 20 pesquisadores, sendo 6 com doutorado e o restante com mestrado (GAZETA MERCANTIL, Relatório “Incentivos Fiscais à Tecnologia”, 31.05.94 *apud* CAMARGOS e PAULA, 1997:19).

O segmento de aços especiais no Brasil era ainda menos intensivo em pesquisa, em relação ao segmento estatal de planos. Dada a maior complexidade tecnológica que envolve este segmento produtor, caracterizado pela extensa variedade de produtos obtida, em princípio, através de P&D, a baixa intensidade de pesquisas era ainda mais problemática do que nos demais. PAULA (1992: 117) salientou que a exceção a este quadro era a Eletrometal (atual Villares Metals), uma pequena usina de 40 mil toneladas/ano, cujo faturamento anual era de US\$ 100 milhões e que investia 7% do seu faturamento em P&D. Este mesmo autor observou que em função de fabricar materiais estratégicos (inclusive bélicos) e metais nobres, pouco se conhecia sobre as pesquisas levadas a cabo por esta usina<sup>67</sup>.

Havia um consenso entre os estudiosos do setor de que o incremento das pesquisas no segmento de aços especiais era pré-requisito para um maior desenvolvimento deste segmento relativamente pequeno no País em relação aos padrões internacionais (QUEIROZ, 1987; PAULA e FERRAZ, 1990; PAULA, 1992).

Cumprir observar que os esforços tecnológicos das siderúrgicas brasileiras estiveram aquém dos empreendidos pelos principais concorrentes internacionais. Mesmo entre aquelas que já possuíam

---

<sup>67</sup> De toda forma, cabe observar que, para a fabricação de sua extensa linha de produtos, a Eletrometal utilizava avançados processos e equipamentos: (a) aciaria elétrica, com fornos a arco e forno VAD-VOD, para desoxidação e desgaseificação sob vácuo e para oxidação e descarburização sob pressão reduzida; (b) elaboração em forno de indução sob vácuo – VIM; (c) refusão sob escória em forno ESR-Electroslag; (d) refusão em forno de eletrodo consumível a arco, sob vácuo – VAR (SILVA e MEI, 1988).

centros de pesquisa estruturados, apenas a Usiminas efetuava gastos em P&D nos moldes da indústria internacional. Conforme o IISI (*apud* PAULA, 1992:119), no ano de 1987, o dispêndio em P&D da Cosipa-CSN-Usiminas situava-se em torno de 0,39% do faturamento, porcentagem inferior à observada na austríaca Voest Alpine (0,82%), na francesa Usinor-Sacilor (0,91%), na japonesa Nippon Steel (2,90%), na coreana Posco (0,87%), na luxemburguesa Arbed (0,70%) e na finlandesa Rautaruuki (0,93%). Como observou PAULA (1993:89), é bem verdade que a Pesquisa de Campo do Estudo da Competitividade da Indústria Brasileira mostrava uma tendência de elevação dos dispêndios relativos de P&D na siderurgia brasileira: 0,21% do faturamento (no período 1987/89) e 0,27% (em 1992). Entretanto, continuava sendo significativamente inferior à média européia, cerca de 0,60%.

Ademais dos escassos recursos direcionados às atividades tecnológicas, o modelo de P&D da siderurgia brasileira apresentava o agravante de ser intensivo em dispêndios com recursos humanos. Cerca de 85 a 90% dos gastos em P&D no País eram relativos às folhas de pagamentos e aos encargos sociais (PAULA, 1992:118). Essa situação se mostrava claramente insatisfatória, na medida em que se destinava poucos recursos para a aquisição de equipamentos e materiais.

A capacitação do pessoal de pesquisa da siderurgia brasileira era também baixa em relação à média internacional (USIMINAS, 1988a *apud* PAULA, 1992). Como mostra o quadro 3.2, 40% dos funcionários envolvidos em atividades tecnológicas eram mestres, sendo que em todo o setor, apenas três eram doutores. A maior parte do treinamento era realizada *on the job*. A exceção a esse quadro de baixa capacitação formal dos pesquisadores era a Acesita, cujo ingresso na Divisão de Metalurgia se dava mediante realização do mestrado (usualmente, na UFMG). Além dos cursos de pós-graduação, a capacitação dos pesquisadores incluía freqüentemente treinamentos/estágios em centros de pesquisa no exterior, especialmente no Japão e no Canadá (PAULA, 1992).

Quadro 3.2. Efetivo e Capacitação do Pessoal de Pesquisa e Desenvolvimento na Siderurgia Brasileira ao Final da Década de 80

	CSN	Usiminas	Cosipa	CST	Acesita	Villares	Aparecida
Total efetivo	223	367	61	15	32	14	15
% com curso superior	22 (1)	23	57	73	100	57	60
% com mestrado	8 (2)	7	34	13 (3)	100		

Fonte: PAULA (1992:121)

Obs:(1) inclui 8 graduados em programas de mestrado

(2) inclui 1 doutor e 2 mestres em programa de doutoramento

(3) inclui 2 doutores

De todo modo, em diagnóstico das capacidades tecnológicas das três estatais produtoras de planos no início da década de 90, FURTADO *et alii* (1994:66-70) observaram que todas elas possuíam um departamento de engenharia de produto e haviam adquirido uma capacidade autônoma de desenvolvimento de produto. A atividade essencial consistia na definição dos procedimentos de fabricação necessários para se atingir especificações fixadas dentro de cada família de aços. Em processo, observaram que todas as empresas possuíam sistemas de programação e controle da produção, departamentos de controle de qualidade e áreas voltadas aos aperfeiçoamentos de processos.

De uma maneira geral, as atividades em P&D das siderúrgicas brasileiras estiveram voltadas para o desenvolvimento de produto (introdução de novos produtos e o aprimoramento da qualidade existente) e para a melhoria de processos já instalados, sendo incipientes ou nulas as atividades tecnológicas em desenvolvimento de processo (PAULA e FERRAZ, 1990; PAULA, 1992, 1993; FURTADO *et alii*, 1994; CAMARGOS e PAULA, 1997; FURTADO *et alii*, 2000).

É interessante observar que as atividades tecnológicas em produto foram se tornando cada vez mais importantes nos portfólios de P&D das siderúrgicas brasileiras. A tabela 3.1. abaixo discrimina a importância relativa da natureza do esforço tecnológico empreendido pela Usiminas no período 1982-90<sup>68</sup>. Evidencia a crescente importância do desenvolvimento de novos produtos, em detrimento da participação relativa dos estudos de insumos e materiais. Conforme ETRUSCO & CORTES (1990, *apud* PAULA, 1992:125), o desenvolvimento de produtos equivalia a 40% dos equipamentos instalados no Centro de Pesquisas da Usiminas (em termos de valor) e 24,5% da área total. Embora não apresentasse dados, CSN (1991 *apud* PAULA, 1992:125) assegurava que os gastos com desenvolvimento de produto já eram também os mais relevantes para aquela

<sup>68</sup> Esta estatística de distribuição dos dispêndios do Centro de P&D da Usiminas é de enorme relevância para os fins desta dissertação de mestrado, dada a sua importância no contexto da siderurgia nacional. Estimava-se que os gastos de pesquisa desta empresa representassem 45% dos dispêndios totais com pesquisa do setor (PAULA, 1992).

usina. Tais atividades tecnológicas em produto foram se tornando cada vez mais importantes pela inacessibilidade da compra de tais desenvolvimentos em nível mundial (PAULA, 1993).

Tabela 3.1. Discriminação do Esforço de Pesquisa da Usiminas (1982-1990) (%)

	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
Racionalização e energia	7	5	4	3	3	7	6	7	8
Insumos e Materiais	26	26	29	26	28	22	21	20	21
Melhoria Qualidade Produtos	10	5	9	10	10	7	7	8	6
Desenvolvimento de Novos Produtos	17	25	25	24	20	19	29	29	37
Melhoria de Processos	23	22	19	23	24	29	20	20	24
Estudos de Métodos/Técnicas	9	9	7	7	10	10	12	8	9
Equipamentos/Instrumentos	8	8	7	7	5	6	5	8	5

Fonte: PAULA (1992:124)

O esforço de P&D em processo se restringia a possibilitar a absorção de novas tecnologias, promover apoio às atividades de controle de qualidade e produção e diagnosticar as reais necessidades tecnológicas do setor (PAULA, 1992:124).

Desta forma, o setor realizava predominantemente mudanças técnicas incrementais, de natureza otimizadora/adaptadora. Conforme FERRAZ (1985 *apud* PAULA, 1992:125), a adaptação refere-se à adequação da base técnica (usualmente importada) para condições específicas e distintas daquelas vigentes na economia geradora de tal tecnologia. As atividades otimizadoras, por sua vez, visam maximizar o rendimento operacional de uma dada tecnologia produtiva já incorporada na operação, não incorrendo em alterações sensíveis nesta última.

Embora tenha conseguido absorver a tecnologia de operação e manutenção, a adaptação e otimização de processos produtivos já instalados ou em instalação, bem como o desenvolvimento de produtos, a siderurgia brasileira não conseguiu desenvolver um *background* técnico capaz de desenvolver tecnologias de novos processos (PAULA, 1993). Não possuíam tampouco *background* técnico suficiente os fornecedores de tecnologia nacionais<sup>69</sup> – fabricantes de equipamentos, empresas de engenharia, universidades e institutos de pesquisa (PAULA, 1992; BATISTA e PAULA, 1989). Assim, necessitou-se recorrer amplamente à aquisição externa de

<sup>69</sup> Em PAULA (2003b), há uma interessante análise do caso Tecnored, pequena empresa sediada no Rio de Janeiro, que vem se dedicando nos últimos 20 anos a desenvolver uma inovação radical, baseada em pelotas auto-redutoras, que poderá resultar na difusão de um equipamento substituto ao alto-forno, o processo Tecnored, mencionado no tópico 1.2. Para isso, ela se associou em momentos distintos a empresas de maior porte, tais como a Fundação Tupy (1980-92), a Caemi (1980-2000) e a North Star Steel/Cargill (a partir de 2000). Este mesmo autor observa que a principal motivação para desenvolver essas alianças foi a falta de mecanismos, na economia brasileira, para financiar projetos tecnológicos radicais, de alto risco e com longo tempo de maturação.

tecnologia no âmbito do processo de atualização do parque produtor a partir da segunda metade da década de 90.

Conforme PAULA (1993), outra característica marcante da siderurgia brasileira foi a incapacidade de promover pesquisa cooperativa, mesmo quando parcela preponderante da produção era formada por empresas controladas pela Siderbrás. Este mesmo autor observou que a própria inexperiência nacional na articulação de projetos cooperativos e a existência de gargalos tecnológicos diferenciados nas usinas explicam em grande parte o fracasso em atingir este objetivo. Ademais, constatou-se que havia escassa interação com universidades e institutos de pesquisa.

FURTADO *et alii* (1994) observaram que as estatais de planos vinham se modernizando em termos de equipamentos em ritmo razoável até 1984, quando a redução dos investimentos forçou uma diminuição que não chegou a reverter esse processo, mas o tornou mais lento. De toda forma, salientaram que o quadro da siderurgia brasileira de planos mostrava desequilíbrios e um *blending* tecnológico que teriam sido superados, se os investimentos tivessem sido mantidos. Essa parecia ser a característica geral no que se refere à atualização tecnológica: desigualdade entre as empresas e entre as etapas no interior das empresas<sup>70</sup> (FURTADO *et alii*, 1994; BATISTA e PAULA, 1989; PAULA e FERRAZ, 1990; PAULA, 1992; 1993).

Uma observação comum nas análises do setor era a necessidade de se aprofundar a inserção competitiva da siderurgia brasileira em direção aos produtos mais nobres, aprimorar os padrões de qualidade, desenvolver capacidades tecnológicas mais efetivas e ampliar os investimentos em atualização tecnológica e automação industrial. De fato, a siderurgia brasileira era reconhecidamente uma exportadora de produtos de baixo valor agregado.

Depreende-se dos estudos examinados que a siderurgia brasileira apresentava resultados satisfatórios da fase de redução até o refino do aço, sendo que as maiores defasagens concentravam-se ainda na aciaria (metalurgia de panela e lingotamento contínuo) e na laminação.

---

<sup>70</sup> As atividades de especificação e implantação de sistemas automatizados permitiram a atualização mais precoce da Usiminas em relação ao parque siderúrgico nacional. Ao final da década de 80 ela era considerada a unidade mais avançada dentre as usinas do sistema Siderbrás quanto ao desenvolvimento de sistemas integrados de controle automático de processos. A Usiminas destacava-se ainda pelo alto nível de atualização de seus produtos em linha. Conforme FURTADO *et alii* (1994:66), em 1990, 30% das suas vendas correspondiam a aços lançados nos cinco anos anteriores. Ademais, foi pioneira na introdução de inovações de controle de processos, tais como controle dinâmico com sublança nos conversores e técnicas de refino secundário

Na etapa de redução, o equipamento mais importante é o alto-forno. Para fins de comparação internacional, foram considerados os dados referentes aos altos-fornos a carvão mineral, uma vez que os altos-fornos a carvão vegetal são uma peculiaridade da siderurgia brasileira. A tabela 3.2 apresenta o indicador *coke rate*, que afixa o consumo de coque (Kg) necessário para a produção de uma tonelada de ferro-gusa, para as siderurgias japonesa e brasileira. Como o coque é o insumo básico para a fabricação de gusa, quanto menor a razão, maior é a produtividade do alto-forno<sup>71</sup>. Os números apresentados por PAULA (1993:54) evidenciam que os valores alcançados pela siderurgia brasileira se aproximavam dos obtidos pela japonesa, sendo que no biênio 1987/88 eles foram, inclusive, melhores. Em linhas gerais, salientou este mesmo autor, o indicador de desempenho operacional dos altos-fornos brasileiros era bastante satisfatório, assim como para quase todos os equipamentos da etapa de redução.

Tabela 3.2. Evolução do *Coke Rate* – Brasil e Japão (1980-89)

	Kg de coque/tonelada de ferro-gusa									
	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
Brasil	481	490	503	493	491	489	488	476	475	480
Japão	450	475	480	493	469	480	484	481	477	464

Fonte: PAULA (1993:54)

Na aciaria, por sua vez, os indicadores de modernização tecnológica comumente empregados são a não utilização dos obsoletos fornos Siemens-Martin, a difusão do lingotamento contínuo e a utilização de equipamentos de metalurgia secundária. Em 1988, desativou-se o último forno Siemens-Martin da siderurgia brasileira, o da Siderúrgica Barra Mansa, do Grupo Votorantim (PAULA, 1993). As operações de lingotamento constituíam-se, por sua vez, no ponto mais frágil da siderurgia brasileira, no que diz respeito à etapa de refino (vide tabela 1.1), ainda que a utilização do lingotamento convencional fosse muito concentrada em algumas usinas: CST, Açominas, Cosipa e as quatro usinas do grupo Villares (PAULA, 1993). De fato, CSN e Usiminas apresentavam índices de 80%, inferiores às siderúrgicas japonesas, alemãs e coreanas, que chegavam a ser de 90%, porém superiores aos dos Estados Unidos, na casa dos 60%. A Cosipa, por sua vez, apresentava um importante atraso nessa área, com um índice de 31% (FURTADO *et alii*, 1994:67).

<sup>71</sup> PAULA (1993:54) salientou que outras formas de avaliar o desempenho operacional do alto-forno são o consumo específico de energia primária (Mcal/tonelada de gusa) e a chamada “produtividade” (toneladas diárias de produção/volume do forno em metros cúbicos).



A utilização de equipamentos de metalurgia secundária é um dos indicadores mais apropriados de enobrecimento do *mix* de produtos. A capacidade instalada dos processos de desgaseificação a vácuo no Brasil era de 3,1 milhões de toneladas (PIMENTA, 1990 *apud* PAULA, 1993:57), enquanto na Coréia do Sul, que produzia cerca de 10% a mais de aço do que o Brasil, era de 9,4 milhões (PAULA, 1993). No que diz respeito ao forno panela<sup>72</sup>, PAULA (1993) apontou que em 1987, 21% dos aços produzidos no Brasil em aciarias elétricas receberam tratamento em forno panela. SOARES (1991, *apud* PAULA, 1993:57) indicou que este percentual para o Japão, em 1989, foi de 56%. PIMENTA (1990 *apud* PAULA, 1993:57) apresentou dados contundentes acerca da defasagem da metalurgia secundária no Brasil: no Japão, em 1989, 68% do aço fabricado recebeu este tratamento; no Brasil, em 1987, este valor aproximou-se de 10%.

FURTADO *et alii* (1994:67) constaram que as três estatais de planos haviam adotado alguns procedimentos avançados em relação ao controle de processo (controle dinâmico com sublança nos conversores, técnicas de refino secundárias etc.), mas que sua generalização se encontrava distante.

A avaliação tecnológica da laminação, última etapa do processo siderúrgico é dificultada pelas diferenças de linhas de produção entre as empresas. PAULA (1993:57) salientou que um modo indireto de averiguar a qualidade de sua laminação, é observar o *mix*. Isso decorre do fato de que fabricar produtos mais nobres requer uma melhor laminação. A tabela 3.3 mostra uma comparação do enobrecimento para Brasil, Alemanha, Japão, França e Coréia do Sul para o ano de 1989.

---

<sup>72</sup> A siderurgia brasileira foi ágil na sua adoção, dado que o equipamento da Aços Villares foi o primeiro adquirido da Suécia em 1969, apenas quatro anos depois da primeira instalação no mundo em escala industrial (PAULA, 1993). A sua difusão posterior não ocorreu na mesma intensidade.

Tabela 3.3. *Mix de Produção – Brasil, Alemanha, Japão, França e Coréia do Sul (1989) (%)*

	Brasil	Alemanha	Japão	França	Coréia
Semi-acabados	29,49	6,87	-	5,02	-
Barras e Perfis	17,21	12,91	33,27	15,62	30,54
Chapas grossas	11,88	11,32	9,55	7,63	12,48
Bobinas quente	13,14	22,65	9,26	21,99	16,11
Bobinas frio	11,58	14,20	13,18	15,25	13,06
Siliciosas	0,43	1,39	1,72	1,66	1,25
Galvanizadas	1,65	8,80	11,05	5,70	5,53
Folhas-Flandres	2,41	3,30	1,82	1,66	1,25

Fonte: PAULA (1993:58)

Observação: os dados do Japão são de 1988

Em uma disposição crescente de agregação de valor dos produtos, constatava-se a peculiaridade da siderurgia brasileira, qual seja, a participação muito elevada dos semi-acabados na produção brasileira de laminados. Assim, na produção de produtos planos básicos – chapas grossas, bobinas laminadas a quente e bobinas laminadas a frio – a posição brasileira era bastante satisfatória. Nos produtos de maior valor agregado, por sua vez, constata-se que o País apresentava a menor fabricação relativa de chapas siliciosas e galvanizadas no conjunto da amostra. A produção de folhas-de-flandres constituía uma exceção do modelo brasileiro de produção intensiva de semi-acabados e produtos básicos (PAULA, 1993)<sup>73</sup>.

No que diz respeito à automação e controle de processos, FURTADO *et alii* (1994) observaram que estas já eram antigas nas estatais de planos. Estas empresas haviam intensificado seus esforços nessa área na década de 80. Havia, no entanto, uma certa diversidade em termos da difusão do uso de sistemas de automação e controle computadorizado. Ademais, estavam implantando pioneiramente o TQC (*Total Quality Control*), como forma de melhorar a qualidade de seus produtos.

Já na década de 90, CAMARGOS e PAULA (1997) identificaram importantes mudanças nas atividades de P&D na Usiminas, CSN, Acesita e Cosipa no pós-privatização. De um modo geral, constataram-se mudanças nas diretrizes das atividades de P&D, consubstanciadas numa maior preocupação com a relação custo-benefício, com o cumprimento de prazos e com o número de projetos finalizados. Adicionalmente, reduziu-se significativamente os recursos humanos envolvidos em atividades tecnológicas, reverteu-se parcialmente a intensidade dos gastos com pessoal no total dos dispêndios em P&D, bem como se acentuou fortemente a pesquisa para desenvolvimento de produtos e apoio aos clientes, em comparação com as atividades

<sup>73</sup> Este mesmo autor observou que a situação adversa do mercado doméstico não incentivou o *up-grading* de produtos por parte das usinas nacionais.

tecnológicas em processo. Estas conclusões gerais são compartilhadas por outros autores, como FURTADO *et alii* (2000), PINHO e SILVEIRA (1998) e MORANDI (1996), em estudo de caso realizado na CST.

Nas empresas em que as atividades de P&D se encontravam mais estruturadas, as privatizações do setor não resultaram em involução dos esforços tecnológicos endógenos e em interrupção dos programas de investimento em P&D em execução à época da privatização (CAMARGOS e PAULA, 1997; PINHO e SILVEIRA, 1998; FURTADO *et alii*, 2000). No que tange ao volume de recursos financeiros alocados especificamente às atividades tecnológicas, na Usiminas teriam sido mantidas as rotinas de aplicação de 0,5% do faturamento em P&D e 0,5% em automação industrial. Já na CSN, os gastos com P&D aumentaram de uma faixa de 0,25%-0,30% para 0,40% do faturamento

Na Cosipa, por sua vez, os esforços tecnológicos, em estágio embrionário no início da década de 90, evoluíram para a constituição de um centro de P&D e passaram a contar com um orçamento de US\$ 5 milhões para um período de três anos, o equivalente em bases anuais a pouco mais de 0,1% de seu faturamento (PAULA, 1995 *apud* PINHO e SILVEIRA, 1998:94). Adicionalmente, investimentos em infra-estrutura laboratorial foram ampliados nesta empresa, sendo dirigidos a novos equipamentos para pesquisas de produtos. Com isso, ensaios de rotina passaram a ser realizados internamente, diminuindo a dependência em relação a universidades e institutos de pesquisa (FURTADO *et alii*, 2000). PORTO (1998), por sua vez, em estudo que avaliou as modificações organizacionais que ocorreram no Centro de P&D desta última empresa, constatou que o processo de privatização contribuiu para a aceleração da identificação, seleção e operacionalização das atividades internas de P&D, propiciando um avanço na complexidade das atividades tecnológicas desempenhadas.

A exceção a esse quadro do setor parece ter sido a Acesita. FERREIRA (1997:132) observou que logo após a privatização, a trajetória de capacitação tecnológica desta siderúrgica sofreu uma grande ruptura representada pela extinção do núcleo de pesquisas e pela pulverização da área de acompanhamento metalúrgico do processo produtivo. Optou-se por algum tempo pela aquisição de tecnologia, estratégia percebida como mais eficaz. Problemas operacionais acabaram revertendo tal decisão, sinalizando para a necessidade de sua recriação. A perda do aprendizado acumulado e da memória tecnológica da empresa levou à suspensão temporária da produção de

uma linha de produtos dotada de qualidade e confiabilidade reconhecidas no mercado, obrigando-a à importação (FURTADO *et alii*, 2000). Conforme FERREIRA (1997:132), nova inflexão na estratégia tecnológica da Acesita, de caráter defensivo, ocorreu a partir de 1995, sendo recriado um centro de pesquisas e retomados os contratos de assistência técnica. Entretanto, salientou este mesmo autor, a primeira medida tinha articulação institucional muito tênue com a segunda e, além disso, não havia um setor que fizesse a mediação entre a operação rotineira da planta e o desenvolvimento de novos produtos. Em setembro de 1996, com a recriação, a área de P&D da Acesita passou a contar com 11 engenheiros, 3 funcionários administrativos, 04 operadores de equipamento e sete técnicos (FURTADO *et alii*, 2000:57). Estes mesmos autores salientaram que a empresa, antes com uma política consolidada e reconhecida como eficiente para a formação de pessoal para a área de P&D, deixou de tê-la no momento da extinção da referida área, não se configurando a partir daí uma retomada da política de formação de recursos humanos.

Quanto ao escopo das atividades de P&D das siderúrgicas brasileiras no pós-privatização, CAMARGOS e PAULA (1997) e FURTADO *et alii* (200) constaram que a siderurgia brasileira continuou realizando predominantemente mudanças técnicas incrementais. Essas alterações são de cunho adaptativo ou otimizador. Não se migrou, portanto, para uma estratégia tecnológica “ofensiva”.

Cabe retomar também os principais resultados de uma abrangente pesquisa realizada por FURTADO *et alii* (2000), que examinaram as mudanças na gestão da inovação em seis siderúrgicas brasileiras privatizadas: Acesita, Açominas, Cosipa, CSN, CST e Usiminas. Os principais aspectos levantados por essa pesquisa, concluída em setembro de 1997, foram os seguintes:

(a) Status formal e autonomia decisória: os autores concluíram que a Siderbrás não interferia diretamente nas áreas de pesquisa, nem nas negociações para aquisição de tecnologia. No entanto, interferências indiretas de natureza administrativa acabavam atingindo a área. Após a privatização não se verificaram mudanças substanciais em termos do posicionamento da unidade de pesquisa na estrutura formal das empresas pesquisadas e, quanto à autonomia decisória, houve ganhos e perdas, sendo os ganhos atribuídos à agilização dos processos de decisão no âmbito das atividades específicas e as perdas relacionadas ao maior distanciamento em relação às decisões estratégicas envolvendo a questão tecnológica.

(b) Investimentos em P&D: o padrão de decisão após a privatização passou a priorizar novos parâmetros, mais voltados para o mercado e os clientes. O aumento do faturamento das empresas propiciou o incremento dos investimentos (em termos absolutos) em P&D. No entanto, o percentual sobre o faturamento bruto das empresas destinado à área tecnológica foi mantido em baixo patamar se comparado ao das empresas líderes do setor no contexto internacional: 0,35%<sup>74</sup>.

(c) Recursos humanos: à exceção da Acesita que extinguiu a área de P&D logo após a privatização, a média de redução de pessoal na área, entre o período anterior à privatização e 1996, situou-se entre 31% e 40 %.

(d) Interação com outros setores e prioridades das atividades de P&D: após a privatização, passou a ocorrer maior interação com clientes e com outros departamentos (como *marketing*), bem como maior intensidade no desenvolvimento de produtos. Entretanto, ainda predominavam projetos de pesquisa de otimização de processos.

### 3.2. O Quadro Atual das Capacidades Tecnológicas da Indústria Siderúrgica Brasileira

Esta seção está embasada em pesquisa de campo já mencionada e em consulta aos relatórios de administração das siderúrgicas da amostra setorial e à imprensa especializada. Por força da confidencialidade das informações obtidas nas entrevistas, as siderúrgicas pesquisadas foram nomeadas conforme quadro abaixo. A identificação das empresas foi mantida somente naqueles casos em que houve divulgação pública de informações.

Quadro 3.3. Amostra Setorial

Empresa	Segmento de Atuação	Origem do Capital
EMPA	Planos especiais	Estrangeiro
EMPB	Longos especiais	Estrangeiro
EMPC	Longos especiais	Estrangeiro
EMPD	Longos Especiais	Estrangeiro
EMPE	Longos Especiais	Nacional
EMPF	Planos Comuns	Misto
EMPG	Planos Comuns	Nacional
EMPH	Planos Comuns	Misto
EMPI	Planos Comuns e Semi-acabados	Estrangeiro
EMPJ	Longos Comuns e Semi-acabados	Nacional
EMPK	Longos Comuns	Estrangeiro
EMPL	Longos Comuns	Nacional

<sup>74</sup> Os autores mencionam casos de redução do percentual sobre o faturamento bruto das empresas após a privatização, porém com aumento simultâneo do valor bruto, devido à recuperação do faturamento originado pela recomposição dos preços que se seguiu após o desencadeamento do processo de privatização.

As principais fontes externas de informação e/ou aquisição tecnológica da indústria siderúrgica brasileira são as seguintes: (a) fornecedores especializados de equipamentos siderúrgicos, prioritariamente europeus e japoneses, por meio de contratos de transferência de tecnologia e de projetos *turn key*; (b) matrizes/outras empresas do grupo, em um contexto em que a internacionalização do setor alcançou patamar sem precedentes; (c) outras siderúrgicas, especialmente as européias e japonesas, por meio de contratos de transferência de tecnologia e assistência técnica; e (d) clientes.

Juntamente com os fornecedores de equipamento, principal fonte em tecnologia de processos, as matrizes são a fonte mais importante de informação e/ou aquisição tecnológica das subsidiárias. Esse é o caso da EMPK que mantém acordos operacionais e de transferência de tecnologia, no setor de siderurgia, com o Arcelor e, no setor de trefilarias, com a N.V. Bekaert, e também da EMPA e da EMPI em relação ao Arcelor. Cabe observar que o Arcelor transfere tecnologia à EMPA em caráter de exclusividade.

De uma maneira generalizada, os entrevistados salientaram que tais aquisições de tecnologia, que em algumas situações configuram cooperações tecnológicas, asseguram o acesso das filiais às mais modernas tecnologias existentes em seus respectivos segmentos de atuação. Tomemos o caso da EMPI como exemplo. A siderúrgica vem trabalhando na melhoria de produto destinado à indústria automotiva, em conjunto com a Sollac-Lorraine (empresa do Arcelor). A experiência de cooperação iniciou-se em 1998 com a entrada em operação do desgaseificador a vácuo (RH-KTB) na planta siderúrgica, criando condições para que a empresa fornecesse placas de elevado valor agregado (placas de ultrabaixo carbono). Com base no intercâmbio de informações técnicas com a Sollac Lorraine, a EMPI desenvolveu um sistema de qualidade que cobre todas as etapas de fabricação, desde o lingotamento das placas na usina, até as linhas de laminação e de revestimento. Os resultados de inspeção de superfície do produto final são correlacionados com os parâmetros técnicos de produção do aço, incluindo eventos de qualidade de refino e de lingotamento, assim como de condicionamento da placa (SILVA, 2001).

Os fornecedores de equipamentos siderúrgicos e os contratos de transferência de tecnologia com as líderes da siderurgia mundial constituem, igualmente, as principais fontes externas de aquisição tecnológica das siderúrgicas de capital misto ou integralmente nacional. A EMPF, como já se observou, recorreu em diferentes momentos à transferência tecnológica da Nippon

Steel. Em abril de 2004, a siderúrgica e a Nippon Steel firmaram um novo contrato de transferência de tecnologia siderúrgica com duração de cinco anos, apontado como o mais avançado em termos de assistência geral já realizado no Brasil pela siderúrgica japonesa. É interessante observar que a transferência de tecnologia na EMPF passou por todos os processos de *Technical Assistance* – TA I e II que trabalharam temas básicos de processos nas décadas de 60 e 70; TA III que também contemplou temas básicos de processos na década de 80, inserindo novas tecnologias no seu escopo; e nos anos 90, o TA IV que incluiu temas relacionados a produtos e o TA V que trabalhou com temas específicos de processos e produtos – alcançando em 2004 o estágio mais avançado do *Technical Assistance*, o TA VI. O contrato abarca os seguintes temas: operação e manutenção dos altos-fornos, das sinterizações, das coqueiras, dos convertedores BOF e da metalurgia secundária, das máquinas de lingotamento contínuo, da linha de chapas grossas, da linha de tiras a quente e das linhas de laminação a frio; controle e garantia de qualidade; energia; manutenção central; meio ambiente; e sistemas de computadores de processo e instrumentação.

Ainda que não tenhamos informações detalhadas sobre os contratos de transferência de tecnologia firmados pelas demais siderúrgicas brasileiras, julgamos relevante mencionar que a EMPG possui intercâmbio técnico não formal com a anglo-holandesa Corus e assistência técnica dos grupos Thyssen Stahl e da própria Corus; que a EMPH firmou recentemente um segundo contrato de transferência de tecnologia e assistência técnica com a Nippon Steel; que a EMPJ tem nas siderúrgicas japonesas – Nippon Steel, NKK, Kawasaki Steel e Sumitomo – a principal fonte externa de tecnologia; e que a EMPL possui contratos de transferência de tecnologia e assistência técnica de longa duração com as siderúrgicas Daido Steel, Thyssen Stahl, Baosteel, Nippon Steel, Sumitomo e Corus, dentre outras.

Cabe observar que todas as empresas da amostra setorial adquirem serviços tecnológicos de institutos de pesquisa e universidades e/ou desenvolvem projetos de P&D sob a forma de parcerias com universidades públicas, na busca por complementaridade das atividades tecnológicas realizadas internamente, em termos de competências externas e infra-estrutura laboratorial. Entretanto, dados de pesquisa apontam que, de um modo geral, a frequência das cooperações das siderúrgicas brasileiras com universidades e institutos de pesquisa é moderada, sugerindo em algumas situações descontinuidade das interações.

Na perspectiva do que foi exposto, empresas como a EMPK e a EMPC, não possuindo equipe e estrutura própria de pesquisas, mantêm a interação com o CETEC e o IPT para o desenvolvimento e conhecimento de produtos e processos.

O quadro geral das cooperações tecnológicas das siderúrgicas brasileiras, comporta, evidentemente, particularidades. A EMPG, por exemplo, tem mantido interação com duas universidades federais, uma voltada para a área siderúrgica e outra para a de materiais (UFF e UFSCar). Nesse último caso, no âmbito de uma parceria iniciada no começo dos anos 90 com o Laboratório Interdisciplinar de Eletroquímica e Cerâmica (LIEC) da UFSCar, que conta com a participação do Instituto de Química da UNESP/Araraquara, foram desenvolvidos 41 projetos de pesquisa de novas tecnologias para melhoria de produtividade e qualidade dos produtos siderúrgicos.

Os desenvolvimentos mais recentes no âmbito da cooperação LIEC-EMPG são mencionados a seguir. O desenvolvimento de um isolante cerâmico, colocado entre a carcaça de metal e o refratário cerâmico do carro-torpedo, vagão utilizado para transportar o ferro-gusa, e de uma tampa, também de cerâmica, proporcionaram um ganho de 40° Celsius, perdidos anteriormente durante o transporte entre os altos-fornos e o conversor. Tais mudanças nos carros-torpedo permitiram à empresa uma economia de US\$ 6 milhões por ano (ERENO, 2002). Esta mesma fonte informou que a siderúrgica também conseguiu um aço de mais qualidade, com menos enxofre – produto que interfere na qualidade do aço, deixando-o mais quebradiço e que necessita de um processo mais complexo para ser retirado – , sem fazer mudanças no sistema de produção, em função de um processo desenvolvido pelo LIEC em 2000. O novo método, em fase de testes na siderúrgica, permite a remoção gradual do enxofre com quatro diferentes agentes (carbonato de cálcio, carbeto de cálcio, alumínio-magnésio e borra de alumínio), injetados durante o transporte de gusa nos carros torpedo. Os processos utilizados atualmente usam o carbonato de cálcio para retirar o indesejado enxofre.

Em termos de cooperações tecnológicas recentemente estabelecidas, merece destaque a experiência do Centro de Desenvolvimento de Cilindros (CDC) da EMPC. Este centro de P&D, em fase de consolidação, tem sua origem em parceria estabelecida no ano de 2000 pela unidade de cilindros de laminação da siderúrgica e instituições de pesquisas, a Escola Politécnica da USP-POLI/USP e IPT, com suporte da FAPESP. A constituição do CDC, segundo os entrevistados,



caracteriza uma inflexão na estratégia tecnológica da empresa, que passou a estar calcada no desenvolvimento próprio de tecnologia. Na perspectiva da siderúrgica, as vantagens competitivas associadas a esta parceria seriam: (a) a unidade de cilindros atua com uma estrutura enxuta – 02 pesquisadores em dedicação exclusiva –, apoiada na infra-estrutura de pesquisas de universidades e institutos de pesquisa; (b) vantagens tecnológicas para a empresa e seus clientes; (c) redução no tempo de desenvolvimento de produtos; (d) redução de custos por meio de controle de processos; (e) redução de perdas; (f) qualificação do efetivo de pessoal envolvido em atividades tecnológicas; (g) disponibilização de bolsas de mestrado e de iniciação científica; e (h) agregação de valor ao produto. Dentre as atividades tecnológicas realizadas de maneira conjunta pelo CDC, POLI-USP e IPT, os entrevistados salientaram o desenvolvimento de processos e produtos com o objetivo de obtenção de cilindros de laminação com melhor desempenho em serviço, por meio do aumento de sua resistência mecânica e durabilidade. Cumpre observar que a parceria entre estas instituições é anterior ao CDC, tendo sido iniciada na década de 90, com a realização de cursos para engenheiros e técnicos da EMPC.

Embora em caráter predominantemente informal, constatamos em nossa pesquisa de campo mecanismos de cooperação entre as siderúrgicas e seus clientes, notadamente os do complexo automotivo e da indústria petrolífera, para desenvolvimentos de produtos e aplicações. Há, entretanto, casos em que essa relação se dê de maneira formal e apresente resultados concretos em termos da capacitação tecnológica da firma. É o caso da EMPD e da Petrobrás que, no ano de 2002, fecharam um contrato de parceria para fornecimento de tubos de aço para aplicação em OCTG (*Oil Country Tubular Goods*, como são conhecidos os tubos para a indústria petrolífera), por um período de cinco anos. Ademais do valor expressivo, R\$ 924 milhões, o equivalente ao faturamento da empresa naquele ano, a relevância deste projeto fica evidenciada nos resultados em desenvolvimento de produto e no acúmulo de *know how* da siderúrgica em desenvolvimento e produção de produtos de elevado teor de liga, resistentes à corrosão e, portanto, adequados à exploração e produção de petróleo em águas profundas e ultra-profundas. De fato, pela parceria com a Petrobrás, a EMPD desenvolveu tecnologia e capacitou-se a produzir o aço cromo (13 CR), material capaz de atender a necessidade de tubos mais resistentes à corrosão. Até então, este produto era integralmente adquirido de fornecedores no exterior, especialmente, de siderúrgicas japonesas. Observe-se que cerca de 90% da produção de tubos de alta performance da siderúrgica são destinados à Petrobrás, cabendo às outras empresas atuantes na área no País os 10% restantes.

No que se refere aos esforços tecnológicos, a pesquisa de campo apontou alguns traços comuns às siderúrgicas brasileiras que parecem caracterizar a situação atual da P&D nesta indústria.

O quadro 3.5 apresenta dois indicadores de esforços de desenvolvimento tecnológico interno (dispêndio em P&D relativo ao faturamento e efetivo de pessoal envolvido em atividades tecnológicas) e um de resultados (patentes) da siderurgia brasileira, referentes aos exercícios de 2001 ou 2002.

A baixa intensidade em P&D continua sendo uma característica marcante da siderurgia brasileira. De fato, o dispêndio médio em P&D em relação ao faturamento da amostra setorial é de apenas 0,36%. Adicionalmente, o modelo de P&D siderúrgico brasileiro ainda se caracteriza pela intensidade em dispêndios com o efetivo de pessoal, destinando menos recursos para a aquisição de equipamentos e materiais. Ainda que esta característica tenha se revertido parcialmente em relação ao parâmetro vigente ao final da década de 80, entre 50 e 86% dos dispêndios em P&D das empresas pesquisadas destinaram-se às despesas com remunerações e encargos sociais.

A análise dos quadros 3.1 e 3.4. evidencia que as estruturas de P&D na siderurgia brasileira tornaram-se ainda mais “enxutas” em termos dos recursos humanos voltados para as atividades tecnológicas, em relação ao quadro prevalecente em meados da década de 90. Por outro lado, configurou-se uma melhoria não desprezível da qualificação formal dos recursos humanos envolvidos em atividades de P&D, especialmente nas empresas com centros de pesquisa formalmente institucionalizados. No total das siderúrgicas que disponibilizaram esta informação, 49,7% dos funcionários de nível superior envolvidos em atividades tecnológicas eram mestres e doutores, sendo que 17 eram doutores. Particularmente nas empresas com centros de pesquisas formalmente institucionalizados, a participação relativa de mestres e doutores no total de pesquisadores de nível superior alcançou o patamar de 67,4%.

Quadro 3.4. Pessoal da Área de Pesquisa e Desenvolvimento na Siderurgia Brasileira Antes e Depois da Privatização (1996)

<b>Empresa (3)</b>	<b>Antes</b>	<b>Depois</b>
A	300	180
B	13	9
C	60	40
D	119	77
E	19	0 (14) 1
F	193	118 2

Fonte: FURTADO e AZEVEDO (1997 *apud* FURTADO *et alii*, 2000:57)

Notas: 1) Após a extinção da área houve contratação

2) Dados de maio de 1997

3) Manteve-se a denominação das empresas estipulada pelos autores

Quadro 3.5. Indicadores de Pesquisa e Desenvolvimento da Siderurgia Brasileira (2001-2002)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
Segmento de atuação	Planos Especiais	Longos Especiais	Longos Especiais	Longos Especiais	Longos Especias	Planos Comuns	Planos Comuns	Planos Comuns	Planos Comuns/ Semi-acabados	Longos Comuns / Semi-acabados	Longos Comuns	Longos Comuns
Unidade/departamento dedicado exclusiva e/ ou parcialmente à condução das atividades tecnológicas internas	Centro de P&D, departamentos técnicos	Centro de P&D, departamentos técnicos	Departamentos técnicos	Departamentos técnicos	Departamentos técnicos	Centro de P&D, departamentos técnicos	Centro de P&D, departamentos técnicos	Departamentos técnicos	Departamentos técnicos	Departamentos técnicos	Departamentos técnicos	Departamento de <i>marketing</i>
Gastos P&D/ faturamento (%)	0,28	0,37	0,45	0,47	0,50	0,25	0,39	0,17	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Efetivo em atividades tecnológicas	43 (1)	15 (1)	17	18 (3)	20	137 (1)	70 (1)	n.d.	31 (2)	69 (2)	13	22 (2)
- % técnicos de nível superior	39,5	40	82,3	72,2	71,4	35,8	n.d.	n.d.	83,9	n.d.	61,5	81,8
- % técnicos de nível superior c/ mestrado e doutorado	100,0	26,7	29,4	61,5	20,0	63,3	n.d.	n.d.	38,5	n.d.	23,8	7,7
Patentes depositadas BR (4)	n.d.	n.d.	05	4	n.d.	n.d.	20	n.d.	43	31	09	05
Patentes concedidas BR (5)	35	06	n.d.	n.d.	n.d.	285	n.d.	136	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Patentes concedidas exterior (6)	2 (6)	02 (7)	05 (6)	8 (6)	n.d.	23 (7)	01 (6)	-	-	n.d.	-	-

Fontes: Elaboração própria, com base em pesquisa de campo e VICENTIN, R. (2002)

Notas:

(1) Totalidade do efetivo em dedicação integral às atividades tecnológicas nos Centros de P&D

(2) Totalidade do efetivo em dedicação exclusiva às atividades tecnológicas em departamentos técnicos

(3) Totalidade do efetivo em dedicação parcial às atividades tecnológicas

(4) Número de patentes depositadas pela empresa no escritório brasileiro (INPI), publicadas entre 1992 e 2001

(5) Número de patentes concedidas à empresa no escritório brasileiro (INPI)

(6) Número de patentes concedidas à empresa i no escritório de patentes norte-americano (USPTO), publicadas entre 1992 e 2001

(7) Número de patentes concedidas à empresa i em escritórios de patentes no exterior

Considerando-se a relativamente baixa apropriabilidade dos resultados de inovações na indústria siderúrgica, especialmente em tecnologia de processo, e a natureza dos esforços tecnológicos envidados pelas siderúrgicas brasileiras, os indicadores de *output* sugerem um resultado das atividades tecnológicas na siderurgia brasileira bastante razoável em termos de número de patentes depositadas e concedidas pelo INPI e concedidas no exterior. A empresa F, habitualmente apontada como um modelo de excelência no setor siderúrgico brasileiro, sobressai na amostra setorial com um total de 285 patentes concedidas no Brasil e 23 no exterior. Esta siderúrgica vem mantendo uma média de 18 novas patentes por ano, o que a coloca como líder em registros na siderurgia brasileira e uma das cinco maiores do Brasil se considerados todos os segmentos industriais (GAZETA MERCANTIL, 25/10/2002).

Para os fins da identificação dos impactos da reestruturação sobre a capacitação tecnológica setorial, este trabalho pretende fornecer uma breve caracterização da estruturação recente da função tecnológica nas siderúrgicas pesquisadas. A esse respeito, os resultados da pesquisa de campo sugerem que a já observada heterogeneidade dos esforços de P&D no parque siderúrgico nacional se mantém como um traço característico do setor. Dentre as onze siderúrgicas da amostra, apenas quatro possuem centro de pesquisa formal (quadros 3.5 e 3.6). Foram detectados dois estágios de formalização das estruturas de P&D na siderurgia brasileira: o primeiro, mais rudimentar, contando com especialistas em desenvolvimento de produto e aprimoramento de processos, alocados em departamentos técnicos (comumente, Departamentos de Metalurgia, Assistência Técnica e Controle de Qualidade) e/ou diretamente nas áreas operacionais, não necessariamente em dedicação exclusiva às atividades tecnológicas, e sem laboratórios próprios de pesquisa. O segundo corresponde aos centros de pesquisa formalmente institucionalizados nas empresas. EMPK, EMPJ, EMPL, EMPI e EMPD encontram-se no primeiro estágio. EMPE, EMPG, EMPA, e EMPB, por sua vez, encontram-se no segundo estágio. Já a EMPH, EMPE e EMPC encontram-se em uma posição intermediária.

Cumprido detalhar a estruturação da função tecnológica das três últimas siderúrgicas mencionadas. Na EMPE, a estrutura dedicada às atividades tecnológicas, embora dotada de infra-estrutura laboratorial, não possui *status* formal de centro de P&D na estrutura organizacional. Nesta usina, as atividades de desenvolvimento e melhoria de produtos e de processos são realizadas por uma equipe de desenvolvimento – com 30% do efetivo em dedicação exclusiva às atividades

tecnológicas – no interior de um departamento técnico. A EMPH, que teve seus investimentos em infra-estrutura laboratorial ampliados após a privatização, teve parte dos seus esforços tecnológicos desativados ao final da década de 90. Atualmente, no âmbito da Superintendência de Qualidade e Assistência Técnica, uma equipe de desenvolvimento de produtos realiza as atividades de caracterização, desenvolvimento e aprimoramento de produtos e adequação dos mesmos às necessidades dos clientes. O Centro de Desenvolvimento de Cilindros da EMPC, como se observou, encontra-se em processo de consolidação.

Cabe neste momento, o exame dos diferentes condicionantes da intensidade da P&D nos segmentos produtores da indústria siderúrgica brasileira. Como observado, não obstante a maturidade tecnológica seja uma característica marcante da siderurgia, a intensidade dos esforços tecnológicos e a relevância da inovação na competitividade desta indústria variam entre os segmentos produtores, em resposta aos diferentes níveis de exigência dos setores consumidores.

Empresas com menor esforço tecnológico são aquelas que atuam nos segmentos de semi-acabados e laminados longos comuns, nos quais são escassas as oportunidades para a inovação de produtos. Demanda-se nesse caso eficiência operacional para se produzir produtos rigorosamente de acordo com as diversas normas brasileiras e internacionais, como a tradicional ASTM. A competitividade das empresas que atuam nestes segmentos está calcada, prioritariamente, no custo de produção, na qualidade intrínseca do produto, na capacidade de atendimento a clientes (*lead time* e assistência técnica aos clientes, restrita, neste último caso, a determinadas faixas de mercado) e na diferenciação do produto por meio da agregação de serviços. Assim, tem-se nessas siderúrgicas uma predominância dos núcleos (ou células) de desenvolvimento e aprimoramento de produto com especialistas, em geral, alocados em departamentos técnicos e/ou diretamente nas áreas operacionais, nem sempre em dedicação exclusiva às atividades tecnológicas. Atividades de otimização de processos são comumente realizadas nos departamentos técnicos e diretamente pelas áreas operacionais. Cumpre salientar que estas empresas não têm nem mesmo uma estimativa rigorosa e sistemática dos dispêndios com atividades tecnológicas realizadas internamente.

Assim, a EMPL – de maneira semelhante à norte-americana Nucor (analisada na seção 1.2.) –, com um *mix* fortemente caracterizado pela maturidade tecnológica e operações prioritariamente a partir de mini-usinas, voltadas ao atendimento de mercados regionais, não possui uma unidade

centralizada voltada a P&D. Nas várias plantas siderúrgicas do grupo, atividades tecnológicas de aprimoramento de produto e processo são realizadas diretamente pelos departamentos técnicos e pelas áreas operacionais. Cabe observar a existência de esforços centralizados no *marketing* das unidades de negócio construção civil, agropecuária e indústria, voltados ao desenvolvimento de soluções para o cliente. Busca-se assim diferenciar *commodities* como vergalhões, por meio da agregação de serviços, como o sistema de corte e dobra de aço para concreto armado. Nos centros de corte e dobra de aço para a construção civil, o aço é cortado e dobrado nos mais diversos formatos, seguindo rigorosamente as especificações do projeto e substituindo a preparação manual do aço nos canteiros de obras<sup>75</sup>.

Estruturas formalmente dedicadas a P&D, por sua vez, são requeridas nas siderúrgicas atuando nos segmentos de aços planos comuns (voltados prioritariamente à indústria automobilística) e aços especiais em geral, nos quais se fazem necessários esforços tecnológicos endógenos, voltados ao desenvolvimento e aprimoramento de produtos e ao domínio de tecnologia de processo. Ademais das atividades tecnológicas em processo e/ou produto realizadas no âmbito dos Centros de P&D, nestas siderúrgicas são realizadas atividades de otimização da performance operacional nos departamentos técnicos e em áreas operacionais, com controles próprios de processos.

Os esforços da EMPL para dotação de infra-estrutura de pesquisa e de dispêndios sistemáticos em P&D na EMPE, única usina do grupo no segmento de aços especiais, são típicos do reforço da P&D quando se atua em faixas de mercado mais sofisticadas, como é o caso de longos especiais.

No que tange à natureza dos esforços tecnológicos das siderúrgicas brasileiras, observa-se que as atividades tecnológicas realizadas visam, em grande medida, o desenvolvimento de produtos e aplicações (introdução de novos produtos e o aprimoramento da qualidade) e a melhoria de processos já instalados (quadro 3.6), deixando o desenvolvimento de novos processos produtivos

---

<sup>75</sup> Conforme GAZETA MERCANTIL (13/06/2000), o aço cortado e dobrado agrega, em média, 25% de valor sobre o produto original. Desta forma, a agregação de serviços na siderurgia de forma alguma se restringe às empresas do segmento de longos comuns. Clientes e fornecedores da indústria de planos comuns têm substituído as práticas tradicionais de atendimento por parcerias logísticas. Procurando agregar as vantagens isoladas e eliminar as duplicidades, essas parcerias visam, sobretudo, ao atendimento das crescentes exigências em relação a prazos, custos e qualidade dos serviços e possui como diferenciação a forte integração entre as empresas. Os Centros de Serviço e Distribuição implantados pela Usiminas para o atendimento da Fiat Automóveis e da General Motors são representativos desse novo conceito logístico, o qual vem ocupando espaços cada vez maiores nas definições estratégicas das siderúrgicas. Constituem, na verdade, a parte visível da aliança logística existente entre a siderúrgica e as montadoras, caracterizada pela prestação de atendimento *just-in-time*, disseminado ao longo da década de 90.

a cargo dos fabricantes de bens de capital e empresas de engenharia, padrão este que, como se viu, se insere na direção do progresso tecnológico da siderurgia internacional. O expressivo volume de recursos necessários, o longo tempo de maturação e o risco elevado inerente às inovações em processo constituem-se em elementos limitadores de tais investimentos, restritos às siderúrgicas japonesas e alemãs e aos fabricantes de equipamentos metalúrgicos.

Quadro 3.6. Unidade/Departamento Dedicado Exclusiva e/ou Parcialmente à Condução das Atividades Tecnológicas Internas e Principais Atividades Tecnológicas Realizadas Internamente

<b>Empresa</b>	<b>Unidade/departamento</b>
<b>Aços Especiais</b>	
<b>EMPA</b>	No Centro de P&D são realizados desenvolvimentos e melhorias de produtos e aprimoramentos e aplicações de novas tecnologias de processo. Atividades tecnológicas de otimização de processos são também realizadas nos departamentos técnicos e em áreas operacionais
<b>EMPB</b>	No Centro de P&D são realizados desenvolvimentos e aprimoramentos de produtos e de processos. O Centro de P&D realiza ainda o monitoramento da concorrência, a divulgação da imagem tecnológica da empresa e atividades de suporte técnico às áreas operacionais e aos clientes. Atividades tecnológicas em processo são também realizadas nos departamentos técnicos e em áreas operacionais
<b>EMPC</b>	No Centro de Desenvolvimento de Cilindros são realizados desenvolvimentos e aprimoramentos de produtos e melhorias de processos. Atividades tecnológicas de processo são também realizadas nos departamentos técnicos e em áreas operacionais da unidade cilindros de laminação Nos departamentos técnicos e em áreas operacionais da unidade construção mecânica são realizadas melhorias de produto e processo
<b>EMPD</b>	Nos departamentos técnicos e em áreas operacionais são realizados desenvolvimentos e aprimoramentos de produtos e otimização de matérias-primas e processos
<b>EMPE</b>	Em departamento técnico são realizados desenvolvimentos e melhorias de produtos e aprimoramentos de processos. Atividades tecnológicas de processo são realizadas diretamente pelas áreas operacionais
<b>Aços Planos Comuns</b>	
<b>EMPF</b>	No Centro de P&D são realizados pesquisa e desenvolvimento de novos produtos; geração de tecnologia para suporte à engenharia de aplicação de produtos; assimilação e desenvolvimento de novas tecnologias, visando à melhoria dos processos nas áreas de produção; suporte e apoio a outras áreas da empresa. O Centro de P&D realiza ainda venda de assistência técnica e atividades tecnológicas junto aos clientes, em termos de aprimoramento e desenvolvimento de produtos e de aplicações e otimização de seus processos. Atividades tecnológicas de aprimoramento de processo são também realizadas nos departamentos técnicos e em áreas operacionais
<b>EMPG</b>	No Centro de Pesquisa e Desenvolvimento são realizadas melhorias e desenvolvimentos de produtos e aplicações e suporte aos clientes. Atividades tecnológicas de desenvolvimento e otimização dos processos produtivos são realizadas diretamente pelas áreas operacionais
<b>EMPH</b>	Na Superintendência de Qualidade e Assistência Técnica são realizadas atividades de caracterização, desenvolvimento e aprimoramento de produtos e adequação dos mesmos às necessidades dos clientes. Atividades tecnológicas de otimização de processos são realizadas nos departamentos técnicos e em áreas operacionais
<b>EMPI</b>	No Departamento de Metalurgia são realizados desenvolvimentos e aprimoramentos de produtos e assistência técnica aos clientes na pré e na pós-venda. Atividades tecnológicas de desenvolvimentos e aprimoramentos de processos são realizadas nos departamentos técnicos e em áreas operacionais
<b>Longos Comuns</b>	
<b>EMPJ</b>	No Departamento de Metalurgia são realizados desenvolvimentos e melhorias de produtos. Atividades tecnológicas em processo são realizadas diretamente pelas áreas operacionais
<b>EMPK</b>	Nos Departamentos de Metalurgia e Garantia de Qualidade e Assistência Técnica são realizados desenvolvimentos de produtos e aprimoramento da performance dos produtos da empresa nos processos dos clientes. Atividades tecnológicas para o aprimoramento da performance operacional são realizadas nos departamentos técnicos e em áreas operacionais
<b>EMPL</b>	Nos departamentos técnicos e no <i>marketing</i> são realizados desenvolvimentos e aprimoramentos de produtos. Atividades tecnológicas de aprimoramento de processos são realizadas nos departamentos técnicos e em áreas operacionais

Fontes: Elaboração própria, com base em pesquisa de campo

A siderurgia brasileira continua realizando, portanto, mudanças tecnológicas incrementais de natureza otimizadora/adaptadora. Não se deve minimizar, entretanto, a relevância destas inovações incrementais, desenvolvidas ao nível da firma e oriundas da prática operacional, para o incremento da produtividade e a competitividade desta indústria.

Constatamos na pesquisa de campo um aprofundamento da tendência já detectada por outros autores, de maior ênfase às atividades de P&D em produtos na siderurgia brasileira. De maneira generalizada, as atividades tecnológicas em produto vêm ganhando relevância no contexto das estratégias tecnológicas do setor. Evidenciam-se assim os esforços tecnológicos para o enobrecimento do *mix*, comumente apontado como uma das maiores deficiências do parque siderúrgico nacional no início da década de 90. Esta tendência é reforçada adicionalmente por características intrínsecas à dinâmica inovativa da siderurgia, quais sejam, maior apropriabilidade em tecnologia de produto e relevância dos fornecedores especializados em equipamentos na geração e difusão de inovações de processo.

O caso da empresa EMPG é paradigmático. No âmbito do processo de reestruturação organizacional por que passou no pós-privatização, concentraram-se as atividades tecnológicas do Centro de P&D integralmente em aprimoramento e desenvolvimento de produto e aplicações. As atividades tecnológicas de aprimoramento de processo, embora formais e realizadas de forma contínua, foram deslocadas para os departamentos técnicos e para as áreas operacionais.

A tabela 3.4 e o quadro 3.7 com as estatísticas do Centro de P&D da Usiminas ilustram a tendência delineada acima. Verificou-se um aumento sensível dos investimentos em atividades tecnológicas de produto ao longo da década de 90, de modo que no ano de 2002 elas já eram majoritárias nos dispêndios em P&D da siderúrgica. Adicionalmente, as estatísticas de P&D da Usiminas fornecem elementos que atestam que existe uma demanda relevante por inovações tecnológicas em produto para o segmento de aços planos comuns, ainda que de natureza incremental, por parte da indústria automobilística.

Tabela 3.4. Distribuição dos Investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento no Centro de Pesquisa e Desenvolvimento da Usiminas (1999-2002) (%)

	1999	2000	2001	2002
Produtos	37,8	39,8	41,9	45,9
Processos	53,9	47,4	46,3	43,1
Meio Ambiente	6,0	8,1	8,5	9,3
Assistência Técnica	1,2	2,0	2,1	0,9
Outros	1,1	2,7	1,2	1,1

Fonte: ANTUNES, J. (2002)



Quadro 3.7. Distribuição dos Investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento da Usiminas por Segmento Consumidor (2002) (%)

Setor Consumidor	% de Investimentos
Automobilístico	53,4
Utilidades domésticas, eletroeletrônicos e embalagem	15,6
Construção civil	11,9
Tubos, naval, máquinas e equipamentos	11,5
Autopeças	7,6

Fonte: ANTUNES, J. (2002)

Um aspecto salientado pelos entrevistados foi a maior interface dos Centros de P&D com as demais áreas da empresa (notadamente, *marketing* e áreas operacionais) e a maior preocupação com metas e resultados das atividades tecnológicas no pós-privatização. A qualidade e a frequência da interação entre as áreas de *marketing*, operacionais e de P&D foram apontadas como elementos importantes para a gestão eficaz da inovação nesta indústria. Nessa perspectiva de uma interação mais estreita com o *marketing*, os centros de P&D das siderúrgicas brasileiras têm realizado atividades tecnológicas sistemáticas junto aos clientes, especialmente os das indústrias automobilística, de autopeças e de linha branca, em termos de aprimoramento e desenvolvimento de novas especificações de aço e de aplicações, em muitas situações envolvendo esforços tecnológicos conjuntos do fornecedor e do cliente, bem como otimização de produtos nos processos dos clientes. Reforça-se, adicionalmente, a ênfase em atividades tecnológicas em produto no contexto das estratégias tecnológicas setoriais.

As análises precedentes sugerem que, de uma maneira geral, as estratégias tecnológicas das siderúrgicas brasileiras foram preservadas no âmbito do processo de reestruturação setorial por que passou esta indústria na década de 90. É fato que as estruturas de P&D das siderúrgicas desestatizadas encontram-se significativamente mais enxutas e, que houve, em alguns casos, decréscimo no dispêndio relativo com P&D comparativamente aos valores prevalecentes no período 1989/1991, mas, aparentemente, as empresas que já possuíam estruturas formalmente institucionalizadas continuam envidando esforços tecnológicos sistemáticos.

Ademais da EMPA, que extinguiu o P&D no imediato pós-privatização e empreendeu esforços para recriá-lo na segunda metade da década de 90, caso já analisada na seção 3.1, foram identificadas algumas situações de involução dos esforços tecnológicos endógenos em empresas que, quando das privatizações, possuíam estruturas de P&D em estágio de consolidação. O caso mais destacado é o da EMPH. Com a participação majoritária da EMPF no capital da empresa, foram revistas as estratégias tecnológicas da controlada e se desativou parte dos investimentos

tecnológicos até então realizados internamente. Manteve-se a infra-estrutura laboratorial de pesquisa, mas desativou-se a gerência de pesquisa e abandonou-se parcialmente as atividades tecnológicas realizadas internamente. A perspectiva a partir de então passou a ser a de busca de sinergia e interação entre as atividades tecnológicas realizadas pelas duas plantas siderúrgicas. Desde 1999, a EMPH adquire assistência técnica, treinamentos e serviços da controladora, EMPJ, e da japonesa Nippon Steel. A já mencionada especialização das usinas siderúrgicas no âmbito das estratégias da controladora, concentrando-se nesta as linhas de galvanização e na planta da EMPH a produção de placas, contribui adicionalmente para a realização de esforços tecnológicos menos sofisticados nesta última planta siderúrgica. Na EMPI, por sua vez, o núcleo de pesquisas estruturado ao final dos anos 80 desarticulou-se no âmbito dos investimentos em modernização tecnológica realizados na planta siderúrgica na segunda metade da década de 90, especialmente o novo laminador de tiras a quente. Em ambas as situações, os pesquisadores foram realocados em departamentos técnicos e em áreas operacionais. Observe-se que nos casos analisados as atividades tecnológicas internas regrediram para a estrutura de P&D típica dos esforços tecnológicos menos complexos no setor, qual seja, núcleos de desenvolvimento em departamentos técnicos e atividades de aprimoramento de processos realizadas diretamente nas áreas operacionais.

O quadro é certamente mais problemático nas siderúrgicas de aços especiais, dados os maiores requerimentos tecnológicos característicos deste segmento. Os dados de pesquisa evidenciam que o segmento de aços especiais no Brasil, integralmente internacionalizado à exceção da EMPE, é pouco intensivo em pesquisas em relação às congêneres européias e mesmo em relação aos produtores de aços planos comuns brasileiros, notadamente a EMPF. Se, por um lado, as capacidades operacionais destas siderúrgicas parecem ter sido estimuladas pelas transferências de tecnologia e assistência técnica de seus controladores, Arcelor, Sidenor, Böhler-Uddeholm e Vallourec & Mannesman Tubes, líderes internacionais nos segmentos de atuação, bem como pela incorporação de equipamentos no estado da arte no processo de atualização tecnológica do setor, as discussões precedentes sugerem que houve perdas de capacidades inovativas no âmbito da reestruturação das EMPA e da EMPB. A menor intensidade tecnológica, medida pela razão entre o dispêndio em P&D e o faturamento das empresas EMPA e EMPB no período 1998-2002 corrobora este argumento.

Tabela 3.5. Dispendios em Pesquisa e Desenvolvimento/Faturamento das Siderúrgicas EMPA e EMPB (1998-2002) (%)

Ano	EMPA	EMPB
1998	0,44	0,47
1999	0,30	0,47
2000	0,20	0,35
2001	0,30	0,37
2002	0,28	0,30

Fonte: Elaboração própria, com base em pesquisa de campo

Cabe fazer aqui uma observação das implicações da maior internacionalização do setor na década de 90 para os esforços tecnológicos das siderúrgicas brasileiras. No que tange à posição da subsidiária brasileira em termos das principais tecnologias de processo e/ou produto que adota, constatamos na pesquisa de campo que, de uma maneira generalizada, as filiais de multinacionais enquadram-se na posição de usuárias/adaptadoras, ou seja, utilizam resultados das atividades tecnológicas da matriz e/ou de outras empresas do grupo, embora realizem internamente esforços adaptativos. Não detectamos, portanto, filiais em posição de centros de competência em suas corporações multinacionais, cujos resultados de atividades tecnológicas sejam utilizados por outras empresas do grupo.

No que se refere às mudanças tecnológicas, em consonância com as tendências de desenvolvimento tecnológico da siderurgia mundial examinadas, as siderúrgicas brasileiras realizaram importantes mudanças em processo a partir da segunda metade da década de 90. Cumpre observar que em indústrias de processamento contínuo existe uma estreita relação entre o desenvolvimento de tecnologia de processo e de produto.

Segmentando-se a análise por etapa do processo produtivo, observa-se que as principais mudanças tecnológicas na redução foram a adoção generalizada da tecnologia de injeção de carvão pulverizado diretamente nos altos-fornos (PCI) e as reformas para prolongamento do tempo de atividade deste equipamento. A tabela 3.6. evidencia uma redução não desprezível do *coke rate* da siderurgia brasileira em relação ao parâmetro vigente na década de 80 (tabela 3.2.) e a disseminação da injeção de finos de carvão nas siderúrgicas integradas. A evolução do *coke rate* brasileiro no período 1999-2003 indica que a performance operacional dos altos fornos brasileiros é bastante próxima a dos altos fornos das siderúrgicas japonesas, *benchmark* na siderurgia mundial.

Tabela 3.6. Evolução do *Coke Rate* e do PCI nas Siderurgias Brasileira e Japonesa (1992-2003)

	Kg de coque/tonelada de ferro-gusa											
	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
	(1)											
<b>Coke rate</b>												
Brasil	505	466	460	464	463	426	420	396	387	384	385	n.d.
Japão	440	n.d.	n.d.	n.d.	408	n.d.	n.d.	n.d.	384	386	383	384
<b>PCI (2)</b>												
Brasil	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	117	101	120	131	125	121	n.d.
Japão	60				105				131	128	132	129

Fonte: Elaboração própria, a partir de IBS (Anuário Estatístico da Siderurgia Brasileira, vários números); The Japan Iron and Steel Federation

Notas: (1) Informações do coke rate e do PCI da siderurgia japonesa referem-se a 1991

(2) PCI (injeção de carvão pulverizado no alto-forno)

As mudanças tecnológicas nas aciarias brasileiras, unidade responsável pela fabricação do aço, evidenciam os esforços de atualização tecnológica do setor, propiciando a produção de produtos de elevado valor agregado e classe mundial. Constatamos na pesquisa de campo uma adoção generalizada de equipamentos para tratamento de refino secundário do aço com o objetivo de ajustar sua composição química e temperatura. No lingotamento contínuo encontrava-se uma importante deficiência tecnológica da siderurgia brasileira (PAULA e FERRAZ, 1990), em nítido processo de reversão. Em 2002, o lingotamento contínuo já atingia 92,6% da produção brasileira de aço bruto, sendo que a Usiminas e a CSN já operam com 100% de lingotamento contínuo desde meados da década de 90.

As reformas e implantação de novas laminações propiciaram igualmente o enobrecimento do *mix*, uma deficiência comumente apontada da siderurgia brasileira. Por exemplo, por meio da instalação de um laminador de perfis e de um laminador de tiras a quente, Açominas e CST, respectivamente, anteriormente restritas à produção de semi-acabados, diversificaram e enobreceram o *mix*, ainda que suas estratégias corporativas indiquem a manutenção do foco no setor de semi-acabados. Constam do quadro 3.8. as principais características das 15 novas laminações implantadas ou em processo de implantação na siderurgia brasileira no período 1998/2004.

No que diz respeito à atualização do parque siderúrgico brasileiro, deve-se observar que os novos equipamentos incorporam elevado nível de automação e as mais avançadas tecnologias disponíveis no setor, do que resulta a constatação de que no momento presente a siderurgia brasileira não apresenta defasagens comparativas com o horizonte internacional.

Quadro 3.8. Novas Laminações Instaladas ou em Instalação na Siderurgia Brasileira (1998-2004)

Empresa	Laminações *	Localização	Capacidade **	Start-up	Controle Acionário	Investimento ***
Usiminas	LTF	Ipatinga, MG	1.000	1999	Usiminas (100%)	400
Unigal	HDG	Ipatinga, MG	400	2000	Usiminas (60%) Nippon Steel (40%)	270
Galvasud	HDG	Porto Real, RJ	350	2000	CSN (51%), TKS (49%)	236
Cisa	LTF + HDG	Araucária, PR	330	2003	CSN (100%)	222
CST	LTQ	Vitória, ES	2.000	2002	CST (100%)	450
Vega do Sul	LTF HDG	São Francisco do Sul, SC	800 400	2003	Arcelor (75%) CST (25%)	488
Acesita	Senzimir	Timóteo, MG	160	1998	Acesita (100%)	215
Piratini	Bar Mill	Charqueadas, RS	170	2000	Gerdau (100%)	45
Belgo-Mineira	Bar Mill	Piracicaba, SP	500	1999	Belgo-Mineira (100%)	60
Gerdau	Bar Mill	Santa Cruz, RJ	450	2000	Gerdau (100%)	70
Açominas	LPP	Ouro Branco, MG	440	2002	Açominas (100%)	75
Açominas	Bar Mill	Ouro Branco, MG	550	2004	Açominas (100%)	75
Belgo-Mineira	Bar Mill	Piracicaba, SP	500	2004	Belgo-Mineira (100%)	70

Fonte: Elaboração própria, a partir de PAULA (2003a:36). Atualização feita pela autora

Observações: \* LTQ=laminador de tiras a quente; LTF=laminador de tiras a frio; HDG=galvanização por imersão a quente; LPP=laminador de perfis pesados

\*\* em mil toneladas/ano \*\*\* em US\$ milhões

A infra-estrutura e o desempenho tecnológico das aciarias brasileiras, o uso intensivo da automação nos sistemas de controle, bem como os investimentos em laminação já mencionados, capacitaram a siderurgia brasileira a produzir produtos de elevado valor agregado e classe mundial, como os aços *interstitial free* – IF, os da norma API e aços de alta resistência de última geração para a indústria automobilística. Estes produtos, de maior conteúdo tecnológico, demandam condições operacionais diferenciadas.

O IF, por exemplo, devido ao teor ultrabaixo de carbono demanda a utilização de desgaseificação à vácuo e, na laminação, recozimento de alta convecção (utilizando hidrogênio como gás protetor) para homogeneização do material. Outro aço igualmente sofisticado é o API, utilizado pela indústria petrolífera e com elevado nível de requisitos para sua aplicação. É condição essencial que esse produto tenha, igualmente, baixo teor de enxofre, de fósforo e de carbono. Outras condições para a sua produção são o bom nível de limpidez interna, desgaseificação excelente e faixas de composição química ajustadas. Por isso requer tratamentos especiais de refino secundário e laminação controlada (SILVA, 2002).

Para entendermos o vigoroso processo de atualização tecnológica da siderurgia brasileira na década de 90, utilizaremos alguns exemplos encontrados entre as empresas estudadas.

Sob controle operacional da francesa Usinor, a EMPA aprofundou o foco de atuação em aços planos inoxidáveis e siliciosos, produtos de elevado valor agregado, em um importante enobrecimento do *mix*. Esse processo foi viabilizado pelo encerramento da linha de barras, produto de baixo valor agregado e de transferência de capacidade para aços inoxidáveis e siliciosos. Nesta empresa, os dois altos-fornos recebem injeção de carvão pulverizado nas ventaneiras. Além disso, implementou-se um plano estratégico para o período 2000-2005 visando à modernização da área de redução, com o objetivo de melhorar a qualidade dos produtos e reduzir custos. Conforme JOCKYMAN e SILVA (2002b), no total, US\$ 120 milhões serão distribuídos entre a reforma dos altos fornos 1 e 2 e sistema de despoeiramento dos pátios de matérias-primas (circuito de carvão vegetal), além da aquisição de uma máquina de lingotamento. No alto-forno 1, a reforma propiciou o aumento da capacidade da planta de injeção de fino de carvão pulverizado, enquanto no 2 houve a atualização do sistema de automação. A expectativa era a de uma maior competitividade no mercado de aços inoxidáveis e siliciosos, em função da redução do custo final do produto obtida com a queda do *coke rate* do alto-forno 2 e da disponibilização de excedente de gusa sólido ao mercado.

Mudança qualitativa no perfil da laminação foi obtida nesta siderúrgica, como parte de um plano de modernização e reforma da aciaria e do alto-forno com investimentos de US\$ 100 milhões. Desde o final do primeiro semestre de 2002, encontra-se em curso o projeto Bobinas Pesadas, que elevou a dimensão das bobinas laminadas de 13 para 25 toneladas, adequando-se aos padrões mundiais. Com isso, houve um aumento significativo na capacidade do laminador de tiras a quente, enquanto na laminação a frio a produção passou de 220 mil toneladas anuais para 300 mil, apenas com a adequação do laminador existente às bobinas pesadas. O acréscimo é resultante da “velocidade ótima” de trabalho, com a respectiva redução de tempo nas fases de aceleração e desaceleração dos equipamentos (JOCKYMAN e SILVA, 2002a). Além disso, tem economizado mais de R\$ 1,2 milhão por ano, depois de implantar um conjunto de melhorias no seu laminador de tiras a quente, a partir de 1999, que eliminou o sucateamento de produtos defeituosos e as reclamações de clientes, além de aumentar a produtividade de 87,5 ton/h para 95,8 ton/h. Na prática, a empresa eliminou alguns gargalos tecnológicos graças à implementação de algumas mudanças no seu processo de produção focadas no cliente. Uma delas foi a

implantação de um modelo matemático de laminação, buscando melhorar o controle das propriedades mecânicas do aço, particularmente o nível de pureza, reduzindo a segregação (SILVA, 2001).

A EMPD experimentou um processo de diversificação e enobrecimento do *mix*, calcado na descontinuidade do fornecimento da linha de produtos de baixa rentabilidade, como aços especiais, tubos e barras laminares no ano de 1995 e a concentração de sua produção nos tubos para a indústria em geral e para os setores de petróleo e gás e automobilístico. Com a finalidade de se reforçar o seu foco estratégico, tubos de aços sem costura, implantou-se uma mudança do perfil da estrutura produtiva da planta siderúrgica. A partir de 1999, a EMPD pôde abastecer as linhas de tubos com matéria-prima proveniente exclusivamente do lingotamento contínuo, desativando o lingotamento convencional e a laminação de barras.

O ciclo de atualização tecnológica de seus equipamentos, iniciou-se em 1999, com a introdução das melhorias no alto-forno 2. No ano de 2001, o alto-forno 1 recebeu novo sistema de injeção de gás para redução da necessidade de carvão vegetal, além de outros avanços. Atualmente, a produção de gusa é totalmente monitorada, desde a pesagem das matérias-primas até a expedição do ferro líquido.

O caso da diversificação do *mix* da EMPI merece destaque. Ainda quando estatal, a siderúrgica já havia experimentado uma mudança tecnológica importante na aciaria. Trata-se da implantação do processo de sopro combinado (LD-KGC) e do sistema de controle dinâmico por meio de sublança nos conversores, permitindo um aumento de produtividade e redução de custo de produção do aço. Após a privatização, a fase um do plano de modernização tecnológica deu seqüência às mudanças, com a implantação do alto-forno dois e a máquina um de lingotamento contínuo juntamente com a primeira estação do refino secundário (IR-UT). A segunda fase da evolução tecnológica da aciaria desta siderúrgica foi marcada ainda pela aquisição de mais um RH; reforma do convertedor, que propiciou a redução do nível de fósforo; nova máquina de lingotamento contínuo; implantação do forno-panela e do RH; além de outras tecnologias de refino, capacitando-a produzir semi-acabados de elevado valor agregado, como o aço ultrabaixo carbono. Os investimentos no refino secundário e a implantação de um laminador de tiras a quente em 2002, mudaram o perfil produtivo da empresa, pois ela capacitou-se a produzir placas e bobinas laminadas a quente de maior valor agregado, em aços ultrabaixo carbono, destinados à

estampagem profunda e extraprofunda, principalmente em aplicações automobilísticas, tais como, o IF - *interstitial free*, e a norma API. Atualmente, quase 80% dos produtos oriundos de sua aciaria caracterizam-se por produtos nobres, focados nas indústrias petrolífera e automotiva, além de aplicações em fins elétricos, etc.

A EMPJ também reestruturou o seu *mix*, deixando de produzir unicamente tarugos, semi-acabado para produção de longos, e capacitando-se a produzir perfis estruturais para a construção civil. Por meio de um laminador de perfis estruturais, a empresa tornou-se apta a produzir 440 mil toneladas/ano de perfis estruturais I e H, numa ampla variedade de bitolas entre 150 e 610 milímetros, segundo as especificações da norma ASTM A6/6M. No início de suas operações no ano de 2002, foram disponibilizadas 20 bitolas diferentes, número que deveria crescer para 41 nos 12 meses seguintes, de um total de 71 que o laminador pode produzir. Adicionalmente, instalará um laminador de fio-máquina, produto utilizado por diversos segmentos industriais na fabricação de lã de aço, molas, fixadores, eletrodos, barras para construção mecânica e arames, dentre outros, no início de 2005.

### **Considerações Finais**

Embora com uma forte heterogeneidade no parque produtivo nacional, enquanto estatais, as siderúrgicas brasileiras passaram por programas de capacitação tecnológica ricos tanto na sua dimensão estritamente produtiva (traduzida na operação concreta de equipamentos) quanto, em alguns casos, na consecução de esforços para a consolidação de estruturas formais de P&D.

No que se refere ao quadro atual das capacidades tecnológicas da siderurgia brasileira, a pesquisa de campo apontou alguns traços comuns às empresas siderúrgicas que parecem caracterizar a situação da P&D nesta indústria: (a) a baixa intensidade dos esforços tecnológicos; (b) as estruturas próprias de P&D significativamente mais “enxutas” em relação ao padrão vigente no final da década de 80; (c) a intensidade dos dispêndios com recursos humanos, destinando menos recursos para a aquisição de equipamentos e materiais; (c) a melhoria da qualificação formal dos recursos humanos envolvidos com estas atividades, especialmente nas empresas com centros de pesquisa formalmente institucionalizados; (d) a manutenção do escopo das atividades tecnológicas internas, quais sejam, otimização de tecnologias de processo e produto e desenvolvimento de produtos e aplicações.



A heterogeneidade dos esforços tecnológicos da siderurgia brasileira, já detectada em estudos anteriores, denota que a intensidade dos esforços tecnológicos e a relevância da inovação na competitividade desta indústria variam entre os segmentos produtores, em resposta aos diferentes níveis de exigência dos setores consumidores. Empresas com menor esforço tecnológico são aquelas que atuam nos segmentos de semi-acabados e laminados longos comuns, nos quais são escassas as oportunidades para a inovação de produtos. A competitividade destas siderúrgicas está calcada, prioritariamente, no baixo custo de produção, na qualidade intrínseca do produto, na capacidade de atendimento a clientes e na diferenciação do produto por meio de agregação de serviços. Estruturas formalmente dedicadas ao P&D, por sua vez, são requeridas nas siderúrgicas atuando nos segmentos de aços planos comuns (voltados prioritariamente à indústria automobilística) e aços especiais em geral, nos quais se fazem necessários esforços tecnológicos endógenos, voltados ao desenvolvimento e aprimoramento de produtos e ao domínio de tecnologia de processo.

Em termos comparativos com o horizonte internacional, a indústria siderúrgica brasileira não apresenta defasagens tecnológicas, atestando que não houve uma regressão tecnológica no setor. Por força da retomada do investimento produtivo setorial na segunda metade da década de 90, a siderurgia brasileira encontra-se atualizada tecnologicamente, em consonância com as tendências da siderurgia mundial. Como se observou, as mudanças tecnológicas estiveram calcadas na ampla difusão da injeção de carvão pulverizado nos altos-fornos, dos equipamentos de metalurgia secundária e do lingotamento contínuo, bem como nas reformas e implantação de novas laminações, e evidenciam os expressivos esforços tecnológicos setoriais para o aumento da eficiência da produção e para o enobrecimento do *mix*.

Este trabalho verificou que a siderurgia brasileira antes e após a privatização continuou realizando predominantemente mudanças técnicas incrementais, de cunho adaptativo ou otimizador. De fato, no que tange ao grau de novidade e originalidade das mudanças tecnológicas, conclui-se que as numerosas mudanças tecnológicas (em processo e produto) empreendidas pelas siderúrgicas brasileiras na década de 90 são essencialmente de natureza criativa, ou seja, com a incorporação de tecnologia gerada por outros agentes que não a própria empresa, mas com contribuição original dos produtores siderúrgicos para adaptar e/ou melhorar a tecnologia.

## Conclusões

Em primeiro lugar, é importante destacar que o exame da dinâmica tecnológica setorial internacional demonstra a maturidade tecnológica da indústria siderúrgica. Esforços tecnológicos relativamente pouco intensos frente aos setores tecnologicamente dinâmicos; baixa apropriabilidade; importância crescente dos fornecedores de equipamentos no desenvolvimento tecnológico do setor (principal fonte de informação e/ou aquisição tecnológica externa em tecnologia de processo); e iniciativas de cooperação em P&D são os aspectos centrais da dinâmica inovativa setorial.

No que se refere ao Brasil, foi possível constatar que, dado o vigor das mudanças por que passou este setor nos anos 90, a reestruturação setorial – privatização, aumento da concentração de capitais e internacionalização produtiva – afetou a capacitação tecnológica das empresas siderúrgicas. O exame das capacidades tecnológicas das siderúrgicas brasileiras no período que antecede a reestruturação setorial e no momento presente sugere que houve uma racionalização das atividades tecnológicas realizadas internamente, concomitantemente a uma evolução favorável das capacidades operacionais destas empresas.

Os traços característicos da racionalização do esforço tecnológico endógeno seriam os seguintes: (a) mudanças nas diretrizes das atividades de P&D, consubstanciadas numa maior preocupação com a relação custo-benefício, com o cumprimento de prazos e com o número de projetos finalizados; (b) aprofundamento da tendência de concentração da P&D em desenvolvimento de produtos e aplicações e apoio aos clientes, em detrimento das atividades tecnológicas em processo; (c) redução significativa dos recursos humanos envolvidos em atividades tecnológicas; (d) menor dispêndio relativo em P&D em algumas siderúrgicas; (e) interação mais estreita das estruturas de P&D com os clientes e com as demais áreas da empresa (notadamente, *marketing* e áreas operacionais).

Vale destacar que embora haja uma diversidade de situações no conjunto das empresas, não houve uma retração generalizada do esforço tecnológico endógeno no âmbito da reestruturação setorial, de modo a se configurarem rupturas nas trajetórias de capacitação tecnológica das siderúrgicas brasileiras. Nas empresas que já possuíam estruturas de P&D formalmente institucionalizadas, a reestruturação setorial não resultou na involução propriamente dita dos esforços tecnológicos e em interrupção dos programas de investimento em P&D em execução à

época da privatização. A pesquisa de campo indicou que ainda são significativas as atividades tecnológicas realizadas pelas siderúrgicas brasileiras, especialmente no que se refere ao desenvolvimento de produtos e aplicações (introdução de novos produtos e o aprimoramento da qualidade dos produtos já existentes) e à otimização de processos. O aprofundamento da tendência de concentração das atividades tecnológicas em produtos na siderurgia brasileira evidencia os esforços para o enobrecimento do *mix*, comumente apontado como uma das maiores deficiências do parque siderúrgico nacional no início da década de 90. Esta tendência é reforçada adicionalmente por características intrínsecas à dinâmica inovativa da siderurgia, quais sejam, maior apropriabilidade em tecnologia de produto e relevância dos fornecedores especializados de equipamentos metalúrgicos na geração e difusão de inovações de processo. Nessa perspectiva, o não reforço dos esforços endógenos em desenvolvimento de tecnologia de processo resulta do fato de que o desenvolvimento tecnológico na siderurgia, principalmente no caso da tecnologia de processo, depende cada vez mais de atores não especificamente siderúrgicos.

Os esforços de P&D para adaptação e otimização dos processos produtivos existentes capacitam o setor a diagnosticar as reais necessidades tecnológicas e, desta forma, selecionar e comprar novas tecnologias mais facilmente e a um custo inferior. Ou seja, pode-se afirmar que a siderurgia brasileira adquiriu e possui competência tecnológica (acumulou capacidades tecnológicas) para produzir mudanças técnicas incrementais em processos de fabricação do aço, desenvolvimento de produtos e melhoria de equipamentos.

De toda forma, cabe salientar que dados de pesquisa sugerem que no âmbito da redefinição das estratégias corporativas ocorreram perdas de capacidades inovativas em algumas siderúrgicas produtoras de aços especiais, segmento produtor que passou por um amplo movimento de desnacionalização na segunda metade da década de 90, e em empresas que, quando das privatizações, possuíam estruturas de P&D em estágio de consolidação.

Como consequência da maior internacionalização da siderurgia brasileira, algumas decisões cruciais relativas à acumulação de competências tecnológicas destas empresas encontram-se atualmente condicionadas à estratégia global de seus controladores, líderes internacionais nos segmentos de atuação. Os efeitos dessa dimensão da reestruturação são certamente mais importantes no segmento de aços especiais, posto que é exatamente o que demanda maiores esforços tecnológicos endógenos.

No que tange à posição da subsidiária brasileira em termos das principais tecnologias de processo e/ou produto que adota, constatamos na pesquisa de campo que, de uma maneira generalizada, as filiais de multinacionais enquadram-se na posição de usuárias/adaptadoras, ou seja, utilizam resultados das atividades tecnológicas da matriz e/ou de outras empresas do grupo, embora realizem internamente esforços adaptativos. Não detectamos, portanto, filiais em posição de centros de competência em suas corporações multinacionais, cujos resultados de atividades tecnológicas sejam utilizados por outras empresas do grupo.

A menor intensidade dos esforços tecnológicos empreendidos pela siderurgia brasileira em relação às líderes da siderurgia européia e japonesa não é um impeditivo para a competitividade internacional desta indústria, uma vez que: (a) o desenvolvimento tecnológico do setor não tem apresentado grandes e frequentes descontinuidades, configurando uma situação em que a fronteira tecnológica está ao alcance dos esforços das empresas oriundas dos países em desenvolvimento; (b) a tecnologia está intensamente incorporada nos equipamentos; (c) a siderurgia brasileira possui amplo domínio da tecnologia de processo (absorção de tecnologia e capacidade de adaptação às condições de cada planta). Adicionalmente, a competitividade da siderurgia brasileira é beneficiada por um conjunto de fatores estáticos, de modo que as siderúrgicas brasileiras se encontram entre as de custos operacionais mais baixos no mundo, propiciados pelos menores custos de insumos, muito em função da vantagem competitiva relacionada ao minério de ferro, e pelos reduzidos custos salariais.

Por outro lado, a privatização esteve associada à melhoria da posição financeira das siderúrgicas brasileiras, criando condições para a recuperação dos investimentos e favorecendo a capacidade operacional do conjunto da siderurgia brasileira, seja pela via da aquisição de equipamentos no estado da arte, seja pelo estabelecimento de contratos de transferência de tecnologia e de cooperação tecnológica com as matrizes e outras siderúrgicas.

A acumulação de capacidades tecnológicas por parte das siderúrgicas brasileiras fica evidenciada pela evolução francamente favorável de indicadores, como o *coke rate* e a produtividade do trabalho, frente aos parâmetros vigentes na década de 80, bem como pela capacitação para produzir produtos de elevado valor agregado e classe mundial, como os aços *interstitial free* – IF, os da norma API e os aços de alta resistência de última geração, produtos caracterizados pelo maior conteúdo tecnológico e que demandam condições operacionais diferenciadas.

Ainda que o quadro seja heterogêneo, vale mencionar que a perspectiva do aprofundamento do aprendizado tecnológico da siderurgia brasileira dependerá de um amplo conjunto de fatores e, dentre eles, a natureza e o destino dos bens produzidos. Atualmente, a tendência é de se produzir aços mais nobres principalmente para o mercado interno (fortemente puxado pela demanda de clientes do complexo automotivo e da indústria de linha branca). Já os investimentos dirigidos às exportações se concentram no segmento de semi-acabados, de menor valor agregado. Os resultados dessas combinações são ainda incertos, mas é razoável supor que esta segunda opção não contemple o reforço dos esforços inovativos desta indústria no Brasil.

## Referências bibliográficas

- ABM (Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais) (1987) A experiência da Villares na busca de tecnologias próprias. **Metalurgia-ABM**, v. 43, n. 359, outubro, pp. 706-710.
- ABM (1998) Empresas intensificam transferência tecnológica. **Metalurgia & Materiais**, v. 54, n. 480, setembro, pp. 446-450.
- ANDRADE, Maria Lúcia A. *et alii* (1997) **Setor siderúrgico no Brasil e no mundo**. Rio de Janeiro: Gerência Setorial de Mineração e Metalurgia – BNDES.
- ANDRADE, Maria Lúcia A. *et alii* (1999) **Reestruturação na siderurgia brasileira**. Rio de Janeiro: Gerência Setorial de Mineração e Metalurgia – BNDES.
- ANDRADE, Sergio L.; TAISS, Ed Juarez M.; ROSA, Leonardo K. (2002) ULSAB-AVC: o aço no automóvel do futuro **Anais do 57º Congresso Anual da ABM**. São Paulo: Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais -ABM (CD-rom), pp. 721-731.
- ANTUNES, João Luis B. (2002) **Tendências tecnológicas no segmento de aços planos**. I Simpósio sobre Aços “Perspectivas para os próximos 10 anos”. Rio de Janeiro: 18-19/11/2002 – Sub-rede Aços Recope-FINEP. Disponível em: <<http://www.redeacos.eng.br>>. Acesso em 01 de setembro de 2003.
- ARAÚJO, Luiz Antonio (1997) **Manual de siderurgia**. São Paulo: Editora Arte & Ciência, v.1-Produção.
- ARCELOR GROUP (2004) **Arcelor Group Annual Report**. Luxembourg: Arcelor.
- BATISTA, Jorge C. (1988) **Planejamento, investimentos e competitividade internacional do setor siderúrgico brasileiro nos anos 70 e 80**. Texto para discussão Instituto de Economia Industrial/ Universidade Federal do Rio de Janeiro, n. 162, junho. Rio de Janeiro: IEI/UFRJ.
- BATISTA, Jorge C.; PAULA, Germano M. (1989) **Avaliação e perspectivas tecnológicas das empresas estatais produtivas: o caso do setor siderúrgico**. Texto para discussão Instituto de Economia Industrial/ Universidade Federal do Rio de Janeiro, n. 208, agosto. Rio de Janeiro: IEI/UFRJ.
- BATISTA, Jorge C.; CORREIA, E.L. (1991) Os efeitos do aço e da energia elétrica sobre a competitividade das exportações e sobre a taxa de inflação brasileiras. **Anais do 19º Encontro Nacional de Economia**. Curitiba: Associação Nacional dos Centros de Pós-Graduação em Economia – ANPEC.
- BELL, Martin (1984) “Learning” and the accumulation of industrial technological capacity in developing countries. In: FRANSMAN, Martin; KING, Kenneth (Eds) **Technological capability in the Third World**. London: MacMillan, pp. 187-209.
- BELL, Martin; PAVITT, Keith (1993) Technological accumulation and industrial growth: contrasts between developed and developing countries. **Industrial and Corporate Change**, v. 2, n.2, pp. 157-211.
- BETZIOS, Aristidis (1993) Fornos a arco de corrente contínua – uma visão geral. **Metalurgia & Materiais – ABM**, v. 49, n. 424, dezembro, pp. 1022-1031.
- BIRAT, Jean-Pierre (1995) Scenarios for the technological evolution of the steel industry. **La Revue de Métallurgie – CIT**, outubro-novembre, pp. 1195-1205.
- BIRAT, Jean-Pierre (1996) **Nouveaux procédés et nouveaux produits: les voies de la innovation**. Maizières-lès-Metz: IRSID-Usinor. Simpósio “Siderurgia no Século XXI”- Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais. Disponível em: <<http://www.abmbrasil.com.br/cim/download/asp>>. Acesso em 01 de junho de 2003.

- BOOM, R. (1998) R&D as an engineering tool for steel's future. **Ironmaking and Steelmaking**, v.25, n. 6, pp. 426-429.
- CAMARGOS, Silvana P.; PAULA, Germano M. (1997) Competitividade e privatização: o caso da siderurgia brasileira. **Caderno de Pesquisas em Administração**, v. 2, n. 5, 2º semestre, pp. 17-26.
- CARNEIRO, Rogério T.S.; CASTRO, Luiz Fernando A.; TAVARES, Roberto P. (2001) Qualidade da carga metálica para operação de altos-fornos com injeção de carvão. **Metalurgia & Materiais**, n. 513, setembro, pp. 517-521.
- COSTA, Ionara (2003) **Multinacionais e capacitação tecnológica na indústria brasileira**. Tese (Doutorado). Campinas, Departamento de Política Científica e Tecnológica, Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas.
- CRANDALL, Robert W. (1996) From competitiveness to competition: the threat of minimills to large national steel companies. **Resources Policy**, v. 22, n.1-2, pp. 107-118.
- DAHLMAN, Carl (1984) Foreign technology and indigenous technological capability in Brazil. In: FRANSMAN, Martin; KING, Kenneth (Eds) **Technological capability in the Third World**, London: MacMillan, pp. 317-334.
- DAHLMAN, Carl; WESTPHAL, Larry (1982) Technological effort in industrial development – an interpretative survey of recent research. In: STEWART, Frances; JAMES, Jeffrey (Eds) **The economics of new technology in developing countries**. London: Frances Pinter, pp. 105-136.
- DAHLMAN, Carl; FONSECA, Fernando V. (1988) From technological dependence to technological development: the case of the Usiminas steel plant in Brasil. In: KATZ, Jorge (Ed). **Technology generation in Latin American manufacturing industries**. Nova York: St. Martin Press, pp. 154-181.
- DOSI, Giovanni (1988) Sources, procedures and microeconomics effects of innovation. **Journal of Economic Literature**, v. 26, september, pp. 1120-1171.
- ERENO, Dinorah (2002) Terra de inovação – Centro de Materiais Cerâmicos investiga novas aplicações em siderurgia e produtos elétricos. **Revista Pesquisa FAPESP**, n.78, agosto.
- EUROFER (European Confederation of Iron and Steel Industries) (2002) **Networking in steel research**. Brussels: EUROFER.
- FAURE, Henri (1994) Nouvelles technologies de production de la fonte et de l'acier. **La Revue de Métallurgie – CIT**, janvier, pp. 49-60.
- FRANSMAN, Martin (1984) Technological capability in the Third World: an overview and introduction to some of the issues raised in this book. In: FRANSMAN, Martin; KING, Kenneth (Eds) **Technological capability in the Third World**, London: MacMillan, pp. 03-30.
- FERREIRA, Cândido G. (1989a) **Os traços principais da evolução das normas técnicas de produção na siderurgia**. Texto para discussão Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional/Universidade Federal de Minas Gerais n.54. Belo Horizonte: CEDEPLAR/UFMG.
- FERREIRA, Cândido G. (1989b) **O desenvolvimento da automação na siderurgia brasileira: o caso Usiminas**. Relatório de pesquisa do projeto “Para um levantamento sistemático dos impactos da automação microeletrônica”. São Paulo: Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Sócio-Econômicos- DIEESE.
- FERREIRA, Cândido G. (1993) A evolução das normas técnicas de produção na siderurgia: principais tendências históricas. **Nova Economia**. Belo Horizonte: FACE-UFMG, v.3, n.1, setembro, pp. 225-246.

- FERREIRA, José Artur S. (1997) **Transferência de tecnologia na produção de aços planos especiais: o caso da Acesita**. Dissertação (Mestrado). Rio de Janeiro, Instituto de Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- FERREIRA, José Artur S. (2003) Aprendizagem tecnológica e estratégias corporativas de gestão na siderurgia brasileira. **Anais do 58º Congresso Anual da ABM**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais – ABM (cd-rom), pp. 1537-1545.
- FIGUEIREDO, Paulo N. (2003) **Aprendizagem tecnológica e performance competitiva**. Rio de Janeiro: Editora FGV.
- FREITAS, Adriana G. (1993) **Capacitação tecnológica em sistemas de produção para águas profundas**. Dissertação (Mestrado). Campinas, Departamento de Política Científica e Tecnológica, Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas.
- FRUEHAN, Richard J. (1997) Future steelmaking technologies and the role of basic research. **Metallurgical and Materials Transactions**, v.28B, october, pp. 743-753.
- FURTADO, André *et alii* (1994) **Capacitação tecnológica, competitividade e política industrial: uma abordagem setorial e por empresas líderes**. Texto para Discussão IPEA n. 348, IPEA: Brasília, setembro.
- FURTADO, Marco Antônio T.; BARBIERI, José Carlos; FERREIRA, José Artur S.; ASSIS, Paulo S. (2000) A gestão de pesquisa e desenvolvimento em empresas siderúrgicas privatizadas. **Revista de Administração**, São Paulo, v.35, n.1, p. 51-62, janeiro/março.
- GAZETA MERCANTIL. **Grandes Grupos**. Suplemento especial. São Paulo: Gazeta Mercantil, 25/10/2002.
- HERBERT-COPLEY, Brent (1990) Technical change in Latin American manufacturing firms: review and synthesis. **World Development**, v.18, n. 11, pp. 1457-1469.
- HOLLEIS, G. (1994) Global trends in the iron and steel industry. **La Revue de Métallurgie – CIT**, janvier, pp. 145-160.
- IBS (Instituto Brasileiro de Siderurgia) **Anuário estatístico da siderurgia brasileira**. Rio de Janeiro: IBS (vários números)
- IBS (2001) **Investimentos e capacidade instalada**. Rio de Janeiro: IBS
- IBS (2002) **Mercado brasileiro de aço**. Rio de Janeiro: IBS.
- IBS (2004a) **Investimentos e capacidade instalada – parque existente**. Rio de Janeiro: IBS.
- IBS (2004b) **A siderurgia em números - pocket yearbook 2004** Rio de Janeiro: IBS.
- IISI (International Iron and Steel Institute) **World steel in figures**. Brussels: IISI (vários números).
- IISI **Steel statistical yearbook** (vários números) Brussels: IISI.
- JOCKYMAN, André; SILVA, Maroni J. (2002a) Redução da espessura e acabamento superficial elevam o aço brasileiro ao padrão classe mundial. **Metalurgia e Materiais**, n. 526, outubro.
- JOCKYMAN, André; SILVA, Maroni J. (2002b) Corrida do gusa – Apesar das tecnologias alternativas, o alto-forno ainda não encontrou nenhum substituto à altura. **Metalurgia e Materiais**, n. 527, novembro.
- JONES, Charles I. (2000) **Introdução à teoria do crescimento econômico**. Rio de Janeiro: Campus.
- KATZ, Jorge (1976) **Importación de tecnología, aprendizaje local e industrialización dependiente**. México: Fondo de Cultura Económica.



- KATZ, Jorge (1987) Domestic technology generation in LDCs: a review of research findings. In: KATZ, Jorge (Org) **Technology generation in Latin American manufacturing countries**. London: MacMillan, pp. 13-55.
- KIM, Linsu (1999) Building technological capability for industrialization: analytical frameworks and Korea's experience. **Industrial and Corporate Change**, v. 8, n.1, pp. 111-136.
- LALL, Sanjaya (1982) Technological learning in the Third World: some implications of technological exports. In: STEWART, Frances; JAMES, Jeffrey (Eds) **The economics of new technology in developing countries**. Frances Pinter: London, pp. 157-179.
- LALL, Sanjaya (1992) Technological capabilities and industrialization. **World Development**, v. 20, n.2, pp. 165-186.
- LALL, Sanjaya (1994) Technological capabilities. In: SALOMON, Jean-Jacques; SAGASTI, Francisco R.; SACHS-JEANTET, Céline (Eds) **The uncertain quest: science, technology and development**. United Nations University Press, pp.264-301.
- MARQUES, Isabel (1990) **L'industrie sidérurgique**. Relatório de pesquisa do projeto "Desenvolvimento tecnológico da indústria e constituição de um sistema nacional de inovação no Brasil". Campinas: IPT/FECAMP/ UNIDO.
- MARTIN, D. D. (1985) The iron and steel industry: transnational control without TNCs? In: NEWFARMER, R.S. (Org.) **Profits, progress and poverty: case studies of international industries in Latin America**. Notre Dame: University of Notre Dame Press.
- MORANDI, Maria Lúcia (1996) **Reestruturação industrial e siderurgia – uma análise do setor siderúrgico: o caso da CST**. Tese (Doutorado). Campinas, Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas.
- NOLDIN JÚNIOR, José Henrique; D'ABREU, José Carlos; ARAUJO, Denílson R. (2003) Tecnologias emergentes – novas técnicas de redução são testadas pela siderurgia em nível mundial. **Metalurgia e Materiais**, n. 537, julho, pp. 396-399.
- OLIVEIRA, Vanessa C. P. (2001) A indústria siderúrgica no Estado de Minas Gerais na década de 90: reestruturação produtiva, emprego e relações de trabalho. **Anais do 7º Encontro Nacional de Estudos do Trabalho**. Salvador: Associação Brasileira de Estudos do Trabalho –ABET , outubro (cd-rom).
- OLIVEIRA, Vanessa C. P. (2002) Reconfiguração da indústria siderúrgica mineira na década de 90 e a evolução do nível de emprego e das relações de trabalho no setor. **Emprego e Desenvolvimento Tecnológico: estudos DIEESE/CESIT**. São Paulo: DIEESE; Campinas: CESIT (cd-rom).
- OLIVEIRA, Vanessa C. P. (2004) Relatório setorial final do Diretório da Pesquisa Privada no Brasil – Setor: **Siderurgia**. Araraquara e Campinas: DPP-FINEP-GEEIN-DPCT.
- PASSANEZZI FILHO, Reynaldo (1992) **Saneamento financeiro e privatização da siderurgia brasileira**. Dissertação (Mestrado). Campinas, Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas.
- PAULA, Germano M. (1992) **Avaliação tecnológica da siderurgia brasileira**. Dissertação (Mestrado). Rio de Janeiro, Instituto de Economia Industrial, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- PAULA, Germano M. (1993) **Competitividade da indústria siderúrgica**. Nota técnica setorial do "Estudo da competitividade da indústria brasileira". Campinas e Rio de Janeiro: IE-UNICAMP/IEI-UFRJ/FDC/Funcex.
- PAULA, Germano M. (1994) Investimentos japoneses na siderurgia norte-americana. **Metalurgia e Materiais**, vol. 50, n° 428, pp. 414-417.

- PAULA, Germano M. (1997a) A indústria brasileira de aços longos. In: GARCIA, Fernando; FARINA, Elizabeth M.M.Q; ALVES, Marcel C. (Orgs) **Padrão de concorrência e competitividade da indústria de materiais de construção**. São Paulo: Editora Singular, pp. 11-62.
- PAULA, Germano M. (1997b) Avaliação do processo de privatização da siderurgia brasileira. **Revista de Economia Política**, v. 17, n 2 (66), abril-junho, pp. 92-109.
- PAULA, Germano M. (1998) **Privatização e estrutura de mercado na indústria siderúrgica mundial**. Tese (Doutorado). Rio de Janeiro, Instituto de Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- PAULA, Germano M. (1999) **Dimensões da estratégia de internacionalização: o caso de quatro grupos siderúrgicos (mini-mills)**. Oxford: Centro de Estudos Brasileiros.
- PAULA, Germano M. (2000) **Inovação tecnológica na siderurgia brasileira: contexto internacional, tendências recentes e proposição de uma estratégia tecnológica**. Rio de Janeiro: FINEP.
- PAULA, Germano M. (2002) **Cadeia produtiva de siderurgia**. Nota técnica setorial do “Estudo de Competitividade por Cadeias Integradas: um esforço coordenado de criação de estratégias compartilhadas”. Brasília: Ministério de Desenvolvimento, Indústria e Comércio e Instituto de Economia da UNICAMP.
- PAULA, Germano M. (2003a) **Siderurgia brasileira em 2002: turbulências internacionais, dilemas nacionais**. Texto para discussão Instituto de Economia/Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, março.
- PAULA, Germano M. (2003b) Desenvolvimento tecnológico, alianças estratégicas e apoio governamental: o caso Tecnoled. **Anais do XXVII Encontro da ANPAD**. Atibaia: Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração – ANPAD (cd rom).
- PAULA, Germano M.; FERRAZ, João Carlos (1990) **Modernização e enobrecimento de produtos: proposta para uma estratégia tecnológica para a indústria siderúrgica**. Relatório de pesquisa do projeto “Desenvolvimento tecnológico da indústria e a constituição de um sistema nacional de inovação no Brasil”. Campinas: IPT/FECAMP/UNIDO.
- PINHO, Marcelo (1993) **Tecnologia e competitividade na indústria brasileira de aços não-planos comuns**. Dissertação (Mestrado). Campinas, Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas.
- PINHO, Marcelo (2001) **Reestruturação produtiva e inserção internacional da siderurgia brasileira**. Tese (Doutorado). Campinas, Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas.
- PINHO, Marcelo; SILVEIRA, José Maria (1998). Os efeitos da privatização sobre a estrutura industrial da siderurgia brasileira. **Economia e Sociedade**. Campinas: IE-UNICAMP, n. 10, junho, pp. 81-100.
- PINHO, Marcelo; LOPES, Ademil L. (2000) **Limites e possibilidades do Brasil nas configurações produtivas globalizadas: a cadeia siderúrgica**. Relatório de pesquisa do projeto “Limites e possibilidades do Brasil nas configurações produtivas globalizadas”. Convênio GEEIN-UNESP/IPEA. São Carlos: DEP/UFSCar.
- PINHO, Marcelo; OLIVEIRA Vanessa P. (2002) **Internacionalização e tecnologia em líderes da siderurgia mundial**. Relatório de pesquisa do projeto “Comportamento tecnológico das empresas”. Convênio GEEIN-UNESP/FINEP. São Carlos: DEP/UFSCar.
- PORTO, Geciane S. (1998) A reestruturação de um centro de P&D siderúrgico. **Economia e Tecnologia**, v.1, n. 2, pp. 56-69, abr./jun.
- QUEIROZ, Sérgio R. R. (1987). **Siderurgia no Brasil: o desenvolvimento do setor de aços especiais**. Dissertação (Mestrado). Campinas, Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas.

- QUEIROZ, Sérgio R. R. (1993) **Os determinantes da capacitação tecnológica no setor químico-farmacêutico brasileiro**. Tese (Doutorado). Campinas, Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas.
- SILVA, André Luiz C.; MEI, Paulo Roberto (1988) **Aços e ligas especiais**. Sumaré: Eletrometal SA. Metais Especiais, 2ª edição.
- SILVA, Maroni J. (2001) O aumento da competitividade e da demanda por aços mais nobres revoluciona a laminação de produtos siderúrgicos **Metalurgia e Materiais**, n. 515, nov.
- SILVA, Maroni J. (2002) Desempenho das aciarias mostra que o Brasil está no páreo com os grandes *players* da siderurgia mundial. **Metalurgia e Materiais**, n. 533, maio.
- SOARES, Rinaldo C. (1989) O desenvolvimento tecnológico e gerencial como fator de aumento de produtividade. **Metalurgia-ABM**, v. 45, n. 384, nov. pp. 1129-1142.
- TORRES, Haroldo G.; PINHO, Marcelo; RUIZ, Ricardo M.; SIMÕES, Rodrigo F. (1997). Estrutura industrial e impactos ambientais: um estudo das empresas siderúrgicas e da poluição hídrica na Bacia do Rio Piracicaba (MG). **Nova Economia**, número especial (10º Prêmio Minas de Economia). Belo Horizonte: FACE-UFMG, pp. 9-84.
- USIMINAS (2004) **Relatório Anual 2003**. Belo Horizonte: Usiminas.
- VAN DEN BERG J.C. (1996) The forces that drive research and development in the steel industry. **Ironmaking and Steelmaking**, v. 23, n. 4, pp. 309-316.
- VICENTIM, Rogério (2002) **Indicadores de patentes – Diretório da Pesquisa Privada no Brasil DPP/FINEP**. Araraquara e Campinas: DPP-FINEP-GEEIN-DPCT
- WORLD STEEL DYNAMICS (2001) **Financial dynamics of international steelmakers**. New Jersey: World Steel Dynamics, March.
- WORLD STEEL DYNAMICS (2004) World Cost Curve 2004. **Truth & Consequences**, n.23. New Jersey: World Steel Dynamics, May 17.

## **Bibliografia**

ACESITA **Relatório Anual** Belo Horizonte: Acesita (vários números)

AÇOMINAS (Aço Minas Gerais SA) **Relatório Anual** Belo Horizonte: Açominas (vários números)

CSBM (Companhia Siderúrgica Belgo-Mineira) **Relatório Anual**. Belo Horizonte: CSBM (vários números)

COSIPA (Companhia Siderúrgica Paulista) **Relatório Anual**. São Paulo: Cosipa (vários números)

CSN (Companhia Siderúrgica Nacional) **Relatório Anual**. Rio de Janeiro: CSN (vários números)

CST (Companhia Siderúrgica de Tubarão) **Relatório Anual**. Serra: CST (vários números)

Gazeta Mercantil (2003) **Petrobrás 50 Anos**. Suplemento especial. Relatório da Gazeta Mercantil

GERDAU **Relatório Anual de Administração**. Porto Alegre: Gerdau (vários números)

USIMINAS **Relatório Anual de Administração**. Belo Horizonte: Usiminas (vários números)

V&M Tubes (Vallourec & Mannesmann Tubes) **Relatório Anual** Belo Horizonte: V&M Tubes (vários números)