

**FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS
ESCOLA BRASILEIRA DE ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA E EMPRESARIAL
CENTRO DE FORMAÇÃO ACADÊMICA E PESQUISA
CURSO MESTRADO EXECUTIVO**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**TÍTULO:
ACUMULAÇÃO DE COMPETÊNCIAS TECNOLÓGICAS E PROCESSOS DE
APRENDIZAGEM: O CASO DA ACIARIA DA COMPANHIA SIDERÚRGICA
NACIONAL**

EDUARDO CÔRTEZ DE CASTRO

RIO DE JANEIRO, 30 DE JUNHO DE 2002

**FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS
ESCOLA BRASILEIRA DE ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA E EMPRESARIAL
CENTRO DE FORMAÇÃO ACADÊMICA E PESQUISA
CURSO MESTRADO EXECUTIVO**

**TÍTULO:
ACUMULAÇÃO DE COMPETÊNCIAS TECNOLÓGICAS E PROCESSOS DE
APRENDIZAGEM: O CASO DA ACIARIA DA COMPANHIA SIDERÚRGICA
NACIONAL**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO APRESENTADA POR
EDUARDO CÔRTEZ DE CASTRO**

**E APROVADA EM DE DE 2002
PELA BANCA EXAMINADORA:**

**ASSINATURA DO PROFESSOR PhD ORIENTADOR ACADÊMICO: ROGÉRIO
VALLE**

ASSINATURA DO PROFESSOR DOUTOR FERNANDO GUILHERME TENÓRIO

ASSINATURA DO PROFESSOR

RIO DE JANEIRO, 30 DE JUNHO DE 2002

DEDICATÓRIA

Muitas são as fontes de inspiração que nos leva a produzir trabalhos acadêmicos como uma dissertação de mestrado. Trabalhos desta natureza nos consome muito tempo e energia. Somente através do apoio e do incentivo temos renovadas nossas energias para conciliar as atividades familiares, sacrificadas em alguns momentos, com as acadêmicas.

Por essa razão, gostaria de dedicar esta obra a pessoas que foram e são muito especiais em minha vida, são elas: meus avós paternos José de Castro (in memorian) e Maria Alves, meus avós maternos José Pamplona (in memorian) e Maria (in memorian), meus pais Décio e Maria Lúcia, meu irmão Cláudio, e minha esposa Adriana. Cada um, ao seu modo, contribuiu de maneira significativa para que eu pudesse reunir as forças necessárias para vencer as adversidades encontradas ao longo do caminho.

AGRADECIMENTOS:

- Ao meu orientador, Professor Rogério Valle, pelo excelente trabalho de orientação e pelo companheirismo demonstrado durante todo período de desenvolvimento desta dissertação;
- À Fundação Getulio Vargas, pela oportunidade de poder integrar seu corpo discente e pelo suporte dado ao longo do curso;
- À Companhia Siderúrgica Nacional, em especial ao Engenheiro Walter Luiz da Costa Reis, pelas mais variadas formas de contribuição e apoio dados para desenvolvimento desta dissertação;
- A todo corpo docente da FGV/EBAPE, pelos ricos conhecimentos passados durante o curso;
- À equipe de suporte técnico da EBAPE, Juarez, José Paulo, Victor, Jorge e demais companheiros da secretaria;
- Aos amigos de turma pelo companheirismo;
- Ao coorientador, Professor Thalmó, pelas valiosas contribuições técnicas e pela dedicação nas discussões sobre o assunto estudado;
- Aos amigos de CSN, Engenheiros Lourival Coutinho Neto, Rômulo Reis Terra e Antônio Augusto Rezende Martins, e Marcelo Pontes, Alexandre Caneda, Edival Fagundes e Geraldo Martins pelas informações fundamentais para desenvolvimento deste trabalho;
- A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para conclusão desta obra.

A todos, meus mais sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

1. PROBLEMA	1
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA	1
1.2. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA	3
1.3. OBJETIVOS	4
1.3.1. OBJETIVO FINAL	4
1.3.2. OBJETIVOS INTERMEDIÁRIOS	4
1.4. HIPÓTESE	4
1.5. DELIMITAÇÃO DO ESTUDO	5
1.6. RELEVÂNCIA DO ESTUDO	6
1.7. DEFINIÇÃO DOS TERMOS	7
2. REFERENCIAL TEÓRICO	10
2.1. DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO E INOVAÇÃO	10
2.1.1. COMPETÊNCIA TECNOLÓGICA	10
2.1.2. INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS	12
2.2. ACUMULAÇÃO DE COMPETÊNCIAS TECNOLÓGICAS	13
2.2.1. LITERATURA DE EMPRESAS EM INDUSTRIALIZAÇÃO	14
2.2.1.1. TRAJETÓRIAS DE ACUMULAÇÃO DE COMPETÊNCIAS	14
2.2.1.2. PERSPECTIVA TÉCNICA	15
2.2.1.3. PERSPECTIVA DE ORGANIZAÇÃO DA PRODUÇÃO	17
2.2.1.4. DIMENSÕES AMPLIADAS DA CAPACIDADE TECNOLÓGICA	18
2.2.1.5. COMPETÊNCIA TECNOLÓGICA E PROCESSO DE APRENDIZAGEM: NÍVEL DA INDÚSTRIA	20
2.2.1.6. COMPETÊNCIA TECNOLÓGICA E PROCESSO DE APRENDIZAGEM: NÍVEL DA EMPRESA	22
2.2.2. LITERATURA DE EMPRESAS DA FRONTEIRA TECNOLÓGICA	23
2.2.2.1. TRAJETÓRIAS DE ACUMULAÇÃO DE COMPETÊNCIAS	23
2.2.2.2. MELHORIA CONTÍNUA NA MANUFATURA	25
2.2.2.3. COMPETÊNCIAS DAS EMPRESAS PARA VANTAGEM COMPETITIVA	25
2.2.2.4. PROCESSOS DE APRENDIZAGEM DEFININDO AS COMPETÊNCIAS DA EMPRESA	27
2.3. PROCESSOS DE APRENDIZAGEM TECNOLÓGICA	29

3. METODOLOGIA	32
3.1. TIPO DE PESQUISA	32
3.1.1. QUANTO AOS FINS	32
3.1.2. QUANTO AOS MEIOS	32
3.2. POPULAÇÃO, UNIVERSO E AMOSTRA	33
3.3. SELEÇÃO DOS SUJEITOS	34
3.4. COLETA DE DADOS	34
3.5. TRATAMENTO DOS DADOS	35
4. ACUMULAÇÃO DE COMPETÊNCIAS TECNOLÓGICAS	42
4.1. ACUMULAÇÃO DE COMPETÊNCIAS EM PROCESSOS	44
4.1.1. ACUMULAÇÃO NO NÍVEL RENOVADO DE COMPETÊNCIA TECNOLÓGICA PARA PROCESSO DE PRODUÇÃO	45
4.1.2. ACUMULAÇÃO NO NÍVEL EXTRA-BÁSICO DE COMPETÊNCIA TECNOLÓGICA PARA PROCESSO DE PRODUÇÃO	47
4.1.3. ACUMULAÇÃO NO NÍVEL PRÉ-INTERMEDIÁRIO DE COMPETÊNCIA TECNOLÓGICA PARA PROCESSO DE PRODUÇÃO	50
4.2. ACUMULAÇÃO DE COMPETÊNCIAS EM PRODUTOS	55
4.2.1. ACUMULAÇÃO NO NÍVEL RENOVADO DE COMPETÊNCIA TECNOLÓGICA PARA PRODUTO	56
4.2.2. ACUMULAÇÃO NO NÍVEL EXTRA-BÁSICO DE COMPETÊNCIA TECNOLÓGICA PARA PRODUTO	58
4.2.3. ACUMULAÇÃO NO NÍVEL PRÉ-INTERMEDIÁRIO DE COMPETÊNCIA TECNOLÓGICA PARA PRODUTO	62
4.2.4. ACUMULAÇÃO NO NÍVEL INTERMEDIÁRIO DE COMPETÊNCIA TECNOLÓGICA PARA PRODUTO	66
4.3. ACUMULAÇÃO DE COMPETÊNCIAS EM EQUIPAMENTOS	71
4.3.1. ACUMULAÇÃO NO NÍVEL RENOVADO DE COMPETÊNCIA TECNOLÓGICA PARA EQUIPAMENTOS	71
4.3.2. ACUMULAÇÃO NO NÍVEL EXTRA-BÁSICO DE COMPETÊNCIA TECNOLÓGICA PARA EQUIPAMENTOS	74
4.3.3. ACUMULAÇÃO NO NÍVEL PRÉ-INTERMEDIÁRIO DE COMPETÊNCIA TECNOLÓGICA PARA EQUIPAMENTOS	76
5. PROCESSOS DE APRENDIZAGEM	80
5.1. PROCESSO DE AQUISIÇÃO DE CONHECIMENTO EXTERNO	80
5.1.1. FASE 1: MODERNIZAÇÃO DO PROCESSO DE METALURGIA SECUNDÁRIA (1997 E 1998)	81
5.1.2. FASE 2: APRIMORAMENTO DOS PROCESSOS, PRODUTOS E EQUIPAMENTOS (1999 E 2000)	85

5.1.3.	FASE 3: SOLUÇÕES TECNOLÓGICAS ORIGINAIS PARA ELIMINAÇÃO DE GARGALOS E MELHORIA DE QUALIDADE	89
5.2.	PROCESSO DE AQUISIÇÃO DE CONHECIMENTO INTERNO	92
5.2.1.	FASE 1: MODERNIZAÇÃO DO PROCESSO DE METALURGIA SECUNDÁRIA (1997 E 1998)	92
5.2.2.	FASE 2: APRIMORAMENTO DOS PROCESSOS, PRODUTOS E EQUIPAMENTOS (1999 E 2000)	96
5.2.3.	FASE 3: SOLUÇÕES TECNOLÓGICAS ORIGINAIS PARA ELIMINAÇÃO DE GARGALOS E MELHORIA DE QUALIDADE (2001)	99
5.3.	MECANISMO DE SOCIALIZAÇÃO DO CONHECIMENTO	101
5.3.1.	FASE 1: MODERNIZAÇÃO DO PROCESSO DE METALURGIA SECUNDÁRIA (1997 E 1998)	101
5.3.2.	FASE 2: APRIMORAMENTO DOS PROCESSOS, PRODUTOS E EQUIPAMENTOS (1999 E 2000)	104
5.3.3.	FASE 3: SOLUÇÕES TECNOLÓGICAS ORIGINAIS PARA ELIMINAÇÃO DE GARGALOS E MELHORIA DE QUALIDADE (2001)	106
5.4.	MECANISMO DE CODIFICAÇÃO DO CONHECIMENTO	107
5.4.1.	FASE 1: MODERNIZAÇÃO DO PROCESSO DE METALURGIA SECUNDÁRIA (1997 E 1998)	108
5.4.2.	FASE 2: APRIMORAMENTO DOS PROCESSOS, PRODUTOS E EQUIPAMENTOS (1999 E 2000)	110
5.4.3.	FASE 3: SOLUÇÕES TECNOLÓGICAS ORIGINAIS PARA ELIMINAÇÃO DE GARGALOS E MELHORIA DE QUALIDADE (2001)	112
6.	PERFORMANCE OPERACIONAL	114
6.1.	PERFORMANCE EM PROCESSO	115
6.2.	PERFORMANCE EM PRODUTO	118
6.3.	PERFORMANCE EM EQUIPAMENTOS	120
7.	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	122
7.1.	ACUMULAÇÃO DE COMPETÊNCIAS TECNOLÓGICAS	122
7.2.	INFLUÊNCIA DOS PROCESSOS DE APRENDIZAGEM SOBRE A CONSTRUÇÃO DE COMPETÊNCIAS TECNOLÓGICAS	126
7.2.1.	VARIEDADE DOS PROCESSOS DE APRENDIZAGEM	126
7.2.2.	INTENSIDADE DOS PROCESSOS DE APRENDIZAGEM	131
7.2.3.	FUNCIONAMENTO DOS PROCESSOS DE APRENDIZAGEM	133
7.2.4.	INTERAÇÃO DOS PROCESSOS DE APRENDIZAGEM	136
7.3.	ACUMULAÇÃO DE COMPETÊNCIAS E MELHORIA DE PERFORMANCE	140

8. CONCLUSÕES	144
9. BIBLIOGRAFIA	147
RELAÇÃO DE ANEXOS	156
ANEXO A – FLUXO DE PRODUÇÃO EM UMA USINA SIDERÚRGICA INTEGRADA	157
ANEXO B – APRESENTAÇÃO DOS PRODUTOS FINAIS FABRICADOS A PARTIR DE BOBINAS DE AÇO PARA DIFERENTES FORMAS DE ACABAMENTO NA CSN	160
ANEXO C – MATRIZES DE CORRELAÇÃO ENTRE OS DIFERENTES PROCESSOS DE AQUISIÇÃO DE CONHECIMENTO E OS MECANISMOS DE CONVERSÃO	164

LISTA DE TABELAS

Tabela	Descrição	Página
I	Competências tecnológicas em empresas em industrialização: unidade de aciaria da usina siderúrgica, fabricante de aços.	41
II	Processos de aprendizagem em empresas em industrialização: unidade de aciaria da CSN.	42
III	Variedade dos processos de aprendizagem na aciaria da CSN no período de 1997 a 2001.	127
IV	Projeção do efeito da variação na variedade dos processos de aprendizagem sobre a acumulação de competências nas funções tecnológicas processo, produto e equipamentos.	131
V	Intensidade dos processos de aprendizagem na aciaria da CSN no período de 1997 a 2001.	132
VI	Funcionamento dos processos de aprendizagem da aciaria da CSN no período estudado.	133
VII	Interação entre os processos de aquisição de conhecimento e os mecanismos de conversão para o nível organizacional na aciaria da CSN.	138
VIII	Projeção do efeito da interação dos processos de aprendizagem sobre a acumulação de competências nas funções tecnológicas processo, produto e equipamentos.	140
IX	Projeção do efeito da acumulação de competências tecnológicas em processo, sobre os indicadores acerto de temperatura, campanha dos conversores e produtividade.	141
X	Projeção do efeito da acumulação de competências tecnológicas em produto sobre o número de especificações.	141
XI	Projeção do efeito da acumulação de competências tecnológicas em equipamentos sobre o índice de falhas nos conversores LD.	142

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico	Descrição	Página
1	Trajectoria de acumulação de competências tecnológicas na função processo na aciaria da CSN.	44
2	Trajectoria de acumulação de competências tecnológicas na função produto na aciaria da CSN.	55
3	Trajectoria de acumulação de competências tecnológicas na função equipamentos na aciaria da CSN.	71
4	Índice de acerto de temperatura na metalurgia da aciaria da CSN.	116
5	Índice de aumento da campanha dos conversores LD da aciaria da CSN.	117
6	Índice de aumento na produtividade da aciaria da CSN.	117
7	Número de especificações atendidas pela aciaria da CSN por linha de produto.	118
8	Número de especificações atendidas pela aciaria da CSN por tipo de norma (nacional, internacional e própria).	120
9	Índice de falhas nos conversores LD da aciaria da CSN.	121

LISTA DE FIGURAS

Figura	Descrição	Página
1	Representação esquemática da estrutura hierárquica das gerências de aciaria (a) e de desenvolvimento técnico (b).	43
2	Esquema das possíveis interações entre a gerência de aciaria e as demais gerências da CSN, os fornecedores, os clientes, outras usinas siderúrgicas etc..	43

LISTA DE QUADROS

Quadro	Descrição	Página
I	Implantação dos processos de produção através do Desgaseificador a Vácuo Tipo RH e do Forno Panela.	49
II	Novo perfil do revestimento refratário dos conversores e das panelas de aço.	52
III	Conversão do sistema IBM de informações para o SAP/R3.	54
IV	Produção do aço <i>interticial free</i> (IF) para indústria automobilística.	59
V	Desenvolvimento de aços para fins elétricos de baixa eficiência.	60
VI	Fabricação de aços nitrogenados para embalagens metálicas.	61
VII	Fabricação de novos produtos para GALVASUD.	63

Resumo

Esta dissertação procura explicar a relação entre os processos de aprendizagem, a acumulação de competências tecnológicas e a performance competitiva. Para realização do presente estudo utilizou-se o caso da aciaria da Companhia Siderúrgica Nacional, situada na cidade de Volta Redonda, estado do Rio de Janeiro, no período compreendido entre os anos de 1997 e 2001.

A estrutura analítica usada foi baseada em Figueiredo (2001), que desmembra o processo de aprendizagem em aquisição de conhecimento externo e interno, e na conversão destes conhecimentos do nível individual para o organizacional pela socialização (transferência de conhecimentos tácitos) e codificação (transformação de conhecimentos em documentos escritos). Dentro desta estrutura foram avaliadas também as características chave dos processos de aprendizagem, ou seja, a variedade, a intensidade, o funcionamento e a interação.

Os resultados obtidos sugerem que a aciaria da CSN alcançou o nível pré-intermediário (nível 4) de competência tecnológica para as funções tecnológicas processo de produção e equipamento, e o nível intermediário (nível 5) para função produto. O atingimento destes níveis de competências foi possível através da aquisição e conversão de novos conhecimentos. Observou-se também a evolução nas características chave do processo de aprendizagem durante o período pesquisado. Os resultados permitiram mostrar que a acumulação de competências tecnológicas influenciou positivamente a performance competitiva da unidade de aciaria da CSN.

Abstract

This work is focused on the explanation of the relation between the learning processes, the accumulation of technological competence and the competitive performance. The present study is based on the case of the steelmaking plant of Companhia Siderúrgica Nacional, located in Volta Redonda city, Rio de Janeiro state, Brazil, during the period of 1997 and 2001.

The framework of this thesis is based on Figueiredo (2001), that shares the learning process in external and internal acquisition of knowledge, and the conversion of this knowledge from people to organization through socialization (transfer of tacit knowledge) or codification (transfer of knowledge by written documents). This framework considers the key features of the learning process: the variety, the intensity, the working and the interaction.

The results suggest that the steelmaking of CSN achieved the pre intermediate level (level 4) of technological competence to the technological functions of production process and equipment, and the intermediate level (level 5) to the function product. The accomplishment of these levels of competence was due to the acquisition and conversion of new knowledge. It was observed that the key features had an evolution during the period considered in the study. The results allowed to show that the accumulation of technological competence had a positive influence over the competitive performance of the steelmaking unit of CSN.

TEMA:

Aprendizagem organizacional e melhoria de performance.

1. PROBLEMA

Construção de competências tecnológicas na indústria.

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA

As permanentes transformações tecnológicas observadas no cenário mundial, representadas principalmente pelo surgimento de produtos e processos inovadores, tornam as disputas por mercados altamente concorridas. Em países em desenvolvimento como o Brasil, por exemplo, fatores como acumulação de competências tecnológicas, essenciais ao processo de inovação, tornam-se críticos para a performance competitiva das empresas.

As empresas siderúrgicas, em particular, fornecedoras de matérias-primas para as indústrias de transformação e de fabricação de produtos acabados, têm enfrentado permanentes desafios impostos pelos desenvolvimentos da engenharia de materiais. Estes desenvolvimentos tem proporcionado o uso de diferentes materiais (entre os quais, novas ligas de aço) em substituição aos aços tradicionalmente aplicados. A fabricação de embalagens de alimentos em plástico, alumínio, *pet* e *tetrapak*, por exemplo, exigem o desenvolvimento de chapas de aço cada vez mais finas, mais resistentes, e mais fáceis de se conformar e, assim, proporcionarem latas mais leves e esteticamente mais atraentes para os consumidores finais. A indústria automobilística também tem alcançado avanços que redundam em automóveis mais econômicos, resistentes, e duráveis, através do uso de novos materiais.

As tendências observadas, principalmente nas indústrias de embalagem e automobilística, apontam para uma crescente necessidade de se produzir aços cada vez mais elaborados. A fabricação de novas ligas exige que sejam desenvolvidos novos processos de produção, mais precisos e econômicos. A construção de novas competências tecnológicas, isto é, a capacidade de encontrar soluções técnicas inovadoras para os problemas, passa a ser uma necessidade, uma vez que os processos tradicionais tendem a se tornar obsoletos e onerosos. O desenvolvimento de capacidade para mudar tecnologias envolve esforços contínuos de aprendizagem individual e coletiva na empresa.

Face a necessidade premente de mudanças tecnológicas na indústria siderúrgica, uma questão que torna-se central na discussão sobre capacidade de competir em um mercado cada vez mais concorrido, a forma como os processos de aprendizagem pode contribuir para o acúmulo de competências tecnológicas organizacionais passa a ser relevante.

O objetivo do presente trabalho é apresentar como os processos de aprendizagem contribuíram para o acúmulo de competências tecnológicas na aciaria da Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), permitindo a introdução de atividades inovadoras e o desenvolvimento tecnológico na produção de aço líquido durante a metalurgia.

Para realização do estudo, serão analisadas as transformações ocorridas nos mecanismos de aprendizagem e no acúmulo de competências tecnológicas durante o período compreendido entre os anos 1997 e 2001, na gerência de aciaria da Companhia Siderúrgica Nacional. Este trabalho avaliará, além da forma como os processos de aprendizagem influenciam a construção e sustentação de competências tecnológicas, o efeito da acumulação de competências sobre a performance da unidade gerencial estudada.

A Companhia Siderúrgica Nacional é uma usina siderúrgica integrada que produz aços planos para o atendimento a diferentes indústrias de transformação. Na anexo A é

apresentado o fluxo de produção da CSN, mostrando os principais processos e equipamentos. Em linhas gerais, pode-se dividir seus produtos em quatro categorias: produtos laminados a quente, laminados a frio, galvanizados, e folhas metálicas. A partir de produtos laminados a quente pode-se produzir rodas de automóveis, tubos, estruturas metálicas, vasilhames para botijão de gás, materiais para implementos agrícolas etc.. Os laminados a frio atendem principalmente a indústria automobilística, linha branca, e indústria de componentes para fins elétricos, tais como núcleos de motores, estatores e geradores. As bobinas galvanizadas são empregadas para fabricação de automóveis, linha branca, e construção civil. As folhas metálicas são, basicamente, empregadas na fabricação de embalagens metálicas para acondicionamento de alimentos, tais como extrato de tomate, óleo comestível, vegetais em conserva, leite em pó, entre outros. Para facilitar o entendimento sobre a aplicação em cada linha de produto siderúrgico, são mostrados no anexo B exemplos de cada caso descrito acima. Em função dos mercados atendidos pela CSN (permanentemente ameaçados por produtos inovadores), os temas acumulação de competências tecnológicas e processo de aprendizagem organizacional são fundamentais para a performance operacional da empresa.

1.2. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

Como o processo de aprendizagem pode influenciar na construção de competências tecnológicas e na performance operacional da unidade de aciaria de uma usina siderúrgica?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO FINAL

Mostrar que há relação entre o processo de aprendizagem organizacional, a construção de competências tecnológicas e a performance operacional.

1.3.2. OBJETIVOS INTERMEDIÁRIOS

- Definir os processos de aquisição e os mecanismos de conversão do conhecimento;
- Estabelecer os níveis de competência tecnológica para a indústria;
- Determinar os indicadores para performance operacional, para avaliação das competências alcançadas em processo, em equipamentos e em produtos;
- Mostrar como foram construídas as competências tecnológicas ao longo do tempo e se as mesmas foram sustentadas ou não.

1.4. HIPÓTESE

O aumento da capacitação técnica individual e sua transformação em conhecimento organizacional através dos processos de aprendizagem e de mecanismos de conversão permitem que a empresa acumule competências tecnológicas e melhore sua performance operacional, aumentando a produtividade dos processos e dos equipamentos e melhorando a qualidade dos produtos.

1.5. DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

O presente estudo se concentrará na análise da trajetória tecnológica da unidade de metalurgia do aço líquido (aciaria) da Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), no período compreendido entre os anos de 1997 e 2001.

Foram analisadas as relações existentes entre os processos de aprendizagem, a construção de competências tecnológicas, e a performance operacional. Entende-se neste estudo que a competência tecnológica funciona como uma variável interveniente, que interliga os processos de aprendizagem (variável independente) com a melhoria de desempenho (variável dependente) numa relação causa efeito. Em outras palavras, à medida que novos processos de aquisição e mecanismos de conversão do conhecimento são implantados e consolidados, a empresa acumula novas competências que contribuem para melhora de sua performance operacional.

Os indicadores usados para identificação dos processos de aprendizagem foram extraídos de Figueiredo (1999). Este autor entende que os processos de aprendizagem dividem-se em aquisição interna e externa de conhecimento e mecanismos de conversão do conhecimento do nível individual para o organizacional (a socialização, transformação de conhecimento tácito em tácito; e a padronização, transformação de conhecimento tácito em explícito através de documentação das informações). Em Figueiredo (1999), os mecanismos de conversão são baseados em Nonaka e Takeuchi (1997).

Para avaliação dos níveis de competência tecnológica (Figueiredo, 1999) alcançados no período considerado foram empregadas as funções tecnológicas *processo* de fabricação do aço, *produto* e *equipamentos*.

A performance ao longo do tempo foi medida através de indicadores para desempenho operacional de processo, de equipamentos e para produto. Como indicador de processo foram consideradas a produtividade, o índice de acerto da temperatura do aço

líquido e o aumento da campanha dos conversores LD. A performance em produto foi medida pelo número de especificações existentes em cada ano. Para os equipamentos, foi empregado o índice de falha nos conversores LD.

1.6. RELEVÂNCIA DO ESTUDO

O desenvolvimento tecnológico assume um papel de crescente importância para competitividade das empresas. Somente através de soluções originais e inovadoras as unidades industriais podem sistematicamente alongar suas capacidades produtivas, melhorar a qualidade de seus produtos e se diferenciarem umas das outras. O resultado do aumento da capacitação técnica individual e organizacional se refletem diretamente nos indicadores de performance e compõem as competências tecnológicas necessárias para que as empresas possam construir suas vantagens competitivas em um mercado cada vez mais concorrido.

Adicionalmente, em função do aumento da complexidade dos processos de produção, que envolvem sistemas multi-tecnologia, a necessidade de se compreender como estes processos se integram para produzir produtos a custos mais baixos e com melhor qualidade torna-se imperiosa. O desenvolvimento tecnológico neste cenário depende fundamentalmente da construção e sustentação de competências técnicas pelas empresas ao longo do tempo. Portanto, os processos de aprendizagem, isto é, os processos de aquisição do conhecimento e sua conversão para corporação como um todo ocupam uma posição central nesta discussão. As empresas situadas em países em desenvolvimento, em especial, precisam acelerar sua taxa de acumulação de competências para se aproximarem da fronteira tecnológica (empresas com tecnologia de ponta, situadas em países desenvolvidos) e serem competitivas globalmente.

Em resumo, para que a empresa amplie e sustente uma posição de destaque no mercado global ela precisa desenvolver permanentemente mecanismos de aprendizagem tecnológica que contribuam para o aumento de sua capacitação técnica para inovar.

1.7. DEFINIÇÃO DOS TERMOS

- Aciaria – unidade de uma usina siderúrgica onde se transforma o ferro gusa e/ou sucata de aço no estado sólido em aço líquido;
- Campanha – vida útil de um determinado equipamento. A campanha corresponde ao tempo (ou número de corridas) que o equipamento permanece em operação sem que haja necessidade de se fazer reparos;
- Conversor LD – equipamento – tipo de forno – empregado na aciaria para transformar ferro gusa em aço líquido;
- Corrida – unidade que indica a capacidade de produção de um equipamento. No caso da siderurgia, corrida é o peso de produto produzido pelo conversor LD após a conclusão da elaboração do aço. Por exemplo, em um conversor com capacidade de produzir 100 t por vez, diz-se que cada corrida tem 100 t;
- Ferro gusa – produto dos altos-fornos, obtido no estado líquido após reações químicas entre o minério de ferro e o carvão;
- Ferro-ligas – materiais ricos no elemento ferro que contêm também outros elementos, como silício, ou manganês, ou titânio, entre outros, e são usados para corrigir a composição química final do aço, que pode variar de acordo com a aplicação final do produto;
- Fora de especificação – refere-se a corridas produzidas com composição química diferente da especificada originalmente, constituindo-se em um desvio;
- Fundentes – elementos usados na siderurgia para auxiliar na remoção de impurezas do

ferro gusa e do aço. Os principais fundentes usados são as cales calcítica e dolomítica, à base de CaO - óxido de cálcio - e MgO - óxido de magnésio, respectivamente;

- Laminação – processo de conformação que reduz a espessura do material - que pode ser placa de aço, no primeiro estágio de conformação, ou bobina, nas fases subsequentes;
- Linha branca – são os produtos fabricados para utilidade doméstica, tais como refrigeradores, fogões, freezers, forno microondas e lavadoras de roupas;
- Metalurgia primária – transformação do ferro gusa em aço líquido através da injeção de oxigênio dentro do conversor LD;
- Metalurgia secundária – transformação do aço primário em aço com as propriedades químicas finais através da adição de elementos de liga;
- Produtividade – relação entre a tonelagem de aço produzida e a unidade de tempo, no presente caso essa relação é dada em toneladas de aço líquido por hora (t/h).
- Retrabalho – toda atividade produtiva que precise ser refeita em função de um desvio da especificação original, implicando em não atendimento ao cliente;
- Revestimento – processo de deposição de metais sobre a superfície do aço que objetiva protegê-la contra corrosão;
- Siderúrgica – empresa do ramo metalúrgico responsável pela produção de aço;
- Usina siderúrgica integrada – empresa produtora de aço cujo processo de fabricação envolve todas as etapas de produção, desde a redução do minério de ferro nos altos-fornos até a laminação de produtos semi-acabados;
- Utilidades – gases industriais – oxigênio, nitrogênio, argônio, ar comprimido etc.; e outros fluidos – água, vapor etc.;
- Produtos laminados a quente – são aqueles produtos cuja última etapa no processo siderúrgico foi a laminação a quente;
- Produtos laminados a frio – são aqueles produtos cuja última etapa no processo

siderúrgico foi a laminação a frio;

- Produtos galvanizados – são aqueles produtos cuja última etapa no processo siderúrgico foi a galvanização (revestimento da chapa com zinco);
- Folha metálica ou folha de flandres – produto usado para fabricação de embalagens metálicas (latas) e que são revestidos com estanho.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO E INOVAÇÃO

Atualmente, o fator que mais preocupa as grandes empresas é a capacidade de competir globalmente. A abertura de mercados e a formação de blocos econômicos, tais como a Alca, o Mercosul, a União Européia e a expectativa de, num futuro próximo, a Nafta, compelem as empresas a estarem sempre desenvolvendo novos produtos, alguns totalmente inovadores, deslocando-as permanentemente para uma posição de desequilíbrio. Onde seus competidores tenham dificuldade de alcançar e, por conseguinte, lhes conferir uma vantagem. A defesa de idéias inovadoras por patentes ou políticas protecionistas podem oferecer segurança temporária contra novos competidores. Mas a obsolescência cada vez mais acelerada de processos e produtos, torna estes artifícios de proteção menos eficientes. Ao invés da busca de proteção, a construção e manutenção de competências para desenvolvimento tecnológico pode significar a melhor resposta para inovar e se tornar competitivo (Nonaka e Takeuchi, 1997).

Neste cenário, o desenvolvimento tecnológico e a inovação são, sem dúvida, fatores fundamentais para sobrevivência e crescimento das empresas. Nas próximas duas subseções serão tratadas a importância da tecnologia e da inovação sob a perspectiva de alguns autores.

2.1.1. COMPETÊNCIA TECNOLÓGICA

Para entender a importância da tecnologia, torna-se necessária, antes de mais nada, a compreensão de como as empresas podem atuar no sentido de desenvolverem competências tecnológicas que as habilitem a produzir produtos inovadores. Na perspectiva tradicional, a capacidade de gerar tecnologia está associada quase que exclusivamente aos sistemas físicos – equipamentos – usados na produção pelas indústrias

ou aos produtos acabados de elevado valor agregado, como vídeos laser, computadores, automóveis, aviões etc..

O presente seção se propõe, entre outras coisas, a ampliar esta perspectiva, adicionando outros elementos. Segundo Leonard-Barton (1998), a competência das empresas é alcançada através do desenvolvimento de aptidões tecnológicas próprias. Em sua visão, as aptidões tecnológicas são compostas dos sistemas físicos (equipamentos e instalações), dos sistemas de gerenciamento, das qualificações e conhecimentos de seus empregados, e das normas e valores da empresa. Em suma, a competência tecnológica da empresa depende do desenvolvimento simultâneo em todas essas dimensões.

Bell e Pavitt (1993), por sua vez, definem competência tecnológica como sendo os recursos necessários para que uma organização possa promover mudanças técnicas em processos e produtos. Para indústrias situadas em países em desenvolvimento, normalmente este processo acontece a partir de tecnologias difundidas - adquiridas de fontes mais avançadas tecnologicamente (Lall, 1982; Leonard-Barton, 1998; Figueiredo, 2001).

Cabe destacar que um fator tão importante quanto desenvolver competências tecnológicas é saber integrar todas as formas de conhecimento existentes (Dutrénit, 2000). A rigor, esta também constitui uma competência que distingue as empresas na forma de empregar seus recursos.

Em função das competências desenvolvidas, as empresas podem 'usar' ou 'mudar' tecnologias (Bell e Pavitt, 1993). No primeiro caso, a empresa se limita a, no máximo, operar equipamentos. Enquanto no segundo, o grau de capacitação atingido permite que a empresa altere seus processos e inove, sendo competitiva pela capacidade de produzir novos produtos e de desenvolver novas tecnologias (Pavitt, 1990).

Como pode ser observado, o desenvolvimento tecnológico reúne elementos que tornam esse tema bem mais complexo do que a avaliação de alguns pontos isolados. Em resumo, o conteúdo tecnológico de uma empresa não está apenas no produto que ela produz ou nos equipamentos modernos que utiliza para este fim, mas em um conjunto de fatores associados a diferentes áreas do conhecimento e igualmente importantes, que contribuem para seu desenvolvimento.

Como será abordado nas seções subseqüentes, o desenvolvimento de competências tecnológicas nas empresas está relacionado ao processo de aprendizagem (Bell, 1984; Bell e Pavitt, 1993; Leonard-Barton, 1998; Figueiredo, 1999; Nonaka e Takeuchi, 1997).

2.1.2. INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS

Como destacado acima, a inovação tecnológica é um fator da mais alta importância para competitividade das empresas. Através da descoberta de novos processos de produção foi possível na siderurgia, por exemplo, a substituição da fabricação de aço em fornos Siemens Martin, nos quais as corridas duravam aproximadamente oito horas para serem produzidas; pelos fornos Conversores LD, que, para uma mesma capacidade produtiva, dura aproximadamente quarenta minutos. Inovações radicais como esta têm ocorrido na siderurgia e em praticamente todas indústrias, proporcionando tremendas melhorias de performance.

Nesta seção, o termo inovação deve ser entendido como sendo não somente novos produtos e processos, mas também novas formas de organização, novos mercados, e novas fontes de matérias-primas (Schumpeter apud Pavitt, 1990). Essa definição mostra que a inovação não significa apenas o fim para o desenvolvimento tecnológico, mas também o meio de alcançá-lo.

A dinâmica das mudanças tecnológicas não permite que uma empresa se limite a ‘usar’ tecnologias. Elas devem estar engajadas no processo de ‘mudar’ tecnologias, isto é, inovar (Pavitt, 1990).

O processo de inovação é cercado de incertezas e fracassos (Dosi, 1988; Rothwell, 1992; Leonard-Barton, 1998) e requer um esforço contínuo na busca de soluções originais para problemas tecnológicos (Dosi, 1988; Rothwell, 1992).

As empresas engajadas em processos de inovação tecnológica procuram através do desenvolvimento incremental de competências acumular os conhecimentos necessários para implementar mudanças técnicas (Bell, 1984; Dosi, 1988; Nonaka e Takeuchi, 1997; Leonard-Barton, 1998). As organizações funcionam como um repositório de conhecimentos (Dosi, 1988; Nonaka e Takeuchi, 1997). Mesmo os saltos tecnológicos – inovações radicais – são antecidos por desenvolvimento incremental, ou seja, a trajetória tecnológica da empresa e o acúmulo de conhecimentos progressivos podem permitir o atingimento de novos patamares de desenvolvimento técnico (Dosi, 1988).

Nos próximos capítulos, serão abordadas a importância da acumulação de competências tecnológicas pelas empresas e o papel dos processos de aprendizagem para este fim.

2.2. ACUMULAÇÃO DE COMPETÊNCIAS TECNOLÓGICAS

A acumulação de competências tecnológicas exerce uma forte influência sobre o desenvolvimento tecnológico das empresas. Face essa importância para competitividade das empresas, nas próximas sessões serão expostas algumas abordagens que auxiliam a descortinar a evolução deste tema e a relevância do mesmo para empresas situadas em países desenvolvidos e países em desenvolvimento.

Inicialmente, para efeito de melhor compreender o significado do termo competência tecnológica, este trabalho adotará a definição dada por Bell e Pavitt (1993), que consideram competências tecnológicas como sendo os recursos necessários para que uma organização possa promover mudanças técnicas em processos e produtos.

As perspectivas para acumulação de competências tecnológicas serão divididas em duas literaturas: a Literatura de Empresas em Industrialização (LEI) e a Literatura de Empresas da Fronteira Tecnológica (LEFT). Enquanto os autores da LEI preocupam-se com a dinâmica do processo de acumulação de competências e a trajetória tecnológica das empresas situadas em países em desenvolvimento, os da LEFT apresentam argumentos para sustentação de competências já existentes em empresas situadas em países desenvolvidos (Figueiredo, 1999).

2.2.1. LITERATURA DE EMPRESAS EM INDUSTRIALIZAÇÃO

2.2.1.1. TRAJETÓRIAS DE ACUMULAÇÃO DE COMPETÊNCIAS

Normalmente, empresas que encontram-se em processo inicial de industrialização não são competitivas no mercado mundial, ou seja, encontram-se na “infância industrial” (Bell, 1982). Para que estas empresas possam “amadurecer” tecnologicamente, o problema passa a ser a acumulação de competências tecnológicas (Bell et al., 1984). Esta acumulação depende de esforços internos contínuos para desenvolvimento tecnológico por parte das empresas (Katz, 1985). O desenvolvimento tecnológico de empresas em industrialização pode começar com competências tecnológicas básicas e, a partir de então, serem construídas novas competências para o atingimento de elevados níveis de desenvolvimento tecnológico (Dahlman et al., 1987).

Lall (1992), baseando-se em Katz (1987), Dahlman et al. (1987) e Lall (1987), desenvolveu uma estrutura onde as competências das empresas são dispostas em

categorias (níveis de competência tecnológica) por função (equipamentos, processos de produção, produtos etc.). Esta estrutura indica que a acumulação de competências varia de níveis mais básicos para níveis mais difíceis. Através dessa estrutura, pode-se descrever a trajetória de acumulação de competências tecnológicas de empresas em industrialização. Embora esta estrutura apresente limitações (Figueiredo, 2001), sua aplicação tem-se mostrado eficiente para mostrar a trajetória de empresas de diferentes indústrias em processo de desenvolvimento tecnológico (Figueiredo, 2001; Ben, 2001).

Outras perspectivas têm sido usadas para descrever trajetórias de acumulação de competências tecnológicas. Hobday (1995) utiliza o ‘ciclo reverso do produto’ para relacionar a acumulação de competências voltada para mercados de exportação. Kim (1997b) adota a estrutura que segue a ordem aquisição, assimilação e aprimoramento para outras funções tecnológicas.

Algumas abordagens sugerem que a acumulação de competências tecnológicas seria influenciada pelos processos de aprendizagem. Esta influência pode ser positiva (Kim, 1995) ou negativa (Dutrénit, 2000). Outro fator que pode exercer influência é o papel da liderança em construir crises e convergir esforços da corporação para acumular competências (Kim, 1995, 1997a). As trajetórias também parecem ser influenciadas por políticas governamentais voltadas para o desenvolvimento industrial e econômico (Lall, 1987; Bell, 1997).

2.2.1.2. PERSPECTIVA TÉCNICA

Nos anos 1970, os trabalhos voltados para acumulação de competências tecnológicas em países em fase de desenvolvimento adotaram, como mencionado anteriormente, uma perspectiva dinâmica, onde focava-se as transformações tecnológicas ao longo do tempo e como essas transformações eram alcançadas pelas empresas (Stewart

e James, 1982). Estes trabalhos davam especial atenção às dimensões técnicas da competência tecnológica. Entre os estudos realizados neste período, destacam-se os trabalhos realizados na América Latina (Katz, 1987); na Ásia, patrocinado pelo Banco Mundial e sumarizado no *World Development* (Special Issue) (1984); e na África (Mlawa, 1996).

Na América Latina, estudos realizados em usinas siderúrgicas mostraram o empenho de algumas plantas para, com recursos próprios, reagirem a restrições externas (recursos financeiros limitados e ausência de política de desenvolvimento industrial) e se engajarem em sucessivos aumentos de capacidade produtiva e melhoria de performance. Entre os trabalhos realizados, destacam-se os casos da ACINDAR, no período compreendido entre os anos 1943 e 1978 (Maxwell, 1981; apud Figueiredo, 1999); a USIMINAS, entre 1956 e 1976 (Dahlman e Fonseca, 1978), a Altos Hornos de México SA, entre 1940 e 1977 (Pérez e Pérez y Peniche, 1987), a Acerías Paz del Rio, na Colômbia, entre 1947 e 1956 (Puerta, 1979, em Maxwell, 1982), a Siderúrgica de Chimbote (antiga SIDERPERU), entre 1956 e 1967 (Gianella, sem data, em Maxwell, 1982); e a SIDOR (Viana, 1984, apud Figueiredo, 1999). Nesses casos parece ter havido uma opção pela acumulação incremental de competências, ao invés de investir em novos equipamentos ou assistência técnica externa.

Em contrapartida, alguns estudos apontam que a ausência de esforços no sentido de melhorar a performance através de mudanças técnicas implicaram em resultados de desempenho operacional pobres. Casos como plantas de galvanização de aço na Tailândia (Bell et al., 1982) e empresas têxteis Tanzanianas (Mlawa, 1996) são alguns exemplos.

Observa-se que, nos casos em que houve aumento de capacidade produtiva de forma sistemática, houve também intensos esforços por parte das empresas para aquisição

de novos conhecimentos. Entretanto, estes estudos não exploraram como o conhecimento individual foi convertido para organização.

2.2.1.3. PERSPECTIVA DE ORGANIZAÇÃO DA PRODUÇÃO

Outra vertente dos estudos voltados para empresas em industrialização foi a organização da produção. Durante os anos 1980, em especial na América Latina, o aumento da pressão exercida pela concorrência internacional, devida principalmente a redução da proteção de mercado, levou as empresas de países em desenvolvimento a se reestruturarem. Alguns estudos (Fleury, 1977; Humphrey, 1982) mostraram que a forma como as empresas organizavam seus sistemas de produção evitavam o desenvolvimento de capacitação de seus funcionários. Este fenômeno podia ser atribuído ao cenário dos anos 1960 e 1970 – economia em expansão, protegida e subsidiada, que favorecia a ineficiência das empresas (Fleury, 1985).

Os novos estudos concentravam-se nos princípios das técnicas do modelo japonês de organização da produção, tais como *just in time* (JIT), *total quality control* (TQC), *total quality management* (TQM) e *continuous improvement* – CI (Humphrey, 1993, 1995; Kaplinsky, 1994; Bessant e Kaplinsky, 1995). Estes estudos abordavam práticas no nível operacional, tais como sistema integrado de produção, controle estatístico de processo, redução de estoques, células de produção, círculos de controle de qualidade etc.; e gerencial, como sistema descentralizado de decisão, redução dos níveis hierárquicos, rotatividade de funções e trabalhos em equipe.

Outros estudos destacam que o emprego de técnicas como *materials requirement planning* (MRP), *computer aided design* (CAD) e *computer aided manufacturing* (CAM), associadas a algumas técnicas do modelo japonês, para mudar a organização da produção podem permitir ganhos substanciais para as empresas (Hoffman, 1989). Mody et al. (1992)

destacam que a adoção de práticas organizacionais podem ser mais importantes do que tecnologias de micro eletrônica para empresas em industrialização.

Estes estudos têm o mérito de mostrarem que alguns dos modelos de técnicas de organização da produção não podem simplesmente ser replicados, mas devem ser adaptados para as condições locais, considerando as particularidades de cada empresa (Humphrey, 1995). Apesar desses estudos terem o mérito de apresentar a difusão destas técnicas de organização em empresas em industrialização, essa abordagem se limita a apresentar um enfoque pontual, não tratando do processo de implementação ao longo do tempo e mostrando se, de fato, foram bem ou mal sucedidas.

2.2.1.4. DIMENSÕES AMPLIADAS DA CAPACIDADE TECNOLÓGICA

Nos anos 1990, os trabalhos realizados na LEI deram atenção especial às dimensões organizacionais e gerenciais da capacitação tecnológica das empresas, aos processos de aprendizagem e aos impactos sobre a performance competitiva das mesmas. Em comparação com a literatura dos anos 1970 e 1980, estes estudos mostraram uma perspectiva mais ampla, explorando aspectos até então inexplorados.

Análises comparativas entre o desempenho de empresas de uma mesma indústria apontaram diferenças entre suas performances à medida que o corpo gerencial identificava oportunidades de crescimento através de mudanças técnicas. Empresas que investiram no aporte de conhecimentos de seus funcionários voltados para o desenvolvimento tecnológico experimentavam melhorias de performance quando comparadas com aquelas que não o faziam (Tiralap, 1990, apud Figueiredo, 1999; Piccinini, 1993, apud Figueiredo, 1999).

Outros autores exploraram fatores como liderança e comprometimento da empresa com práticas de aquisição de conhecimento para acumulação de competências

tecnológicas e, conseqüentemente, melhoria de performance (Girvan e Marcelle, 1990). Apesar de sua importância para compreensão da relação entre acumulação de competências pelo aprendizado e melhoria de performance, esse estudo não apresenta como a liderança poderia influenciar negativamente nesta relação. Além de não descrever a trajetória de acumulação e os mecanismos de conversão de conhecimento adotados.

Tremblay (1994, em Figueiredo, 1999), ao comentar o estudo desenvolvido por Scott-Kemmis (1988), voltado para os mecanismos de aquisição de conhecimento na indústria de papel e celulose brasileira, destacou que o mesmo não explorava as dimensões organizacional e gerencial da acumulação de competências. Bem como a realização de uma análise temporal da mudança de performance. Para responder a estas questões, Tremblay (1998) estabeleceu uma análise comparativa da dimensão organizacional da competência tecnológica em algumas empresas de papel e celulose indianas e canadenses. Foram avaliadas as seguintes dimensões: motivação e comprometimento para mudar; liderança; relacionamentos; processo de tomada de decisão, canais de comunicação, fluxo de informação, interação, tipo de hierarquia; flexibilidade organizacional e atitude gerencial.

Os resultados desse estudo indicaram que não havia correlação entre crescimento de produtividade e competência tecnológica quando essa competência era subentendida como capacidade individual, ao invés de sistema organizacional. Em contrapartida, encontrou-se correlação positiva entre o aumento de produtividade e competência tecnológica quando esta estava associada a dimensão organizacional. Os resultados do estudo desenvolvido por Tremblay (1994, apud Figueiredo, 1999) auxiliaram no entendimento da acumulação de competências como uma atividade corporativa (integrada) ao invés de desenvolvimento exclusivo de indivíduos.

2.2.1.5. COMPETÊNCIA TECNOLÓGICA E PROCESSO DE APRENDIZAGEM: NÍVEL DA INDÚSTRIA

A literatura de empresas em industrialização apresenta perspectivas que mostram a dinâmica das transformações ocorridas ao longo do tempo e procuram, em grande parte, destacar o papel dos processos de aprendizagem sobre a acumulação de competências tecnológicas. Nesta seção, serão abordados aqueles trabalhos que descrevem o desenvolvimento de competências no nível da indústria.

Lall (1987) apresenta uma descrição das trajetórias de desenvolvimento de competências tecnológicas em empresas indianas (cimento, indústria textil, siderurgia). Neste estudo pôde-se observar diferenças nas trajetórias das indústrias. Assim como uma tendência de aquisição de competências tecnológicas desde o nível básico até níveis mais elevados. Como este estudo se concentra no nível da indústria, o mesmo não examina as diferentes taxas de aquisição de competências entre empresas. Outro ponto inexplorado são os mecanismos de conversão do conhecimento.

Hobday (1995) examina as trajetórias de empresas de componentes eletrônicos do leste asiático. O estudo mostra os caminhos seguidos pelas empresas para atingirem níveis de competência tecnológica mais complexos, explorando mecanismos intra-empresas e arranjos organizacionais que permitem que as mesmas adquiram conhecimentos e façam adaptações à partir de tecnologias externas. As limitações desse estudo são não tratar dos mecanismos de conversão de conhecimento, não explicar as diferenças existentes entre as taxas de acumulação de competências entre empresas, e dar pouca atenção às dimensões organizacional e gerencial das trajetórias de acumulação de competências tecnológicas.

Hwang (1998, apud Figueiredo, 1999), estudou a acumulação de competências tecnológicas em três *chaebols* (conglomerados) da indústria de eletrônica coreana, mais especificamente de semicondutores (DRAM) e computadores pessoais (PC). Hwang

observou que as empresas de semicondutores desenvolveram competências tecnológicas rapidamente e tiveram bom desempenho no mercado de exportação, enquanto que as empresas de computadores pessoais apresentaram resultados insatisfatórios tanto no desenvolvimento de competências como no mercado externo.

Em estudo realizado em empresas de eletrônica na Malásia, Ariffin e Bell (1996) encontraram diferentes trajetórias de acumulação tecnológica relacionadas a diferentes formas de transferência de conhecimentos entre empresa matriz (mais desenvolvida tecnologicamente) e filial. Neste estudo, Ariffin e Bell (1996) utilizam a estrutura analítica de Bell e Pavitt (1995), adaptada de Lall (1992), na qual se analisa a trajetória de acumulação tecnológica interna às empresas, que variam de competências de rotina a inovadoras (passando do nível básico, para o intermediário e, finalmente, o avançado) para diferentes atividades tecnológicas (processo, organização da produção, equipamento etc.). O papel do processo de aprendizagem para acumulação de conhecimentos e de competências tecnológicas também foi abordado. Neste trabalho, alguns mecanismos de conversão de conhecimentos também são explorados.

Ariffin (2001) estende o estudo realizado em Ariffin e Bell (1996), analisando se houve, em 53 empresas de eletrônica da Malásia, desenvolvimento de competências tecnológicas para inovação. Através desse trabalho foi possível avaliar a taxa de acumulação de competências. Como resultado, verificou-se que 85% das empresas atingiram o nível intermediário de inovação em 11 anos. Em duas empresas foi possível observar o atingimento do nível de inovação avançado para produto e processo, baseado em pesquisa. Esta pesquisa permitiu identificar o tempo e o acúmulo de aprendizado necessários para acelerar a taxa de acumulação de competências em empresas em fase de industrialização; e o efeito da difusão de conhecimentos entre empresas internacionais,

inicialmente no sentido matriz-filial e, num estágio mais avançado, o aprendizado independente.

2.2.1.6. COMPETÊNCIA TECNOLÓGICA E PROCESSO DE APRENDIZAGEM: NÍVEL DA EMPRESA

Um aspecto importante para compreensão do desenvolvimento tecnológico das empresas em industrialização é a avaliação da acumulação de competências através do processo de aprendizagem no nível da própria empresa. Estudos realizados nas empresas Hyundai Motors (Kim, 1995) e Samsung Electronics (Kim, 1997a), permitiram avaliar o papel positivo desempenhado pela liderança ao criar ‘crises’ e, assim, estimular o acúmulo de competência pelo processo de aprendizagem. Kim (1995, 1997a) parece atribuir o sucesso dessas empresas mais a existência de condições externas favoráveis do que aos processos de interação promovidos pelas empresas para acumularem competências pela aprendizagem tecnológica. Embora as condições externas possam exercer influência positiva sobre a acumulação de competências nas empresas, parece inadequado considerar que contribuam de forma tão considerável (ou preponderantemente) para isso.

Diferentemente de Kim (1995, 1997a), que destaca pontos positivos para acumulação de competências tecnológicas pelas empresas, Dutrénit (2000) procura abordar aspectos que restringem a criação do conhecimento organizacional e o desenvolvimento tecnológico a longo prazo. Ao realizar um estudo sobre uma empresa mexicana produtora de vidros, Dutrénit (2000) observou que a assimetria de conhecimentos e diferentes níveis de aprendizagem eram influenciados, principalmente, pelos seguintes fatores: esforços limitados para converter o conhecimento individual em organizacional; baixo nível de integração entre os conhecimentos existentes em diferentes departamentos e unidades industriais; e instabilidade no processo de geração de

conhecimento. Este estudo propõe que a trajetória de acumulação de competências tecnológicas é fortemente influenciada pelo processo de aprendizagem interno à empresa.

Dutrénit (2000) sugere a existência de relação entre acumulação de competências e processos de aprendizagem dentro da empresa. Entretanto, não encontra-se evidências em seu estudo sobre como ocorre essa relação entre diferentes empresas. Figueiredo (2001) preenche esta lacuna ao analisar a relação entre as trajetórias de acumulação de competências tecnológicas, os processos de aprendizagem, e a melhoria de performance operacional de duas grandes usinas siderúrgicas brasileiras, durante suas existências. O estudo mostrou que as diferenças observadas na intensidade e no esforço para adquirir conhecimentos de fontes internas e externas, e convertê-las para organização, influenciam as trajetórias tecnológicas das empresas, refletindo-se nos resultados operacionais e na valorização financeira de suas ações.

Pode-se concluir, com base em Figueiredo (1999), que, mais importante do que a existência de um sistema de inovação nacional (Kim, 1997b), a acumulação de competências tecnológicas está fortemente relacionada aos processos de aprendizagem (Dutrénit, 2000). Adicionalmente, há evidências de que a liderança corporativa e a existência de competição no mercado exercem uma influência positiva sobre a construção de competências tecnológicas ao estimularem o aprendizado organizacional (Kim, 1995, 1997a; Figueiredo, 2001).

2.2.2. LITERATURA DE EMPRESAS DA FRONTEIRA TECNOLÓGICA

2.2.2.1. TRAJETÓRIAS DE ACUMULAÇÃO DE COMPETÊNCIAS

As trajetórias de acumulação de competências na LEFT tiveram desenvolvidos na perspectiva evolucionista (Nelson e Winter, 1982; Winter, 1988; Nelson, 1991) importantes conceitos sobre o papel das empresas como repositórios de conhecimento.

Segundo esta perspectiva, as empresas são vistas como organizações dinâmicas que sabem como fazer suas atividades. A partir da perspectiva evolucionária, parece poder-se explicar as diferenças existentes entre empresas de uma mesma indústria, mesmo quando estas se encontram sob as mesmas condições econômicas (Nelson, 1991).

Dosi (1985) identifica a existência de assimetria entre as empresas, que podem ser qualificadas como melhores ou piores quando comparadas com aquelas situadas na fronteira tecnológica. As diferenças existentes entre empresas são explicadas pela capacidade de acumularem diferentes competências tecnológicas (Dosi, 1985, 1988).

Teece et al. (1990) ampliaram a estrutura conceitual para competência das empresas, baseando-se na abordagem baseada em recursos (Penrose, 1959). Através da perspectiva das competências dinâmicas, Teece et al. (1990) apontaram mecanismos através dos quais as empresas acumulam novas competências. As competências abordadas nessa estrutura são entendidas como vantagem competitiva para empresa (Hamel e Prahalad, 1994; Clark e Fujimoto, 1991; Iansiti e Clark, 1994; Pisano, 1997). Hamel e Prahalad (1994) destacam a capacidade das empresas em acumularem recursos para desenvolverem competências específicas. Estas competências explicariam não somente a competitividade das empresas, mas também as diferenças de performance entre elas e as trajetórias que as mesmas podem seguir (Pavitt, 1991). Leonard-Barton (1998), baseando-se em algumas destas estruturas, propõe a estrutura das competências estratégicas. Embora estas perspectivas auxiliem no entendimento da trajetória de acumulação de competências das empresas situadas na fronteira tecnológica, elas se limitam a mostrar como as empresas tornam-se competitivas através do fortalecimento de competências existentes. Nesta literatura não se explora como tais competências são criadas e ampliadas.

2.2.2.2. MELHORIA CONTÍNUA NA MANUFATURA

Nos anos 1980, os estudos voltados para o processo industrial se concentravam nas mudanças ocorridas na organização da produção. O destaque alcançado pelas empresas japonesas no cenário mundial, proporcionou o surgimento de novos conceitos e técnicas gerenciais, como o *kaizen* (Imai, 1987) e o *lean manufacturing* (Womack e al., 1990). Outra técnica que ganhou notoriedade foi a melhoria contínua na manufatura (Bessant, 1991, 1992; Bessant et al., 1994). A melhoria contínua na manufatura permite que a empresa, a partir de inovações incrementais – baseadas em aprendizado acumulado com o tempo, melhore seu desempenho operacional, o que pode refletir em ganhos em produtividade, redução de custo, melhoria de qualidade, e maior flexibilidade – redução do tempo necessário para produzir e lançar produtos no mercado. Estes ganhos representam vantagens que tornam o produto final mais barato e melhor. E a empresa, por sua vez, mais competitiva no mercado (Bessant, 1992).

2.2.2.3. COMPETÊNCIAS DAS EMPRESAS PARA VANTAGEM COMPETITIVA

Nos anos 1990, a literatura das empresas da fronteira tecnológica voltou-se para análise da competitividade como função das competências das empresas. Os trabalhos procuravam destacar questões de ordem técnica e organizacional para renovação e fortalecimento de competências existentes. Hamel e Prahalad (1994) sustentavam que o desenvolvimento de ‘competências essenciais’, como por exemplo a capacidade de miniaturizar da Sony, eram fundamentais para competitividade. Pavitt e Patel (1994), entretanto, discordavam deste argumento. Segundo estes autores, as empresas devem, ao

invés de se concentrarem apenas nas competências ‘essenciais’, se empenharem na construção de variadas competências tecnológicas.

Alguns estudos têm destacado o papel do gerenciamento voltado para atividades de pesquisa e desenvolvimento (P&D) para construção de competências tecnológicas (Cohen e Levinthal, 1990; Mitchell e Hamilton, 1988; Coombs, 1996), e a capacidade de integrar estas competências com outras atividades da empresa (Miyazaki, 1993, apud Figueiredo, 1999). Embora os esforços de P&D tenham grande importância para criação de atividades inovadoras, estas não estão restritas aos laboratórios de P&D (Tidd et al., 1997; Bessant e Caffyn, 1997). A inovação está se tornando uma atividade corporativa e envolve todas as áreas da empresa, desde a linha de produção até os setores administrativos (Bessant e Caffyn, 1997).

Novos arranjos organizacionais também constituem formas de melhorar a performance e aumentar a competitividade. Um exemplo, é a solução de problemas através de trabalhos em pequenos grupos com amplas responsabilidades e a integração de diferentes áreas do conhecimento – departamentos e funções (Clark e Fujimoto, 1991). A capacidade de integrar competências tem sido destacada também por Iansiti e Clark (1994), Pisano (1997), e Iansiti (1998), que entendem essa capacidade como uma vantagem competitiva. Entretanto, não há uma ‘receita’ pronta de como as empresas devem operar. A definição do melhor arranjo organizacional voltado para atividades inovadoras dependerá das particularidades de cada empresa (Tidd et al., 1997).

Leonard-Barton (1998) associa a melhoria de performance alcançada por empresas norte americanas em processos, produtos e equipamentos ao aprofundamento e renovação de competências ‘núcleo’ nas dimensões sistemas técnicos físicos, conhecimento e qualificações do empregados, sistemas de gestão, e valores e normas. A limitação desses estudos está na ausência de análise da trajetória de acumulação de competência pelas

empresas. Ou seja, falta uma abordagem que descreva como foi a dinâmica de melhoria de performance, e que estabeleça uma comparação entre as empresas.

2.2.2.4. PROCESSOS DE APRENDIZAGEM DEFININDO AS COMPETÊNCIAS DA EMPRESA

A literatura de empresas da fronteira tecnológica apresenta diversos estudos sobre a construção de competências tecnológicas a partir dos processos de aprendizagem e da conversão do conhecimento para o nível organizacional.

Cohen e Levinthal (1990) destacam que a aquisição de conhecimento externo por indivíduos pode permitir o desenvolvimento de competências para inovar. Uma forma de construir competências pela aquisição de conhecimento externo é a importação e absorção de conhecimentos de fontes externas – fornecedores, clientes, usuários, institutos de pesquisa, consultores etc. (Leonard-Barton, 1998; Garvin, 1993). A formação de parcerias, inclusive com competidores, também constitui oportunidade de aquisição de novos conhecimentos (Huber, 1996a, 1996b). A capacidade de integrar os conhecimentos externos aos existentes na empresa também é um fator importante para o desenvolvimento tecnológico (Leonard-Barton, 1998).

Práticas como palestras e seminários de especialistas externos, contratação de *experts* e de profissionais experientes aposentados, desenvolvimento de profissionais que atuem no sentido de identificar, interpretar e disseminar conhecimento externo na empresa, e o combate a rejeição de idéias e conhecimentos externos oferecem oportunidades de aquisição de novos conhecimentos e a acumulação de competências tecnológicas (Garvin, 1993; Huber, 1996a, 1996b; Leonard-Barton, 1998). O envolvimento de usuários em projetos de desenvolvimento de novos produtos, criticando e

dando *feedback* sobre os resultados alcançados, também contribuem para construção de novas competências (Leonard-Barton, 1998; Iansiti e Clark, 1994).

A literatura das empresas de fronteira tecnológica trata da aquisição de conhecimento interno como um processo importante para construção de competências. Parte desses estudos dispensa grande atenção a como práticas de P&D poderiam contribuir para construção de competências na empresa (Coombs, 1996; Iansiti e West, 1997). Esses estudos parecem considerar o aprendizado através de P&D como uma característica intrínseca às empresas e examinam apenas como as empresas podem se utilizar deste recurso. Eles não mostram como o processo de P&D funciona ao longo do tempo.

Alguns estudos exploram a aquisição de conhecimento interno através de práticas de rotina, tais como o incentivo a solução de problemas operacionais do dia a dia das empresas (Leonard-Barton, 1998); ou pela experimentação baseada em programas de melhoria contínua (Garvin, 1993). As empresas podem estimular a adoção de mecanismos de aprendizado pela experimentação e prototipagem. Este estímulo envolve a tolerância às falhas e destaca os ganhos de conhecimento advindos das mesmas (Leonard-Barton, 1998).

Os trabalhos voltados para empresas da fronteira tecnológica destacam diversos mecanismos através dos quais o conhecimento individual é convertido para organização. Para Garvin (1993), vários mecanismos podem ser empregados para difusão do conhecimento na organização, tais como, exposições escritas, palestras, rotação de atividades no posto de trabalho, treinamento, padronização de atividades. Nonaka e Takeuchi (1997), destacam práticas de socialização do conhecimento como o compartilhamento de experiências, treinamento no posto de trabalho, reuniões de grupos de estudo e brainstorming; e de codificação através de padronização de práticas operacionais e documentação sistemática.

2.3. PROCESSOS DE APRENDIZAGEM TECNOLÓGICA

A partir de abordagens da LEI e da LEFT, Figueiredo (2001) construiu uma estrutura para descrever como os processos de aprendizagem funcionam em empresas em industrialização. Neste estudo, a aprendizagem foi desagregada em aquisição e conversão do conhecimento. Os processos de aquisição foram ainda subdivididos em interno e externo. Baseando-se na estrutura de Nonaka e Takeuchi (1997), os mecanismos de conversão de conhecimento foram divididos em socialização e codificação. O resultado dessa estrutura foi a obtenção de quatro processos de aprendizagem. São eles:

a) Processo de aquisição interna de conhecimento – são todos aqueles processos onde os indivíduos adquirem conhecimentos executando diferentes atividades dentro da própria empresa. As formas de aquisição interna de conhecimento podem ser o aprendizado através da solução de problemas do dia a dia, trabalhos de melhoria contínua em processos, produtos e equipamentos, atividades de P&D, experimentações e prototipagens.

b) Processo de aquisição externa de conhecimento – são os processos através dos quais os indivíduos adquirem conhecimentos fora da empresa. O conhecimento externo pode ser adquirido, por exemplo, através de cursos de especialização e treinamentos externos, a contratação de especialistas experientes ou profissionais recém formados, ou assistências técnicas externas.

c) Processos de socialização do conhecimento – a socialização do conhecimento ocorre quando os indivíduos compartilham seu conhecimento tácito com outras pessoas. Qualquer mecanismo, formal ou informal, que permita a interação entre as pessoas de uma organização e a transferência de conhecimentos pode ser considerada socialização. A simples observação de uma atividade, a participação em reuniões de grupos de trabalho, a rotatividade em postos de trabalho, a solução compartilhada de problemas ou mesmo a

participação em treinamentos, podem funcionar como processo de socialização do conhecimento.

d) Processos de codificação do conhecimento – a codificação de conhecimento é a transformação do conhecimento tácito dos indivíduos em explícito. A codificação pode ser feita através da padronização de atividades, da documentação de procedimentos ou de problemas solucionados, e palestras e seminários internos.

Figueiredo (2001) argumenta que os processos de aprendizagem devem ser analisados também em função de suas características chave. A partir da pesquisa em literaturas da LEI e da LEFT, Figueiredo (2001) obteve as quatro características chave em: variedade, intensidade, funcionamento e interação.

Entende-se por variedade como a presença de diferentes processos de aprendizagem na empresa. A variedade é avaliada em relação aos processos de aquisição de conhecimento – interno e externo, e aos mecanismos de conversão – socialização e codificação. Os trabalhos da LEI e da LEFT sugerem que um número diversificado de processos é necessário para que a empresa possa adquirir conhecimentos e convertê-los do nível individual para o organizacional.

A intensidade é definida por Figueiredo como “a repetibilidade através do longo do tempo na criação, atualização, uso aprimoramento, e/ou fortalecimento dos processos de aprendizagem” (Figueiredo, 2001: 9). A importância da intensidade para o processo de aprendizagem deve-se aos seguintes aspectos: ela pode assegurar o fluxo constante de conhecimento para empresa; pode permitir o melhor entendimento de tecnológicas adquiridas; e pode assegurar a conversão constante da aprendizagem do nível individual para o organizacional.

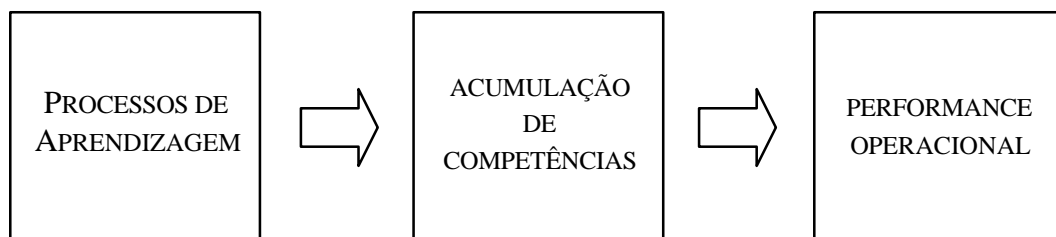
O funcionamento é entendido como a forma pela qual os processos de aprendizagem operam ao longo do tempo. Tanto a LEI (Dutrénit, 2000) quanto a LEFT

(Nevis et al., 1995) destacam que os processos de aprendizagem podem ser conduzidos de maneira desordenada, impactando nos resultados da empresa. O funcionamento torna-se especialmente importante por constituir uma característica que pode contribuir tanto para fortalecer como para enfraquecer o processo de aprendizagem (Figueiredo, 2001).

Entende-se por interação como sendo a maneira como os processos de aprendizagem influem uns sobre os outros. A LEI (Ariffin e Bell, 1996) e a LEFT (Senge, 1990; Garvin, 1993; Leonard-Barton, 1998) sugerem que a interação entre os processos de aquisição e os mecanismos de conversão do conhecimento seja relevante para construção de competências.

Como pode-se observar, os processos de aprendizagem tecnológica representam um fator da mais alta importância para a construção e manutenção de competências pelas empresas. Em função de sua complexidade, o termo aprendizagem precisa ser desmembrado para que seja melhor compreendido. Naturalmente, desenvolver competências pelo aprendizado tecnológico é um desafio para as empresas. Principalmente, por esse processo não ser simples e exigir esforços contínuos por parte das empresas durante suas existências.

Para realização do presente estudo, será empregada uma estrutura analítica que associa os processos de aprendizagem com a acumulação de competências tecnológicas, e esta com a performance operacional da unidade de aciaria da CSN. Esquematicamente, a estrutura descrita acima pode ser representada da seguinte maneira:



3. METODOLOGIA

3.1. TIPO DE PESQUISA

No presente trabalho a pesquisa foi classificada conforme proposto por Vergara (2000): quanto aos fins e quanto aos meios.

3.1.1. QUANTO AOS FINS

Quanto aos fins, a pesquisa é descritiva e explicativa. Descritiva porque procura, através de indicadores, mostrar quais características do processo de desenvolvimento tecnológico estão sendo construídas, tanto para os processos de aprendizagem, como para os níveis de competência tecnológica e performance no período considerado no estudo. Explicativa porque investiga como cada fator levantado acima pode influenciar na construção e sustentação de competências para o desenvolvimento tecnológico. A relação entre as variáveis acima, bem como a inter-relação entre as mesmas, foi definida tanto de forma matemática – análises estatísticas, visando se obter o grau de dependência de uma em função da outra, como descritiva.

3.1.2. QUANTO AOS MEIOS

Quanto aos meios, a pesquisa foi de campo, documental e estudo de caso. A pesquisa foi de campo porque se vale de informações primárias, colhidas nos postos de trabalho, sob forma de entrevista. A investigação foi, também, documental porque foram consultados relatórios e documentos contendo informações acerca do objeto estudado. O trabalho foi estudo de caso porque buscou, através da utilização de um caso específico, responder a questões do tipo “como” e “por que” (Yin, 2001). O estudo de caso, para o

presente trabalho, é do tipo único, uma vez que procura “testar uma teoria bem formulada” (Yin, 2001: 62), proposta por Figueiredo (2001). Em outras palavras, a opção por um caso único (a aciaria da CSN) ao invés de casos múltiplos reside no fato da estrutura analítica adotada poder ser validada através da análise aprofundada de um único caso. A rigor, o conjunto de trabalhos existentes sobre o assunto e que fazem uso da mesma estrutura analítica, compostos por alguns casos únicos e por outros múltiplos (comparativos para mesma indústria), compõem um mosaico que forma uma linha teórica bem definida.

3.2. POPULAÇÃO, UNIVERSO E AMOSTRA

A população da pesquisa de campo foi composta pelos colaboradores da gerência de aciaria da CSN, formada pelos gerentes de operação, de desenvolvimento técnico e de manutenção, e por alguns profissionais do grupo de *staff*, tanto da área de aciaria quanto de outras gerências que prestam suporte técnico e estejam envolvidos nos fenômenos observados neste estudo, integrado por engenheiros e técnicos. O nível não privilegiado no estudo refere-se aos grupos de especialistas de outras usinas siderúrgicas, pois os mesmos não estão diretamente envolvidos no processo produtivo pesquisado.

A investigação foi conduzida com uma amostra constituída pelos gerentes de operação, de desenvolvimento técnico e o de manutenção de aciaria, por quatro engenheiros e por três técnicos de desenvolvimento. Todos diretamente ligados aos itens abordados no objeto do estudo.

3.3. SELEÇÃO DOS SUJEITOS

Os sujeitos da pesquisa são os mesmos citados no item anterior, ou seja, os gerentes, os engenheiros e os técnicos de desenvolvimento da aciaria.

3.4. COLETA DE DADOS

A coleta de dados foi feita através de dois procedimentos distintos: uma pesquisa de campo e uma pesquisa a documentos e relatórios da gerência.

A pesquisa de campo foi conduzida de forma interativa – entrevista – entre o pesquisador e os pesquisados. Essa entrevista visa conhecer os mecanismos empregados na gerência para acumulação de competências técnicas, os processos de aquisição e os mecanismos de conversão do conhecimento desenvolvidos e os resultados esperados à partir destas ações. O questionário usado na entrevista foi aberto, não estruturado, pois esse formato permite uma maior liberdade entre entrevistador e entrevistado, além de permitir o tratamento das informações obtidas, que podem ser agrupadas em classes, tabuladas, e analisadas estatisticamente, quando necessário.

A pesquisa a documentos e relatórios teve como principal objetivo correlacionar as variáveis estudadas – processo de aprendizagem, competências tecnológicas acumuladas e performance operacional. Do material selecionado foram extraídos os índices referentes a cada item pertinente à pesquisa.

Algumas informações foram obtidas também através da consulta ao banco de dados da empresa, o que será feito com o auxílio de um programa computacional criado especialmente para este fim. Essa consulta buscou agrupar dados isolados e não avaliados conjuntamente na gerência, porém associados neste estudo.

3.5. TRATAMENTO DOS DADOS

A estrutura analítica do presente trabalho se baseia nas pesquisas realizadas por Figueiredo (2001), que considera a construção de competências tecnológicas como uma variável dependente dos processos de aprendizagem adotados pelas empresas. Segundo Figueiredo (2001), as empresas podem se desenvolver desde o nível mais elementar de capacitação tecnológica, quando possuem habilidades suficientes apenas para operar equipamentos, até os níveis mais avançados, estando habilitadas a mudar tecnologias e inovar. Segundo este autor, os processos de aprendizagem desempenham um papel fundamental, pois através deles as empresas podem acelerar a taxa de assimilação de conhecimentos necessários ao seu desenvolvimento tecnológico.

Inicialmente, para identificação dos níveis de competência tecnológica acumulados pela área estudada ao longo do tempo, foi feita uma adaptação da matriz de competências tecnológicas desenvolvida por Figueiredo (2001b:6) para as funções *processo*, *produto* e *equipamentos* da metalurgia do aço na aciaria (Tabela I). Nesta matriz são identificados os diferentes níveis tecnológicos que a empresa pode se encontrar, que variam desde o básico até o avançado. Através desta matriz, tem-se uma referência das competências que a empresa acumulou e pode acumular durante sua trajetória tecnológica.

Para explicar a evolução observada em cada estágio da trajetória da empresa, foi utilizada a tabela de processos de aprendizagem de Figueiredo (2001b:8). Esta tabela (Tabela II) permite identificar os processos de aquisição externa e interna de conhecimento e os mecanismos de conversão empregados (socialização e codificação) envolvidos na construção de competências. Além dos processos de aprendizagem e dos mecanismos de conversão do conhecimento, foram consideradas também as *características-chave* dos processos de aprendizagem, isto é, a variedade, a intensidade, o funcionamento e a interação com que estes mecanismos são conduzidos (Figueiredo,

2001). Conforme descrito na seção 2.3, a variedade diz respeito aos diferentes mecanismos empregados pela empresa para disseminar o conhecimento; a intensidade é a prática constante de aquisição de conhecimentos e a transformação dos mesmos em organizacional; o funcionamento é a forma como a empresa organiza e gerencia a aquisição e a conversão do conhecimento; e a interação é a existência ou não de influência entre os diferentes processos de aprendizagem.

A integração dos resultados observados quanto a evolução na variedade, na intensidade, no funcionamento e na interação dos processos de aprendizagem, permite explicar como foram acumuladas as competências tecnológicas necessárias a geração de atividades inovadoras ao longo do tempo e, conseqüentemente, a taxa com a qual estas competências foram desenvolvidas. Através desta estrutura analítica pode-se fazer comparações com diferentes unidades de metalurgia da mesma indústria, ou avaliar a empresa no tempo (objetivo deste trabalho), e verificar se a estratégia adotada no período considerado ajudou a criar e sustentar competências, ou se as mesmas foram, na verdade, enfraquecidas.

Para construção da tabela de processos de aprendizagem foi realizado um levantamento de todas as atividades de transferência e conversão de conhecimento empregados pela empresa. Algumas das atividades são formais, como os treinamentos externos, as assistências técnicas etc., outras informais, que acontecem no dia-a-dia e fazem parte das *rotinas organizacionais* (Nelson, 1991), tais como experimentações, interações entre os funcionários e com clientes e fornecedores, entre outras.

Como pretende-se estabelecer um estudo estatístico de correlação entre os processos de aprendizagem, acumulação de competências e performance; as características chave do processo de aprendizagem foram quantificadas através de índices numéricos. Como pode-se observar em Figueiredo (2001), embora essa quantificação não seja feita,

para cada processo de aquisição e mecanismo de conversão do conhecimento há uma ordem crescente na avaliação da utilização dos processos, que varia desde níveis mais rasos até os mais elevados. Para determinação dos indicadores das características-chave dos processos de aprendizagem serão utilizados os seguintes critérios:

VARIEDADE

A variedade será avaliada segundo a existência ou não de processos, utilizando-se a seguinte escala: ausente: 0; limitada: 1 a 3 processos; moderada 4 a 6 processos; e diversa: mais que 6 processos.

Os valores obtidos para os processos de aquisição interna e externa e os mecanismos de socialização e padronização foram agrupados em um único indicador para análise da relação com a acumulação de competências tecnológicas em cada função estudada (processo, produto e equipamento). Isto é, os processos de aquisição interna e externa foram unidos para gerar o índice de processo de aquisição do conhecimento, e a socialização e a padronização foram agrupadas em um valor único para mecanismos de conversão do conhecimento. Para realização deste agrupamento foi calculado o somatório em cada ano do número de processos envolvidos.

INTENSIDADE

A Intensidade foi avaliada segundo a existência de processos ou mecanismos ao longo do período analisado (1997 a 2001). Para determinação do tipo de intensidade foi adotado o mesmo critério da variedade, agrupando os processos de aquisição interna e externa em um indicador único de aquisição, e a socialização e a padronização em mecanismos de conversão. O cálculo deste indicador foi feito somando-se em cada ano o número de processos existentes. A definição da intensidade foi feita de acordo com o seguinte critério: quando houver a presença de algum mecanismo somente em um ano, considera-se como “uma vez”; caso os mecanismos apresentem variações (picos e vales),

tem-se um processo “intermitente”; quando o número de processos está estável ou cresce continuamente, estes são considerados “contínuos”.

FUNCIONAMENTO

O funcionamento foi determinado de forma a avaliar como a aciaria da CSN organizou e operou seus processos de aprendizagem durante sua trajetória. Os critérios de avaliação do funcionamento são de natureza qualitativa e subjetiva. Entretanto, foram atribuídos conceitos a cada processo identificado na tabela II para torná-la mais objetiva. Os conceitos são os seguintes: ruim, moderado, bom e excelente (Figueiredo, 2001). A avaliação do funcionamento foi feita com base nos processos existentes em cada ano, analisando a variedade e a intensidade, através das informações obtidas nas entrevistas, nas observações diretas e nos resultados alcançados em cada ano. Os resultados obtidos foram dispostos em uma tabela e analisados no capítulo 7, para cada fase considerada no estudo.

INTERAÇÃO

Para classificar a interação de cada processo ao longo do período analisado foram criadas cinco matrizes de correlação (Anexo C), uma para cada ano, cujas linhas e colunas contêm todos os processos de aprendizagem levantados. Em cada uma dessas matrizes foi feito o cálculo do nível de interação entre todos os processos, sendo possível avaliar cada processo em cada ano, ao longo do período. Esta avaliação foi feita de forma binária, ou seja, com o valor um sempre que for identificada a interação entre dois processos de aprendizagem, e zero quando não houver interação. O resultado da interação é dado pelo cálculo da média aritmética do número de interações que cada processo tem com os demais. Assim, calcula-se um índice percentual que é dado pela relação entre o número de interações de um determinado processo pelo total de interações possíveis. A interação, ou

seja, o resultado numérico (percentual) obtido foi avaliado utilizando-se a seguinte escala: fraca: $I \leq 15\%$; moderada: $15\% > I < 25\%$; e forte: $\geq 25\%$.

A trajetória de acumulação de competências tecnológicas da aciaria da CSN foi acompanhada pelos resultados operacionais alcançados neste período, isto é, sua performance ao longo do tempo. Para avaliação do desempenho em processo, em produto e em equipamentos, entre 1997 e 2001, foram adotados indicadores de performance voltados para as dimensões custo e flexibilidade de produção de novos produtos.

Para processo, a produtividade foi medida em toneladas por hora e convertida em número índice, onde foi tomado o ano de 1997 como referência e analisado o comportamento dos demais anos à partir desta referência. Adicionalmente, foi apresentada também a evolução da campanha dos conversores LD como outra medida de produtividade. A rigor, este indicador está relacionado com a produtividade, pois quanto maior for a campanha do conversor, menor o tempo de parada para refratamento e, conseqüentemente, maior a produção na unidade de tempo. A qualidade foi medida em percentual de corridas cuja temperatura final não precisou sofrer correções *a posteriori* – retrabalho. Mais uma vez, o índice de 1997 foi tomado como referência e então calculada a evolução nos anos seguintes.

A performance em produto foi medida pelo número de novas especificações desenvolvidas (novos produtos), ou adaptadas, anualmente.

Para os equipamentos, foi empregado o índice de falhas dos conversores LD, ou seja, a evolução da relação entre o tempo que o equipamento esteve parado por falha e o tempo disponível.

Tabela I – Competências tecnológicas em empresas em industrialização: unidade de aciaria da usina siderúrgica, fabricante de aços.

Nível de Competências Tecnológicas	PROCESSO DE PRODUÇÃO	PRODUTO	EQUIPAMENTOS
	Rotina		
(1) Básico	Fabricação através de processos elementares (básicos) com controle manual de equipamentos e de parâmetros produção.	Reprodução de aços simples, conforme especificações comuns (SAE). Controle de qualidade por inspeção e reclamação de clientes. Fornecimento para mercado doméstico.	Reposição de rotina de componentes e equipamentos. Envolvimento em instalações e testes de performance de equipamentos.
(2) Renovado	Fabricação através de processos sofisticados, sistemas automáticos para controle de equipamentos e de parâmetros produção. Certificação ISO9001 e QS9000.	Produção de aços mais elaborados, atendendo normas internacionais (JIS, DIN, ASTM etc.). Pequenas adaptações para atender a normas específicas de clientes. Controle de qualidade como rotina na produção (ISO 9001, QS 9000).	Reposição de equipamentos (motores, painéis elétricos, sistemas de instrumentação) e manufatura de algumas peças e componentes (roletes de transporte de matérias-primas, sedes de válvulas, flanges, ventaneiras). Manutenção corretiva.
(3) Extra-básico	Inovadoras		
	Pequenas adaptações em processos, eliminação de gargalos de produção e aumento da capacidade produtiva. Desenvolvimento esporádico de sistemas próprios de supervisão e controle do processo de produção.	Pequenas modificações em especificações copiadas. Criação intermitente de especificações próprias como aprimoramento de produtos existentes.	Pequenas adaptações em equipamentos e em <i>softwares</i> do sistema de automação para ajustes às condições locais de produção e ao fornecimento de peças sobressalentes. Manutenção preventiva.
(4) Pré-intermediário	Adaptações freqüentes em processos e aumento sistemático da capacidade produtiva. Freqüentes desenvolvimentos de sistemas de supervisão e controle do processo de produção. Introdução de técnicas gerenciais para controle de processo (TQC, 5S, Controle Estatístico de Processo – CEP, Círculos de Controle de Qualidade – CCQ, Kaizen, Poka Yoke, MRP, ERP).	Aprimoramentos sistemáticos de especificações existentes. Desenvolvimento freqüente de novos produtos (derivados de existentes) em parceria com clientes ou outras empresas da mesma indústria. Engenharia reversa.	Aprimoramento sistemático de equipamentos para aumentar a produtividade da indústria. Desenvolvimento de novas técnicas de manutenção preventiva. Obtenção de certificação internacional.
(5) Intermediário	Rotinização dos sistemas gerenciais de produção (TQC, 5S, Controle Estatístico de Processo – CEP, Círculos de Controle de Qualidade – CCQ, Kaizen, Poka Yoke, MRP, ERP). Aprimoramento contínuo dos processos produtivos.	Aprimoramento contínuo de especificações desenvolvidas internamente através de contri-buições externas (clientes e especialistas da indústria) e internas. Desenvolvimento esporádico de produtos originais para novas aplicações na indústria de transformação.	Engenharia reversa de equipamentos e de-senvolvimento de equipamentos em parceria com terceiros. Manutenção preditiva.
(6) Intermediário superior	Desenvolvimento de atividades de P&D e de Engenharia na empresa para aprimoramento de processos. Associação com centros universitários de P&D voltados para atividades relacionadas a inovação tecnológica em processos. Integração entre as diferentes bases cognitivas organizacionais para construção de novos sistemas gerenciais. Ativi-dades intensivas de prototipação organizacional.	Integração entre os departamentos de P&D, Engenharia e operação para desenvolvimento de novos produtos. Prototipação e experimentação em larga escala, visando o desenho e desenvolvimento de produtos complexos e de alto valor agregado.	Contínua engenharia de detalhamento e de fabricação, visando o desenvolvimento e o desenho de novos equipamentos.
(7) Avançado	Geração de técnicas organizacionais inovadoras para a indústria, baseados em atividades de P&D avançadas. Comprometimento organizacional com a determinação de novos processos. Redefinição dos paradigmas tecnológicos da indústria.	Investimentos profundos em P&D, voltados para criação de produtos totalmente inovadores para novas aplicações nas indústrias de transformação.	Desenho e manufatura de equipamentos de classe mundial. P&D para novos equipamentos e componentes.

Fonte: Adaptada de Figueiredo (2001), Bell e Pavitt (1995) e Lall (1992).

Tabela II – Processos de aprendizagem em empresas em industrialização: unidade de aciaria da CSN.

Processos de aprendizagem	Características-chave dos processos de aprendizagem			
	Variedade	Intensidade	Funcionamento	Interação
	Ausente – presente (limitada – moderada – diversa)	Uma vez – intermitente – contínuo	Ruim – moderado – bom – excelente	Fraca – moderada – forte
Processos e mecanismos de aquisição de conhecimento				
Aquisição interna de conhecimento	Presença/ausência de processos para adquirir conhecimento localmente e/ou no exterior.	O modo como a empresa usa este processo ao longo do tempo pode ser contínuo (ex.: treinamento anual no exterior para engenheiros e operadores), intermitente, ocorrer apenas uma vez.	O modo como o processo é criado (ex.: critério para enviar engenheiros para treinamento no exterior) e o modo como ele opera ao longo do tempo podem fortalecer ou mitigar variedade e intensidade. Tempo: ‘aprender antes de fazer’.	O modo como um processo influencia outro processo de aquisição externa ou interna de conhecimento (ex.: treinamento no exterior, ‘aprender fazendo’) e/ou outros processos de conversão de conhecimentos.
Aquisição externa de conhecimento	Presença/ausência de processos para adquirir conhecimento fazendo atividades internas (ex.: experimentação). Essas podem ser atividades de rotina ou inovadoras.	O modo como a empresa usa diferentes processos para aquisição interna de conhecimento. Isso pode influenciar o entendimento pelos indivíduos dos princípios envolvidos na tecnologia.	O modo como o processo é criado (ex.: centros de pesquisa), e o modo como ele opera ao longo do tempo tem implicações práticas para variedade e intensidade. Tempo: ‘aprender antes de fazer’.	Processo de conhecimento interno pode ser influenciado por processo de aquisição externa (ex.: aprimoramentos na planta influenciado por treinamento no exterior). Isso pode influenciar processos de conversão de conhecimento.
Processos e mecanismos de conversão de conhecimento				
Socialização de conhecimento	Presença/ausência de diferentes processos através dos quais indivíduos compartilham seu conhecimento tácito (ex.: encontros, solução compartilhada de problemas).	O modo como processos (ex.: treinamento no trabalho) prosseguem ao longo dos anos. Intensidade contínua do processo de socialização do conhecimento pode influenciar codificação do conhecimento.	O modo como mecanismos de socialização do conhecimento são criados (ex.: treinamento interno) e operam ao longo do tempo. Isso tem implicações para variedade e intensidade do processo de conversão de conhecimento.	Condução de diferentes conhecimentos tácitos para um sistema efetivo (ex.: criação de ‘links’ de conhecimento). Socialização pode ser influenciada por processos de aquisição externa e interna de conhecimento.
Codificação de conhecimento	Presença/ausência de diferentes processos e mecanismos para codificar o conhecimento tácito (ex.: documentação sistemática, seminários internos).	O modo como processos como padronização de operações são repetidamente feitos. Codificação ausente e/ou intermitente pode limitar a aprendizagem organizacional.	O modo como a codificação de conhecimento é criada e opera ao longo do tempo tem implicações para o funcionamento de todo o processo de conversão de conhecimento. Isso também influencia variedade e intensidade do processo.	O modo como codificação de conhecimento é influenciada por processos de aquisição de conhecimento (ex.: treinamento no exterior) ou por processos de socialização de conhecimentos (ex.: construção de times).

Fonte: Figueiredo (2001).

4. ACUMULAÇÃO DE COMPETÊNCIAS TECNOLÓGICAS

Esta seção se destina a descrever a trajetória de acumulação de competências tecnológicas na aciaria da CSN para as dimensões processos, produtos e equipamentos no período compreendido entre os anos de 1997 e 2001. Para realização desta avaliação foi usada a estrutura da tabela I, que estabelece os níveis de competência em cada função. Os gráficos 1, 2 e 3 apresentam a evolução de cada função ao longo do tempo.

Antes de iniciar a descrição da trajetória de acumulação de competências da aciaria da CSN, será apresentada, de forma resumida, a maneira como a gerência de aciaria está estruturada por processos e organizacionalmente, mostrando os tipos de interação que podem ocorrer entre esta gerência e os demais departamentos de empresa, além de firmas externas (clientes, fornecedores ou outras usinas siderúrgicas).

A gerência de aciaria é composta, basicamente, por dois processos: a metalurgia primária, realizada nos conversores LD, e a metalurgia secundária, que pode ocorrer nas estações de bobulamento, no desgaseificador a vácuo RH ou no forno panela. A estrutura hierárquica da gerência de aciaria está disposta em três níveis: na base estão os operadores, seguidos dos supervisores e então o gerente. O grupo de *staff* opera como apoio e não exerce função de comando (não tem subordinados) e está diretamente ligado ao gerente. A figura 1.a, abaixo, ilustra esta descrição. A gerência de aciaria opera com o apoio direto de duas outras gerências: a de desenvolvimento técnico e a de manutenção. A gerência de desenvolvimento técnico (estrutura hierárquica representada na figura 1.b) é responsável, principalmente, pelos estudos de melhoria de qualidade dos produtos e de aumento de produtividade, além de fazer um elo de ligação com outros departamentos de empresa (pesquisa, engenharia e das demais unidades de usina) e com empresas externas (clientes e fornecedores). A gerência de manutenção, que apresenta estrutura hierárquica semelhante a da gerência de aciaria, coordena trabalhos para melhoria de desempenho dos

equipamentos existentes e realiza estudos técnicos para torná-los mais eficientes e produtivos. Assim como a gerência técnica, a gerência de manutenção tem acesso a fontes externas de conhecimento, e atua no sentido de desenvolver tecnologicamente os equipamentos da unidade. As gerências que compõem a aciaria interagem entre si, conforme a natureza dos problemas enfrentados. As diferentes formas de interação estão representadas na figura 2.

Figura 1 – Representação esquemática da estrutura hierárquica das gerências de aciaria (a) e de desenvolvimento técnico (b).

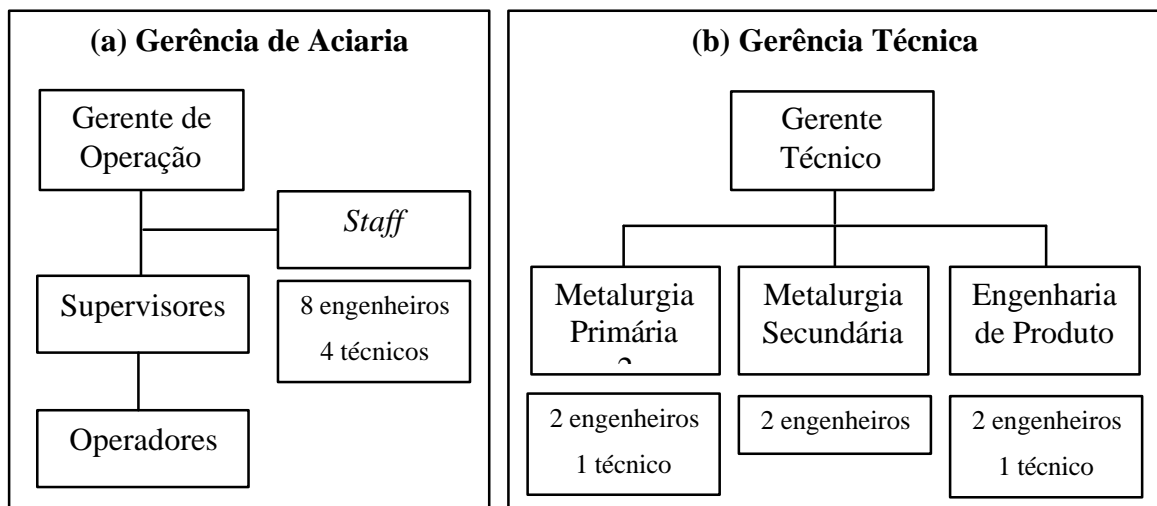
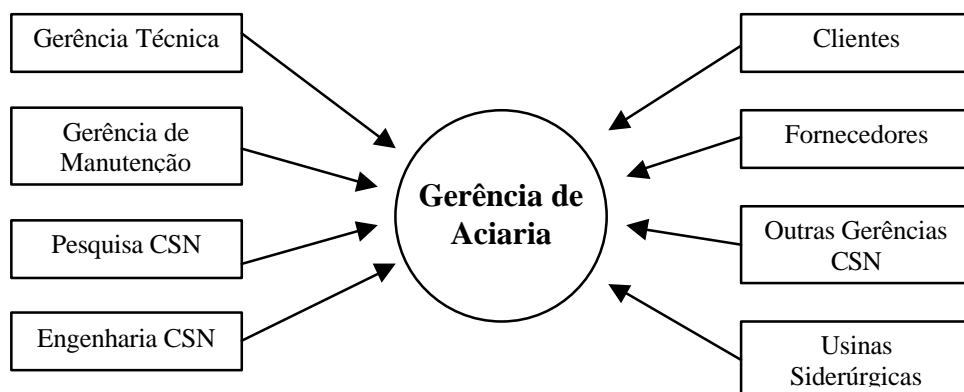


Figura 2 – Esquema das possíveis interações entre a gerência de aciaria e as demais gerências da CSN, os fornecedores, os clientes, outras usinas siderúrgicas etc..

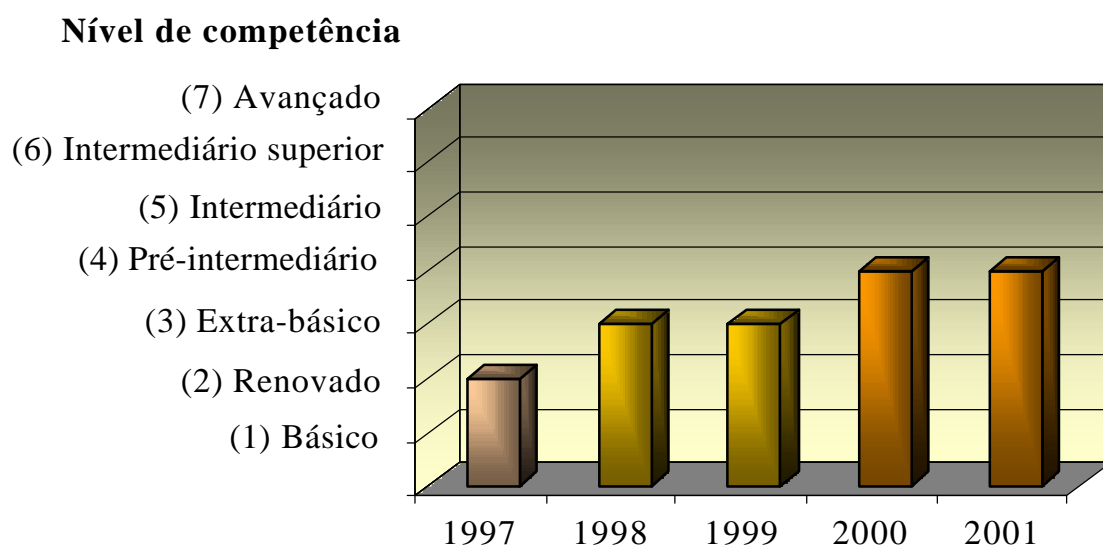


4.1. ACUMULAÇÃO DE COMPETÊNCIAS EM PROCESSOS

Conforme mencionado acima, a dinâmica de Acumulação de Competências Tecnológicas em Processo foi construída com referência a Tabela I, que indica os diferentes níveis de competência que a empresa pode se encontrar em um determinado período de tempo.

Como pode ser observado no gráfico 1, a aciaria da CSN encontrava-se no nível 2 de competência tecnológica (Renovado) em 1997, passando para o nível 3 (Extra-básico) em 1998 e 1999, e atingindo o nível 4 (Pré-intermediário) em 2000 e 2001. Nas próximas subseções serão apresentadas as descrições de como a aciaria da CSN passou da acumulação de competências de rotina a inovadoras no período considerado no estudo.

Gráfico 1 – Trajetória de acumulação de competências tecnológicas na função processo na aciaria da CSN.



4.1.1. ACUMULAÇÃO NO NÍVEL RENOVADO DE COMPETÊNCIA TECNOLÓGICA PARA PROCESSO DE PRODUÇÃO (1997)

Em 1997 a aciaria da Companhia Siderúrgica Nacional encontrava-se no nível Renovado de competência tecnológica. Nesse ano, os controles de processos de fabricação de aço eram semi-automáticos, o que de certa forma limitava o índice de acerto de composição química dos aços produzidos. Embora os cálculos para determinação do peso de elementos de liga adicionados às corridas fossem feitos automaticamente pelos computadores de processo, a integração entre as informações de entrada do modelo matemático (composição química do gusa, peso e tipo de sucata adicionada, peso de insumos etc.) e o sistema de pesagem não ocorria automaticamente. Havia necessidade de intervenção dos operadores para aferição (cálculos manuais) das informações do modelo e confirmação do peso real de insumos carregado nos silos de adição. A imprecisão desse processo não assegurava um índice de acerto de composição química de especificações mais elaboradas, que necessitavam adições mais precisas de elementos de liga e controle de parâmetros de processo, como temperatura do aço líquido, entre outros.

Adicionalmente, os equipamentos (que serão tratados separadamente em uma seção subsequente) existentes, em especial na metalurgia secundária, apresentavam uma tremenda limitação com relação aos tipos de aço que se poderia produzir. Portanto, os fatores controle de processo e sistemas físicos (equipamentos) impediam que materiais mais elaborados pudessem ser produzidos.

Entretanto, alguns processos não eram simples e havia um certo grau de complexidade em algumas atividades desenvolvidas para produção dos aços nesse período. Em 1997, a aciaria da CSN estava envolvida no desenvolvimento de técnicas para aumento da campanha de seus conversores LD através da introdução de dois processos que visavam

proteger as paredes refratárias do desgaste imposto pela elevada temperatura de processo e pela agressividade química da escória gerada: o *slag brick coating* e o *slag splashing*. O introdução e o aperfeiçoamento dessas técnicas permitiram uma redução significativa no consumo de refratários, implicando em uma redução nos custos de produção e em aumento da produtividade, pois reduziu-se o número de paradas dos conversores para reparo geral (troca completa do revestimento refratário).

Ainda nesse ano, a aciaria da CSN contava com algumas técnicas de solução de problemas que permitiam a introdução de pequenas melhorias nos processos de produção. Entre elas, destacam-se o grupos de CCQ (Círculo de Controle de Qualidade) e os grupos que atuavam através do MASP (Método de Análise e Solução de Problemas). Em ambos os casos, procurava-se adotar a concepção do PDCA (*Plan Do Check Action*), como um sistema de melhoria contínua do processo produtivo. Os grupos de CCQ eram constituídos por funcionários do “chão de fábrica”, que buscavam soluções para problemas do dia a dia, que afetavam diretamente seus desempenhos. Os trabalhos de MASP contavam com o envolvimento do *staff* técnico (engenheiros e técnicos) para solução de problemas crônicos da linha de produção. A partir destes trabalhos, diversas adaptações puderam ser feitas de forma a tornar o processo de produção mais seguro e produtivo, impactando diretamente sobre a qualidade e o custo dos produtos. Em resumo, o emprego do PDCA nesse caso funcionou como uma metodologia para buscar a melhoria contínua (*Kaizen*) no processo de produção.

Outro fator importante era a forma como as informações de processo se integravam para permitir uma melhor coordenação entre os diferentes sub-processos do fluxo de produção. Todos os dados, desde a composição química e temperatura do gusa até os pesos de elementos de liga adicionados, eram introduzidos manualmente no sistema de informação, gerenciado por um computador de grande porte IBM. Através desse sistema,

cada fase do processo produtivo podia ter acesso às informações necessárias a execução de suas próprias atividades. Desta maneira, tanto a monitoração dos resultados de consumo de insumos e matérias primas como os tempos necessários para execução das atividades produtivas e movimentação entre os sub-processos eram armazenados de forma a permitir estudos para aperfeiçoamento dos processos.

Esse sistema de integração de informações foi importante também para garantir a certificação nas normas ISO 9001 e QS 9000. Além do sistema de informações, que permitiu a rastreabilidade de dados de processo para tratamento de anomalias e aprimoramento de resultados operacionais, havia todo sistema gerencial voltado para o gerenciamento pelo TQC. Neste período, a CSN encontrava-se operando sob algumas técnicas do TQC, como a padronização de processos, o tratamento sistemático de anomalias, procurando garantir a qualidade em cada etapa do processo produtivo ao invés de inspecionar o resultado final (no produto acabado). Embora o TQC estivesse presente e apresentando bons resultados na unidade de aciaria desde o início dos anos 1980, muitas de suas ferramentas ainda não encontravam-se em rotinas nas linhas de produção. Técnicas como CEP (Controle Estatístico de Processo), o *Poka Yoke* e o FMEA (métodos de identificação e prevenção de falhas) ainda encontravam-se incipientes. Naturalmente, essa limitação impedia um melhor domínio sob os processos de produção dos aços.

4.1.2. ACUMULAÇÃO NO NÍVEL EXTRA-BÁSICO DE COMPETÊNCIA TECNOLÓGICA PARA PROCESSO DE PRODUÇÃO (1998 E 1999)

No período compreendido entre os anos de 1998 e 1999 a aciaria da CSN passou do nível Renovado para o nível Extra-Básico de competência tecnológica para processo de produção. Em 1998 foram introduzidos dois novos equipamentos para tratamento metalúrgico das corridas que redundaram em dois novos processos de fabricação de aço: o

Desgaseificador a Vácuo Tipo RH e o Forno Panela, que propiciaram um grande aporte de conhecimento em função da complexidade envolvida no funcionamento dos mesmos. Estes processos representavam um marco na fabricação de aços na CSN, especialmente porque através deles novas especificações de aços, antes impossíveis de serem feitas, poderiam ser atendidas. A descrição da implantação destes processos encontra-se no Quadro I.

Juntamente com a instalação dos novos equipamentos houve uma maior automação dos processos de produção, implicando em um maior controle sobre as adições de elementos de liga e de outros insumos usados na fabricação de aços. Estas melhorias permitiram maiores acertos de composição química e de resultados operacionais, além de, como mencionado anteriormente, permitir a fabricação de especificações totalmente novas, para aplicações mais específicas nas mais variadas indústrias de transformação.

A instalação dos novos equipamentos fez com que houvesse uma completa alteração no leiaute da aciaria. Este foi um estudo complexo de engenharia industrial e de projeto, que envolveu inúmeras simulações para identificação de gargalos de produção e as alternativas para facilitar o escoamento das corridas. Em função da nova disposição dos equipamentos e da mudança introduzida nos processos, pôde-se produzir aços com maior grau de complexidade (mais elaborados) sem que houvesse perda de produtividade.

O aprimoramento alcançado a partir do acúmulo de novas competências tecnológicas na aciaria da CSN refletiu-se também sobre a qualidade dos resultados operacionais, elevando-se os índices de acerto de composição química e de temperatura dos aços produzidos. O atingimento de um novo patamar tecnológico, nesse caso, pode ser atribuído também ao trabalho de melhoria contínua do programa de TQC, principalmente os realizados pelos grupos de CCQ e de MASP, a padronização de tarefas críticas e o diagnóstico de trabalho operacional, realizado pelos supervisores e com o objetivo de

identificar junto ao grupo de operação (“chão de fábrica”) problemas potenciais através de auditorias de processo; e a introdução de novas ferramentas gerenciais, como o FMEA e os Padrões Técnicos de Processo, que permitiram uma melhor visualização dos processos e, conseqüentemente, uma atuação pró ativa para aperfeiçoamento dos mesmos.

Quadro I – Implantação dos processos de produção através do Desgaseificador a Vácuo Tipo RH e do Forno Panela.

Em 1998 foi dada a partida nos dois principais equipamentos de metalurgia secundária de CSN: o Desgaseificador a Vácuo Tipo RH e o Forno Panela. O início da operação destes equipamentos foi antecedida por algumas atividades, iniciadas no início do anos 1990. Nesse período, após a identificação das limitações de processo existentes na aciaria da CSN, um grupo de engenheiros da operação e da gerência de engenharia estudaram as possíveis alternativas para modernização da linha de produção. Como as indústrias automobilística, de linha branca, de embalagens metálicas, de implementos agrícolas e de construção civil demandavam aços cada vez mais complexos, que variam desde aços cujo teor de carbono eram ultra baixos e elementos de liga com faixas de composição estreitas, até aços com teores elevados de carbono e elementos de liga, tornou-se imperiosa a necessidade de partir para processos totalmente novos de produção. A definição da aquisição dos equipamentos Desgaseificador RH e Forno Panela seguiu a necessidade de atender a demanda dos principais clientes da CSN.

O envolvimento dos engenheiros, técnicos e operadores da linha de operação e da gerência de desenvolvimento técnico nesses empreendimentos foi integral, desde de a concepção básica (determinação dos processos mais adequados aos recursos existentes) até a montagem e partida dos equipamentos, passando pela especificação de componentes e das características de processo desejadas. Para que a implantação destes novos processos pudesse ser bem sucedida houve um trabalho intensivo de aquisição e conversão de conhecimento. Durante a fase de projeto, foram feitas diversas visitas técnicas a outras empresas que já operavam com estes processos e treinamentos externos (cursos e programas de assistência técnica com a empresa detentora da tecnologia, no presente caso, a inglesa VacMetal). Adicionalmente, foram contratados profissionais com larga experiência nos novos processos e firmado um contrato específico de assistência técnica com a Kawasaki Steel Corporation para fabricação de aços especiais.

O aporte de novos conhecimentos, associado aos conhecimentos tácitos dos especialistas, adquirido através da produção pelos processos convencionais, permitiu uma elevação no nível de capacitação tecnológica da aciaria da CSN.

Fonte: Entrevista com Engenheiros Antônio Augusto de Rezende Martins e Kasujiro Susaki

Outros dois investimentos permitiram a acumulação de novas competências pela aciaria da CSN: a reforma do gasômetro de gás OG, proveniente dos conversores LD e que se destinam a geração de energia na Central Termelétrica da CSN; e o novo Sistema de Captação de Pós da aciaria. Em ambos os casos houve uma sensível melhoria no que concerne a redução de emissão de gases e particulados para atmosfera, demonstrando a preocupação existente com a preservação do meio ambiente por parte da empresa.

4.1.3. ACUMULAÇÃO NO NÍVEL PRÉ-INTERMEDIÁRIO DE COMPETÊNCIA TECNOLÓGICA PARA PROCESSO DE PRODUÇÃO (2000 E 2001)

No período compreendido entre os anos de 2000 e 2001 a aciaria da CSN passou do nível Extra-Básico para o nível Pré-Intermediário de competência tecnológica para processo de produção. Em 2000 deu-se continuidade ao processo de aprimoramento da capacitação técnica das pessoas. Nesse ano foi realizada uma ampla reciclagem dos operadores e uma série de cursos foram ministrados pelos engenheiros. O conteúdo destes cursos era técnico, mas voltado para questões práticas do dia a dia, e concentrava-se em pontos de ordem metalúrgica, mostrando a concepção teórica das reações existentes durante os processos de metalurgia nos conversores LD e no refino secundário (Estações de Borbulhamento, Desgaseificador RH e Forno Panela). O aporte de conhecimentos advindo desses cursos permitiu uma melhor compreensão por parte dos operadores da relação entre suas atividades e os resultados esperados nos produtos finais.

Ainda no ano 2000 duas importantes ações gerenciais foram tomadas: a introdução do Controle Estatístico de Processo (CEP) e as Auditorias Internas de Processo. A implantação do CEP foi dividida em duas etapas. Na primeira, cursos foram ministrados a todo *staff* técnico pela Fundação de Desenvolvimento Gerencial, onde apresentou-se alguns conceitos básicos de estatística e então as técnicas de avaliação de capacidade de

processo. Em uma segunda etapa, foram preparados internamente alguns instrutores para transmissão desses conceitos para um número maior de pessoas, buscando assim um efeito de capilaridade até o nível operacional.

As Auditorias Internas de Processo foram montadas a partir do conhecimento tácito dos engenheiros de processo da gerência de desenvolvimento técnico. Estas auditorias visavam, principalmente, identificar alguns pontos-chaves de cada etapa da produção de aço que poderiam contribuir para garantia de resultados operacionais. O efeito sinérgico dessas auditorias, realizadas semanalmente nas áreas produtivas, permitiu através da interação entre os operadores e os engenheiros e técnicos a troca de experiências, aumentando assim o conhecimento das pessoas. O tratamento das anomalias identificadas durante as auditorias também funcionou como mais uma forma de melhorar continuamente os processos, implicando em melhoria de performance dos equipamentos e dos processos.

A permanente busca por melhores resultados operacionais, em especial a redução de custos de produção e a melhoria de qualidade, levaram a realização de novos estudos e da realização de alguns projetos que contribuíram para o aumento de produtividade dos processos. Destacam-se nesse caso os trabalhos realizados no perfil do revestimento refratário dos conversores LD e das panelas de aço (Quadro II).

No ano 2001 a CSN substituiu seu sistema de integração de informações do *mainframe* IBM para o SAP/R3. Com isso, muitas informações que encontravam-se em diferentes fontes passaram a ser obtidas diretamente em um único aplicativo. Para realização da migração de um sistema para outro foi necessário um trabalho intensivo de conversão. Nesse caso, houve uma coordenação a nível corporativo, porém com participação ativa de todas as unidades da empresa. O caso da aciaria da CSN está descrito no Quadro III.

Quadro II – Novo perfil do revestimento refratário dos conversores e das placas de aço.

A busca contínua pelo aumento de produtividade dos processos e redução de custos de produção levaram a gerência de operação da aciaria a formar uma parceria com um fornecedor de materiais refratários para solucionar um problema: como aumentar a capacidade produtiva sem investimentos em novos equipamentos ou em novas unidades produtivas?

A solução encontrada foi a modificação do perfil das paredes refratárias, tanto dos conversores LD como das placas de aço. Para viabilizar essa solução, formou-se uma parceria entre a CSN e a empresa Magnesita. Os especialistas de cada empresa juntaram seus conhecimentos no sentido de procurar definir o melhor projeto e os materiais mais adequados, de tal forma que os conversores LD e as placas de aço pudessem operar com espessuras de revestimento refratário mais finas, aumentando o volume útil dos mesmos. Assim, os conversores LD e as placas poderiam produzir e transportar um maior volume de aço, sem com isso aumentar significativamente o tempo necessário para produzir uma corrida. Desta maneira, os conversores passaram a produzir corridas com 225 toneladas, ao invés das habituais 220 toneladas (um aumento de aproximadamente 3% na capacidade produtiva da planta).

Os impactos do aumento de capacidade produtiva dos conversores e placas de aço sobre os demais equipamentos que fazem o transporte da placa ao longo do ciclo de produção também foram considerados. Portanto, as pontes rolantes e os carros placa necessitaram de algumas adaptações. Essas adaptações serão comentadas na seção referente a Acumulação de Competências Tecnológicas em Equipamentos.

Fonte: Entrevista com o Engenheiro Paulo Roberto Senna Delgado.

Os estudos para alongamento da capacidade produtiva permitiram que uma nova competência fosse alcançada: o modelamento matemático do processo de produção da aciaria. Através desse modelamento, simulações poderiam ser feitas para testar inúmeras combinações de hipóteses para melhoria do escoamento da produção e identificação de gargalos. A construção deste modelo foi antecedida por um forte trabalho de interação entre diferentes especialistas da própria aciaria, envolvendo engenheiros das gerências de operação, de desenvolvimento técnico e de manutenção. A partir das discussões realizadas foram feitos mapeamentos de todos os pontos do processo, considerando o fluxo de insumos e matérias-primas, a capacidade de cada equipamento, e os produtos (tipos de

ação) produzidos. O desenvolvimento do modelo baseou-se parcialmente em um programa computacional existente, desenvolvido por uma empresa situada na fronteira tecnológica. O resultado final foi um programa com multi-variáveis, que podem ser testadas simultaneamente e identificar ações que devem ser tomadas no sentido de otimizar rotas de produção. A principal observação a ser feita neste caso é a de que o trabalho desenvolvido atende as necessidades específicas da aciaria, respeitando todas as particularidades existentes, como *mix* de produção, equipamentos e leiaute. Apesar de o modelo ser flexível e atender a diferentes condições de processo, seu desenho foi concebido de forma totalmente original e personalizada pelos especialistas da aciaria da CSN.

Outro ponto importante para acumulação de competências tecnológicas em processos foi a formação em toda CSN de equipes para preparação da empresa para certificação ISO 14001. A aciaria da CSN compôs sua equipe com profissionais próprios, alguns com reconhecida experiência no controle ambiental e com larga experiência nos processos, e outros com profundos conhecimentos das normas ISO 9001 e QS 9000. O resultado foi uma intensa mobilização interna, culminando com o treinamento de todos os funcionários nos conceitos de preservação ambiental constantes na norma ISO 14001 e uma revisão completa em todos os padrões de processo, que passaram a considerar questões ambientais em seus conteúdos.

Embora avanços significativos tenham sido observados na acumulação de competências tecnológicas em processos, especialmente pela introdução de novas técnicas gerenciais, baseadas no TQC, e pelo alongamento sistemático da capacidade produtiva da aciaria, estes sistemas ainda não poderiam ser considerados totalmente integrados às rotinas da unidade. Pode-se dizer que a aciaria da CSN encontra-se em uma fase de aprimoramento de algumas técnicas como o CEP, FMEA e ERP.

Quadro III – Conversão do sistema IBM de informações para o SAP/R3.

Um dos grandes projetos da CSN nos anos 2000 e 2001 foi a conversão do sistema de informações de IBM para SAP/R3. A CSN operava há mais de duas décadas com terminais IBM, usando diferentes aplicativos para formação de seu banco de dados. O principal problema desse sistema era a integração das informações obtidas em diferentes processos (unidades produtivas). Em alguns casos havia incompatibilidade na linguagem em que os dados encontravam-se armazenados e, por isso, a comunicação entre diferentes programas tornava difícil o tratamento das informações de processo com total confiabilidade (em alguns casos havia mais de uma fonte para uma mesma informação, o que gerava incertezas ao se apresentar diferentes resultados). Ao optar pela introdução do SAP/R3 eliminou-se virtualmente a possibilidade de duplicidade de informações, pois nesse caso a fonte era única para todos os processos.

A acumulação de competências com a introdução desse novo sistema se deu mais uma vez pela aquisição de novos conhecimentos e pelo aproveitamento dos conhecimentos existentes. Para tornar o processo de conversão do sistema de informação mais eficiente foram formados times multifuncionais, integrados por especialistas (externos) no novo sistema (SAP/R3) e por especialistas (internos) dos processos de aciaria (que conheciam as funcionalidades do sistema que seria substituído). O grupo de especialistas da aciaria era composto por quatro engenheiros e três técnicos. Esse grupo passou por uma fase de treinamento no novo programa e então passaram a desenhar o novo sistema de informações com base nas necessidades específicas de cada processo. Durante todo trabalho, diversas reuniões envolvendo profissionais das unidades operacional e técnica ajudaram a delinear o sistema.

Uma vez definida a estrutura do novo sistema, um programa de treinamentos extensivo foi realizado, levando desde os gerentes até o chão de fábrica as informações necessárias para operação sob o novo modelo.

O emprego de uma nova ferramenta de gestão (SAP/R3) permitiu uma forte troca de conhecimentos entre as pessoas e agregou competências que tornarão mais confiáveis os resultados operacionais, impactando na redução de custos de produção e na melhoria da qualidade dos processos.

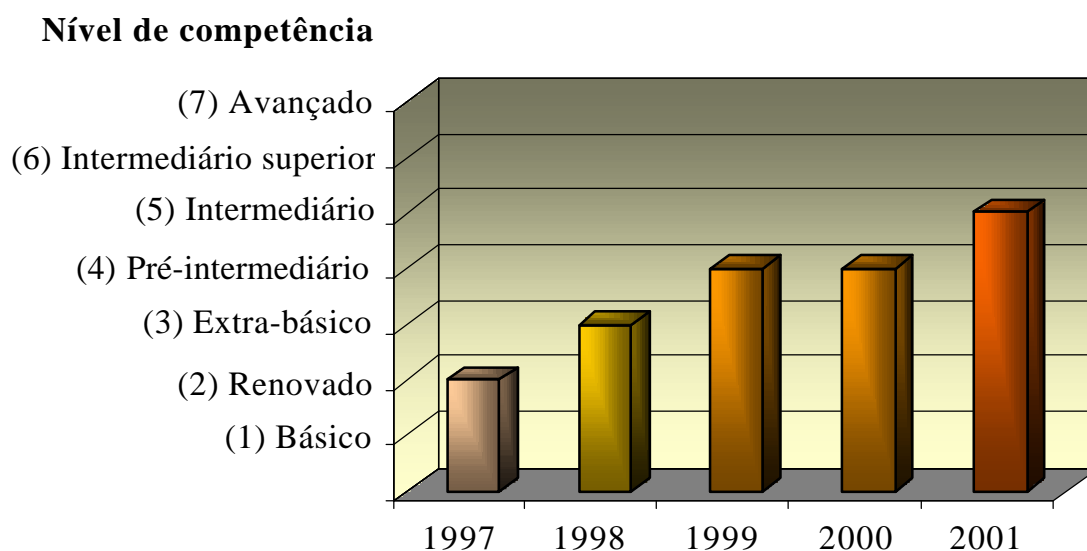
Fonte: Entrevista com a Engenheira Simone Pereira da Silva.

4.2. ACUMULAÇÃO DE COMPETÊNCIAS EM PRODUTOS

A exemplo do tratamento dado a dimensão Acumulação de Competências em Processo, a dinâmica de Acumulação de Competências Tecnológicas em Produtos foi montada com referência a Tabela I, que indica os diferentes níveis de competência que a empresa pode se encontrar em um determinado período de tempo.

Como pode ser observado no gráfico 2, a aciaria da CSN encontrava-se no nível 2 de competência tecnológica (Renovado) em 1997, passando para o nível 3 (Extra-básico) em 1998, atingindo o nível 4 (Pré-intermediário) em 1999 e 2000 e finalmente o nível 5 (Intermediário) em 2001. Nas próximas subseções serão apresentadas as descrições de como a aciaria da CSN passou da acumulação de competências de rotina a inovadoras no período considerado no estudo.

Gráfico 2 – Trajetória de acumulação de competências tecnológicas na função produto na aciaria da CSN.



4.2.1. ACUMULAÇÃO NO NÍVEL RENOVADO DE COMPETÊNCIA TECNOLÓGICA PARA PRODUTO (1997)

Em 1997, a aciaria da CSN encontrava-se no nível Renovado de Competência Tecnológica para Produto. Nesse ano, os tipos de aço produzidos eram, em sua maioria, de baixo grau de complexidade e atendiam a especificações nacionais (NBR) ou internacionais (SAE, ASTM, DIN, JIS, etc.) simples quando considerada a aplicação final como produto acabado nos clientes finais. Os poucos tipos de aço especiais existentes, embora atendessem a requisitos de qualidade maiores quando comparados aos demais do portfólio da empresa, apresentavam limitações de uso em relação ao que outras usinas (nacionais e, principalmente, internacionais) forneciam no mercado interno ou, principalmente, no mercado externo (em especial nos países desenvolvidos).

Entretanto, a aciaria da CSN não se limitava simplesmente a reproduzir aços a partir das especificações amplamente aceitas no mercado siderúrgico. Pequenas adaptações, como adições de elementos de ligas e controle de limpeza interna através da remoção de inclusões não metálicas, asseguravam bons resultados dos aços da CSN nos clientes, atendendo a características de qualidade especificadas para os produtos finais.

Os principais tipos de aços especiais produzidos nesse período se destinavam a indústria automobilística, para fabricação de peças com estampagem média ou profunda, como painéis internos, ou para fabricação de rodas, de longarinas e de estruturas; ou a indústria de fabricação de tubos para construção de oleodutos e gasodutos. No primeiro caso, para indústria automobilística, produzia-se aços com baixos (0,02 a 0,08%C) ou médios (0,09 a 0,20%C) teores de carbono e pequenas adições de elementos de liga, com controle de limpeza interna (redução da presença de elementos deletérios, como enxofre e óxido de alumínio). Os aços para fabricação de tubos atendiam a rigorosa norma API (American Petroleum Institute), que prevê teores residuais de elementos contaminantes e

controle de morfologia de inclusões, o que se faz através da adição de elementos de liga especiais. Em todos esses casos, houve adaptações nas composições químicas para adequação às necessidades dos clientes e, em alguns casos, foram desenvolvidas parcerias com os próprios clientes para ajuste das especificações em função dos resultados obtidos durante a produção das peças.

O principal fator que contribuía para a limitação da aciaria da CSN no atendimento de especificações com maiores requisitos de qualidade era a ausência de equipamentos mais modernos para fabricação de aços mais elaborados. Associado aos novos equipamentos existentes no mundo siderúrgico nessa época estavam processos inovadores de metalurgia, que revolucionariam a indústria de fabricação de aço, permitindo a ampliação do uso do aço nas mais variadas aplicações. A inovação em equipamentos permitiu a conquista de novos mercados e a recuperação de outros, como, por exemplo, o de embalagens metálicas para bebidas carbonatadas (latas de refrigerantes ou de cervejas).

O controle de qualidade dos produtos era feito com base nos conceitos do TQC, procurando garantir dentro de cada etapa do processo a execução das atividades de forma padronizada. Adicionalmente, o sistema de verificação e registro das características de qualidade do aço, como sua composição química, assegurava através da inspeção no produto final o atendimento às normas especificadas pelos clientes. A certificação nas normas ISO 9001 e QS 9000, obtida ainda nos anos 1980, auxiliou na manutenção da garantia da qualidade exigida pelo mercado e contribuiu para melhoria dos processos de produção, impactando positivamente sobre a capacitação na fabricação de produtos mais complexos.

Em resumo, pode-se destacar como aspecto positivo que em 1997 havia um sistema de garantia da qualidade (certificado internacionalmente) para os produtos e algumas adaptações foram feitas para atender as necessidades específicas de alguns clientes. O

ponto negativo era a ausência de processos (e equipamentos) metalúrgicos mais modernos, como a desgaseificação a vácuo de corridas ou um sistema de metalurgia com aquecimento para adição de maiores volumes de elementos de liga, o que impedia que novos produtos pudessem ser produzidos de forma a ampliar o portfólio da empresa com produtos mais nobres e de maior valor agregado.

4.2.2. ACUMULAÇÃO NO NÍVEL EXTRA-BÁSICO DE COMPETÊNCIA TECNOLÓGICA PARA PRODUTO (1998)

Em 1998, a aciaria da CSN passou do nível Renovado para o nível Extra-Básico de Competência Tecnológica para Produto. A acumulação de competências nesse caso ocorreu em grande parte pelo aporte de novos conhecimentos, que associados aos já adquiridos ao longo de sua trajetória na fabricação de aços especiais e desenvolvimento de novos produtos, permitiu que especificações totalmente novas pudessem ser fabricadas. O principal evento que contribuiu para essa mudança de nível foi a instalação do desgaseificador a vácuo tipo RH para metalurgia secundária.

O processo de metalurgia do aço líquido sob vácuo permitiu a produção de produtos impossíveis de serem produzidos pelos processos tradicionais de metalurgia. As principais vantagens desse processo são: obter teores finais de carbono pelo menos dez vezes menores do que os aços com baixo carbono comerciais, e maior controle de adição de elementos de liga, permitindo a fabricação de aços com tolerâncias menores desses elementos, o que propicia, em última instância, a produção de materiais com propriedades mecânicas (grau de estampagem para fabricação de peças) mais estreitas.

A importância dessas características do produto para as indústrias de transformação são enormes. Os novos aços fabricados nesse equipamento permitiram que os projetos de fabricação de peças e o *design* dos automóveis pudessem se alterar, de forma a torná-los

mais leves e resistentes. A indústria de fabricação de motores e geradores elétricos também se beneficiou, pois os novos produtos produzidos sob o processo de metalurgia do aço sob vácuo permitia a produção de aços especiais de menor perda elétrica, aumentando a eficiência dos motores e geradores e implicando em redução no consumo de energia elétrica. Os fabricantes de embalagens metálicas, por sua vez, também puderam alterar os *designs* das latas de aço e torná-las novamente competitivas contra seus sucedâneos (alumínio, plástico, *pet* e *tretapak*). Nos Quadros IV, V e VI serão apresentados os casos de desenvolvimento do aço *interstitial free* (IF) para indústria automobilística; de aços para fins elétricos de baixa eficiência; e do aço com adição de nitrogênio (N) para fabricação de embalagem metálica.

Quadro IV – Produção do aço *interstitial free* (IF) para indústria automobilística.

A CSN, como tradicional fornecedora de aço para indústria automobilística, pôde ampliar seu portfólio de produtos para seus clientes ao instalar o desgaseificador a vácuo tipo RH. O desenvolvimento de novos produtos a partir de então tornou-se uma questão de aprendizado e de tempo. Após o desenvolvimento de técnicas para conhecer o processo, iniciou-se a fase de desenvolvimento de novos produtos.

O primeiro produto desenvolvido pela aciaria da CSN nesse equipamento foi o aço IF, caracterizado por conter teores mínimos de carbono e pequenas adições de elementos de liga, principalmente titânio e nióbio. A composição química final e o processo desse tipo de aço depende da aplicação final da peça produzida no cliente. Na indústria automobilística, esse aço se destina a fabricação de peças que sofrem severas conformações mecânicas e podem ficar expostas nos automóveis (portas, teto e lateral), ou não expostas (pisos, painéis internos etc.).

A CSN iniciou seu fornecimento de aço IF com uma especificação que se destinava a fabricação de peças internas e estruturais (não expostas). Nesse primeiro momento, não havia conhecimento suficiente para fabricação de especificações com rígidos controles de composição química e de limpeza interna (remoção de elementos detrimenais). Assim sendo, o primeiro aço IF produzido para os fabricantes de automóveis respeitou uma especificação internacional intermediária para este tipo de produto.

Em relação aos aços produzidos até então esse foi um grande avanço como novo produto. Entretanto, ainda estava distante das principais siderúrgicas mundiais, que elaboravam especificações mais complexas, para aplicações mais exigentes. O sucesso junto às montadoras incentivou novos desenvolvimentos, que ocorreram nos anos subsequentes.

Fonte: Entrevista com o Engenheiro Antônio Augusto de Rezende Martins.

Outro ponto que merece destaque é o desenvolvimento de novas especificações para atendimento a indústria de aços para fins elétricos. No Quadro V, é feita a descrição das etapas que foram vencidas para desenho de uma liga para esse fim.

Quadro V – Desenvolvimento de aços para fins elétricos de baixa eficiência.

Até o ano de 1998 a aciaria da CSN encontrava-se limitada a produção de aços para fins elétricos de baixa eficiência (qualidade comercial). Em função da crescente demanda por aços com maior permeabilidade magnética e menor perda elétrica, que contribuíam para redução de consumo de energia em motores de pequeno porte, o mercado de aços menos nobres passou a ser menos econômica para os fabricantes de equipamentos elétricos. Essa nova realidade fez com que a CSN passasse a buscar, com recursos próprios, soluções no sentido de desenhar um aço que pudesse atender às necessidades de seus clientes.

Para o desenvolvimento de uma nova especificação, a aciaria da CSN contou com forte contribuição do departamento de pesquisa da empresa, que através de visitas aos clientes procurou descobrir quais eram os melhores produtos disponíveis no mercado e iniciou um trabalho de engenharia reversa. A partir da identificação das ligas metálicas usadas e da influência destas sobre as propriedades magnéticas do produto final, foi-se delineando uma nova especificação. O resultado foi um aço com teor de carbono ultra baixo, semelhante ao dos aços IF, e adições controladas de alguns elementos cuja presença confere propriedades magnéticas especiais, como o silício e o fósforo. Adicionalmente, havia a necessidade de restringir a níveis residuais a presença de alguns elementos detrimenais e de difícil controle durante o processo de metalurgia do aço líquido. O resultado foi um aço com composição química totalmente original.

Após a fabricação de algumas corridas experimentais e de testes nos clientes concluiu-se que a especificação desenvolvida pela CSN atendia plenamente as necessidades dos mesmos, excedendo inclusive o desempenho de fornecedores tradicionais deste tipo de aço para indústria de fabricantes de equipamentos elétricos.

Fonte: Entrevista com a Engenheira Nilza Cristina Sabioni Boechat Zwirmann.

A acumulação de competências no processo de metalurgia secundária através do desgaseificador RH abriu a possibilidade de desenvolvimento de novos produtos e fez com que mais uma especificação fosse desenvolvida ainda em 1998: os aços nitrogenados para fabricação de embalagens metálicas. No Quadro VI são apresentadas as etapas do desenvolvimento desse novo aço.

Quadro VI – Fabricação de aços nitrogenados para embalagens metálicas.

Entre os maiores clientes da CSN encontram-se os fabricantes de embalagens metálicas (latas de extrato de tomate, leite em pó, óleo de soja, alimentos em conserva, etc.). Esse mercado tem proporcionado oportunidades de desenvolvimento de novos produtos, principalmente porque ele apresenta uma característica própria: o aço da CSN concorre com materiais sucedâneos (plástico, alumínio, *tetrapak* e *pet*) ao invés de competidores siderúrgicos. O desafio nesse caso é manter as embalagens em aço competitivas. Para isso é necessário inovar em produtos. Como o aço apresenta algumas características que favorecem sua utilização; entre elas a melhor resistência mecânica ao choque durante o transporte, implicando em menos perda por danos (amassados ou rompimento) e capacidade de fabricação de embalagens maiores (galões para tintas, para acondicionamento de alimentos, etc.); o desenvolvimento de produtos com espessura reduzida e maior resistência mecânica encontraram boa receptividade no mercado de embalagens.

Percebendo essa demanda, o departamento de marketing em conjunto com o de pesquisa, iniciou o trabalho de desenvolvimento de uma especificação que preenchesse uma lacuna até então não ocupada pela CSN: a de aços nitrogenados para embalagens metálicas.

Para aciaria, esse foi um grande desafio, pois as experiências anteriores na fabricação desse tipo de aço não foram bem sucedidas. A dispersão de resultados era muito grande. Tradicionalmente, a adição de nitrogênio ocorria por injeção de fios de ferro ligas nitrogenados, que além de serem caros não garantiam uma boa previsibilidade de resultados, o que implicava em heterogeneidade de propriedades no produto final, prejudicando sua aplicação no cliente.

Através da utilização do desgaseificador RH para fabricação do aço nitrogenado foi possível desenvolver um aço com teores de nitrogênio elevados e com faixas estreitas desse elemento. A fabricação desse novo produto representou um novo estágio para o aprendizado do corpo técnico da aciaria, em especial porque contou integralmente com o conhecimento e os recursos existentes na própria empresa. A partir desse novo produto, outros semelhantes puderam ser desenhados de forma a obter melhores resultados nos clientes, para os mais variados usos em diferentes indústrias.

Fonte: Entrevista com o Engenheiro Antônio Augusto de Rezende Martins.

Apesar dos avanços alcançados com a produção de novos produtos, ainda havia um longo caminho a percorrer. Mesmo as novas especificações poderiam sofrer alguns ajustes de forma a atenderem a características de qualidade mais rigorosas, ampliando sua utilização nas indústrias às quais se destinavam. A contribuição do novo processo de metalurgia secundária (degaseificador a vácuo tipo RH) estava, na verdade, apenas iniciando um ciclo de desenvolvimento de novos produtos.

Outro ponto que permitiria concluir que uma fase ainda mais fértil de geração de novos produtos ainda estava por vir foi a instalação de outro processo de metalurgia secundária no segundo semestre de 1998: o Forno Panela. Esse equipamento permitiria a fabricação de aços mais carregados em elementos de ligas, cujas aplicações se destinam a outras indústrias.

4.2.3. ACUMULAÇÃO NO NÍVEL PRÉ-INTERMEDIÁRIO DE COMPETÊNCIA TECNOLÓGICA PARA PRODUTO (1999 E 2000)

Os novos produtos desenhados nos anos de 1999 e 2000 permitiram que a aciaria da CSN migrasse do nível Extra-Básico de Competência Tecnológica para o nível Pré-Intermediário. Como mencionado anteriormente, a partir de 1999, com a operação dos processos de degaseificação a vácuo e forno panela, diversas especificações novas foram desenvolvidas.

A experiência adquirida com a fabricação do aço IF para indústria automobilística serviu de base para que novas especificação de aços ultra e extra baixo carbono pudessem ser desenhados de forma a atender novas necessidades do mercado. Um forte impulso nesse sentido foi a fabricação de novos produtos para atendimento a GALVASUD, uma empresa criada a partir de uma *joint-venture* entre a CSN (51% do controle acionário) e a siderúrgica alemã Thyssen Krupp Stahl (49% do controle). A GALVASUD é uma unidade

de galvanização de bobinas destinada exclusivamente ao atendimento da indústria automobilística. Segundo o acordo firmado entre essas empresas, 85% dos aços fornecidos para GALVASUD seriam fabricados na CSN. O grande desafio nesse caso seria a produção de produtos com padrão de qualidade comparáveis aos da empresa alemã. O Quadro VII apresenta como foram desenvolvidos os novos produtos e a contribuição dada pelo aprendizado prévio na fabricação das primeiras especificações, em especial o aço IF, para o sucesso dessa empreitada.

Quadro VII – Fabricação de novos produtos para GALVASUD.

Por ser uma empresa voltada para o atendimento a indústria automobilística, a GALVASUD necessitava de especificações com exigentes requisitos de qualidade. As peças produzidas para fabricação de automóveis sofreram profundas modificações ao longo do tempo. A complexidade dos esforços mecânicos durante a conformação de uma peça e a necessidade desta apresentar uma aparência limpa, isenta de defeitos superficiais, e ao mesmo tempo permitir boa aderência à pintura e resistência a corrosão e ao amassado, são exigências que, em muitas situações, são antagônicas. Para conciliar essas diferentes propriedades, o aço deve ser projetado cuidadosamente. Rígidos controles para adições de elementos de liga e os tratamentos para remoção de elementos detrimenais são fundamentais para assegurar a fabricação da peça no cliente.

Mais uma vez, a associação entre o departamento de pesquisa e o corpo técnico da aciaria da CSN ajudou na definição das melhores composições químicas e graus de limpeza interna para cada aplicação final do produto. Além do departamento de pesquisa da CSN, especialistas da Thyssen se envolveram nas discussões, auxiliando na determinação das especificações que atenderiam ao mercado automobilístico. Além da interação entre as diferentes áreas, a experiência adquirida na fabricação do primeiro aço IF contribuiu para definição dos novos produtos que seriam fornecidos à GALVASUD.

O resultado foi a criação de seis novos produtos, quatro aços IF, sendo um para fabricação de peças expostas e três para peças internas, e dois aços extra baixo carbono, um para peça exposta e outro para peça interna.

Cada uma das seis novas especificações apresentava seus próprios graus de complexidade e suas próprias características como produto, diferenciando-se entre si e também dos demais tipos de aço produzidos na CSN até então.

Fonte: Entrevista com o Engenheiro Antônio Augusto de Rezende Martins.

A fabricação de aços especiais para GALVASUD ocorreu de fato a partir do ano 2000. Em 1999 foram definidas as primeiras especificações que seriam fornecidas. Os aços mais críticos no que diz respeito a aplicação final no cliente e ao processo de fabricação passaram por um período de produção assistida para verificação de seu comportamento na linha de montagem das empresas automobilísticas. Em função dos resultados obtidos, pequenos ajustes no produto eram feitos até se encontrar a melhor especificação. Durante esse processo, houve uma interação entre os especialistas de processo e produto da aciaria da CSN, os engenheiros do departamento de pesquisas e da assistência técnica da CSN, os engenheiros da GALVASUD e os responsáveis técnicos das montadoras. A integração de conhecimentos permitiu a determinação dos melhores produtos em cada caso.

Um ponto que mereceu destaque no desenvolvimento de aços para indústria automobilística foi o início do fornecimento para Fiat, tradicional parceira de outra empresa siderúrgica nacional. Este relacionamento ocorreu um pouco antes da posta em marcha da GALVASUD e foi útil para aprimoramento de algumas novas especificações. A produção de aços extra baixo carbono e IF para fabricação de peças internas e externas na Fiat teve um papel muito importante para consolidação das competências adquiridas na fabricação de produtos galvanizados. Os automóveis produzidos pela Fiat neste período eram produzidos principalmente a partir de bobinas de aço laminadas a frio, sem revestimento de zinco (galvanização). O fato de não haver recobrimento da superfície da chapa com zinco torna mais crítica a qualidade superficial, o que depende em grande parte do controle de elementos contaminantes no metal base durante o processo de metalurgia do aço líquido, na aciaria.

Além da Fiat, outras montadoras de grande porte, como a Ford, General Motors e Volkswagen foram atendidas com novos produtos. Os resultados positivos alcançados nestes clientes fomentou novos desenvolvimentos e o aprimoramento de outras

especificações já existentes. O resultado foi o enobrecimento e a ampliação do portfólio de produtos da CSN. Naturalmente, a acumulação de competências em produtos redundou em novos negócios para empresa, aumentando sua capacidade de competir em tecnologia a nível global, atendendo mercados mais exigentes.

Com a introdução do processo de metalurgia secundária através do Forno Panela, houve um aporte de novos conhecimentos para produção de novos tipos de aços. Em especial, aços que necessitavam maiores adições de elementos de liga e se destinavam às indústrias de construção civil, automobilística e de implementos agrícolas. Em 1999, foram criados ou adaptados vinte tipos de aços que passavam pelo processo de metalurgia no Forno Panela. Em 2000, foram criadas mais quatro novas especificações que passavam por esse processo. Entre os novos produtos destacam-se os aços usados para fabricação de rodas de automóveis (de passeio e de transporte pesado), os aços tipo API para produção de tubos para oleodutos e gasodutos, e os aços com elevados teores de carbono, usados para fabricação de serras para corte de pedras (mármore e granito) ou de implementos agrícolas (discos de arado, pás de colheitadeiras, etc.).

O desenvolvimento desses novos produtos ocorreu exclusivamente com recursos próprios da CSN, reunindo mais uma vez os engenheiros do departamento de pesquisa e da aciaria para determinação dos requisitos de qualidade exigidos pelas peças que seriam produzidas a partir daqueles aços e definindo a composição química e o processo de fabricação na aciaria. O aprendizado acumulado na fabricação de aços semelhantes no passado e os novos conhecimentos adquiridos de fontes externas (cursos, visitas e assistência técnica) permitiram que os especialistas envolvidos na concepção e desenvolvimento dos novos aços microligados pudessem desenhar especificações originais para auxiliar os clientes.

Como descrito acima, nos anos de 1999 e 2000 foram desenvolvidas diversas especificações novas para uma variada gama de aplicações finais. O desenvolvimento de novos produtos nesse caso ocorreu sistematicamente com base no conhecimento existente na fabricação de especificações já produzidas pela empresa, associada a um forte trabalho de parceria junto aos clientes finais. Em alguns casos houve esforços próprios da aciaria da CSN, que optou por desenvolver novos aços através da engenharia reversa de produtos fabricados por empresas da fronteira tecnológica.

4.2.4. ACUMULAÇÃO NO NÍVEL INTERMEDIÁRIO DE COMPETÊNCIA TECNOLÓGICA PARA PRODUTO (2001)

No ano de 2001 a aciaria da CSN evoluiu do nível pré-intermediário para o intermediário de competência tecnológica para produto. Em 2001, a fabricação de novas especificações, baseadas em novos conhecimentos e nos conhecimentos acumulados com a produção e desenvolvimento de novos produtos, ocorridos nos anos anteriores, contribuiu de forma significativa para que a empresa passasse a ocupar uma posição de destaque no fornecimento de soluções para seus clientes. A partir deste ano, a aciaria da CSN passou a produzir aços que a tornaram competitiva nas classes de produtos de maior grau de complexidade, como os aços para fabricação de latas de duas peças, também conhecidos como DWI (*draw wall ironing*), os aços para fabricação de peças expostas na indústria automobilística, os aços para fins elétricos de média e alta eficiência, que sofreram novas adaptações em relação aos produzidos nos anos anteriores, e os aços para fabricação de rodas de elevada resistência.

Paralelamente a consolidação desta competência, foram formadas parcerias com alguns clientes. Essas parcerias visavam ampliar o fornecimento de aços da CSN para os mesmos, que em alguns casos chegava a mais de 80% da demanda destes. Esta prática

somente foi possível porque os trabalhos desenvolvidos em conjunto permitiram uma boa compreensão das necessidades dos clientes, por um lado, e a confiança nos produtos elaborados pela CSN, por outro.

Em 2001, foram alcançadas novas competências em processo e em equipamentos que permitiram a produção de novos produtos. Algumas adaptações e alterações no projeto do desaseificador a vácuo RH tornaram possível a redução do teor de carbono mínimo e a adição de maiores quantidades de elementos de liga, o que impactou diretamente sobre a capacidade de fabricação de novos produtos. Adicionalmente, o aprendizado na fabricação de aços especiais no forno panela, aliado ao desenvolvimento de novas ligas, permitiu que novas especificações pudessem ser criadas. O acúmulo de competências em produtos foi consequência também de um forte trabalho de integração entre a engenharia de produtos dos departamentos de pesquisa e de assistência técnica com a engenharia de processo e produto da aciaria.

Os trabalhos em equipe tornaram possível o desenvolvimento do aço para fabricação de latas de duas peças para bebidas carbonatadas (aço DWI). Este aço requer cuidados especiais em todos os estágios de fabricação, distinguindo-se das outras especificações por ter tolerâncias mínimas a presença de elementos contaminantes.

O desenvolvimento do aço DWI contou com forte esforço de aprendizado tecnológico das equipes de operação e de desenvolvimento técnico da aciaria. Para determinação das características de processo e de produto deste novo aço, duas assistências técnicas foram contratadas: uma da Thyssen Krupp Stahl e outra da Kawasaki Steel Corporation. A transferência de conhecimentos técnicos entre os engenheiros destas empresas e os da CSN, permitiu que novas competências fossem acumuladas. Os novos conhecimentos adquiridos e a interação com o departamento de pesquisa e o cliente final auxiliaram no sentido de se desenhar um produto original que pudesse atender aos mais

rigorosos requisitos de qualidade do aço DWI. O resultado ultrapassou as expectativas mais otimistas e em poucos meses a CSN passou a fornecer 50% da demanda do cliente, reduzindo a participação de fornecedores externos com larga experiência na produção deste tipo de aço.

Em função do bom desempenho da primeira especificação fornecida em escala industrial para o cliente e da acumulação de capacitação no desenvolvimento deste produto, a aciaria da CSN inovou mais uma vez, desenhando um novo aço para mesma aplicação, porém com composição química mais restrita. O novo aço apresentava como principais características teores de carbono e nitrogênio mais baixos e adições de elementos de liga mais controladas do que no aço desenvolvido inicialmente. O objetivo de se desenvolver um novo produto era garantir maior homogeneidade de propriedades mecânicas na chapa, o que poderia ser feito pelo ajuste da composição química (na aciaria) e pela alteração da rota de produção na linha de estanhamento da usina, deixando de passar as bobinas laminadas a frio pelo recozimento em caixa (que dura aproximadamente cinco dias para concluir o ciclo de tratamento) para o recozimento contínuo (que dura poucos minutos). Os ganhos de produtividade e de propriedades mecânicas contribuem para redução dos custos de produção e diminuição de desvios por não atendimento às características mecânicas especificadas pelo cliente.

Outras especificações que sofreram aprimoramentos foram as de aços para fins elétricos. Em 2001, a aciaria da CSN desenvolveu dois novos produtos a partir dos existentes, ambos de alta eficiência. O objetivo neste caso foi proporcionar aos clientes novas especificações que pudessem melhorar o desempenho dos equipamentos produzidos (motores, geradores etc.) por eles. Para definição das características dos novos produtos formou-se uma parceria entre os principais clientes nacionais deste tipo de aço, pesquisadores do Instituto de Pesquisas Tecnológica (IPT) da USP e os engenheiros do

departamento de pesquisa e de assistência técnica da CSN. A partir da avaliação do desempenho dos aços produzidos até então, fez-se alguns ajustes na especificação para obtenção de produtos mais adequados a usos específicos, como motores e geradores de energia de alta eficiência.

Além dos aços para fabricação de latas de duas peças e dos aços para fins elétricos, foram aprimorados e desenhados novos produtos para indústria de fabricação de rodas para indústria automobilística. A exemplo do que ocorrera nos casos anteriores, houve um forte trabalho de parceria entre a CSN e seus principais clientes para desenvolvimento de novos produtos. O resultado foi a adaptação de diversos aços aplicados na fabricação de tubos para transporte de gases e petróleo (especificação API) para fabricação de rodas. Em função do conhecimento das propriedades de cada produto, pôde-se adequar estas especificações de tal forma que, através de alguns ajustes de processo, novos produtos pudessem ser concebidos. Adicionalmente, foram criadas algumas especificações originais para atendimento a necessidades específicas dos clientes.

Outro aspecto importante foi a ampliação do número de especificações criadas para atendimento a indústria automobilística. Em função da produção de novos produtos nos anos anteriores (notadamente os aços extra baixo carbono e IF) para atendimento a novas aplicações na fabricação de automóveis (especialmente para peças expostas), novas especificações puderam ser desenhadas. A experiência bem sucedida junto aos clientes favoreceu a ampliação do portfólio de produtos e o desenvolvimento conjunto para fabricação de novos modelos de automóveis. A CSN passou a participar dos projetos das principais montadoras para fornecimento de praticamente todo tipo de aço usado na fabricação de seu novo protótipo. Essa integração aumentou a confiança recíproca e permitiu que a responsabilidade pelos novos modelos de automóveis fosse compartilhada. Para a CSN esse foi um grande desafio, lançado ainda em 1998 com a fabricação

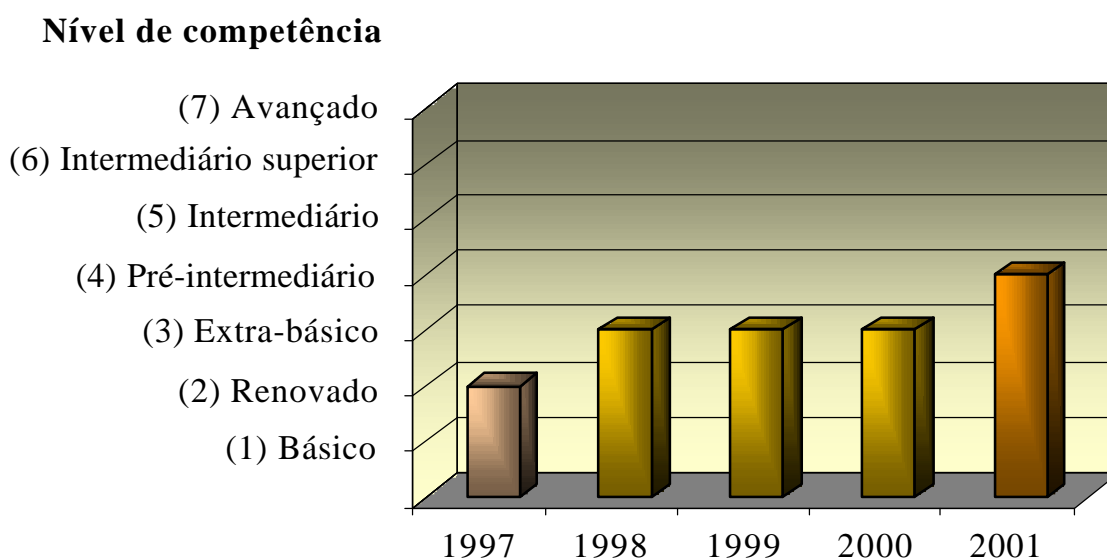
do primeiro aço IF e ampliado nos anos subseqüentes com os novos produtos, dedicados exclusivamente a esse mercado.

As evidências descritas acima sugerem que, à luz da tabela I, a aciaria da CSN acumulou competência tecnológica no nível intermediário para produto. Os conhecimentos adquiridos através da relação com clientes, institutos de pesquisa, outras empresas da indústria (assistências técnicas), e outros departamentos da própria empresa (pesquisa, assistência técnica e engenharia de produto e processo da aciaria) permitiram o desenvolvimento sistemático de competências para inovar e criar novos produtos.

4.3. ACUMULAÇÃO DE COMPETÊNCIAS EM EQUIPAMENTOS

Nesta seção será apresentada a descrição da evolução da acumulação de competências tecnológicas para a função tecnológica e atividades relacionadas a equipamentos. A trajetória de acumulação de competências aconteceu, à luz da tabela I, conforme ilustrado pelo gráfico 3. As evidências descritas sugerem que a aciaria da CSN, até o ano 2001, acumulou competências para desenvolver atividades do nível pré-intermediário (nível 4) nas atividades relacionadas a equipamentos.

Gráfico 3 – Trajetória de acumulação de competências tecnológicas na função equipamentos na aciaria da CSN.



4.3.1. ACUMULAÇÃO NO NÍVEL RENOVADO DE COMPETÊNCIA TECNOLÓGICA PARA EQUIPAMENTOS (1997)

Em 1997, a aciaria da CSN operava com equipamentos modernos, porém ainda encontrava-se limitada por não dispor de sistemas físicos suficientes para produzir aços

especiais e ter mais flexibilidade para fabricação de especificações simples com custo mais baixo.

Os principais equipamentos da linha de produção que operavam nesta época eram os seguintes: três conversores LD com capacidade de carga aproximada de 250 toneladas, cada um equipado com sistema de exaustão de gases, silos de adição de ligas, sistema de sopro combinado da Kawasaki, sub-lança com tecnologia da Demag, sistema *slag splashing* para proteção das paredes refratárias da Praxair/White Martins, sistema digital de controle de processo (automação) desenvolvido pela Siemens, e um reservatório dos gases gerados pelos conversores (gasômetro). Além dos conversores LD e seus recursos, havia duas estações de metalurgia secundária para tratamento de corridas. Estas estações operavam através do sistema de borbulhamento com gás inerte, usando lanças de injeção de argônio e adição de ligas em fio, com controle manual dos equipamentos.

Em adição aos equipamentos empregados diretamente para fabricação do aço, havia duas estações de transferência de gusa do carro-torpedo para panela, duas estações de escumagem de gusa na panela, um pátio de preparação de sucata, duas pontes rolantes para carregamento dos conversores, quatro carros de transferências de panelas dos conversores para metalurgia secundária, um laboratório de análises químicas, quatro estações para aquecimento de panelas de aço ou gusa, duas pontes rolantes para manuseio de panelas e potes de escória na ala de vazamento dos conversores, e seis estações de preparação e reparo de panelas.

A manutenção dos equipamentos era realizada de forma preventiva, embora o número de intervenções corretivas ainda fosse elevado. Ainda neste ano foi implantado o programa de manutenção autônoma, para habilitar os operadores a realizarem manutenção básica de seus equipamentos e solucionar problemas simples, sem necessidade de grandes paradas para manutenção preventiva. As equipes de manutenção da aciaria e da oficina de

reparos da CSN eram responsáveis pela reposição de equipamentos e pelo reparo ou manufatura de peças e componentes mecânicos dos principais equipamentos.

As informações de processo, tais como composição química do aço, temperatura de liberação da corrida, peso de elementos de liga adicionado, tempo e volume de oxigênio soprado nos conversores LD, etc., eram armazenadas parte no computador de processo, parte em relatórios preenchidos manualmente e parte no banco de dados do computador de grande porte da IBM. O fato das informações de processo estarem dispersas em diferentes relatórios tornava a tarefa de realização de estatísticas, de levantamentos de informações históricas ou rastreamento de dados de processos, demorada e imprecisa em alguns casos. Especialmente quando se necessitava de informações que encontravam-se em diferentes fontes.

Um aspecto que merece destaque no ano de 1997 são as pequenas adaptações feitas em equipamentos, fruto dos trabalhos realizados pelos grupos de Círculo de Controle da Qualidade (CCQ). O estímulo a formação de grupos de CCQ e a realização destes tipos de trabalhos, que são conduzidos pelos funcionários de chão de fábrica, permitiu que diversas melhorias em equipamentos pudessem ser implementadas, implicando em redução de custos com manutenção e aumento da segurança no trabalho. Estes trabalhos são, em sua maioria, simples, práticos, de baixo custo de implantação e com aplicação direta nas atividades do dia a dia das pessoas que as executam.

A capacitação acumulada para realização das atividades descritas acima sugere que a aciaria da CSN, à luz da tabela I, tinha acumulado competências do nível renovado para realização de atividades relacionadas à função tecnológica equipamentos.

4.3.2. ACUMULAÇÃO NO NÍVEL EXTRA-BÁSICO DE COMPETÊNCIA TECNOLÓGICA PARA EQUIPAMENTOS (1998 A 2000)

A aciaria da CSN efetuou pesados investimentos em equipamentos para colocar em operação a partir de 1998 dois novos processos de metalurgia secundária: o Desgaseificador a Vácuo RH e o Forno Panela. Estes equipamentos representavam o que havia de mais moderno em instalações para fabricação de aços especiais no mundo. Estes equipamentos contavam com sistemas digitais de pesagem e adição de elementos de liga, computadores de processo para registro e integração de informações de processo, dispositivos para identificação de anormalidade em componentes mecânicos, elétricos e eletrônicos, entre outras facilidades. O que os tornava mais complexos para operar e realizar manutenção, exigindo maior qualificação técnica de todos os profissionais diretamente ou indiretamente envolvidos com seus funcionamentos. O aporte de novos conhecimentos, associados aos já existentes e também a experiência (conhecimento tácito), foi fundamental para que a posta em marcha e a operação inicial (assistida pela empresa inglesa Vacmetal, fornecedora da nova tecnologia) ocorresse de forma bem sucedida. Os anos seguintes também foram marcados por forte esforço de aprendizagem para domínio das novas tecnologias. Um fato importante e que deve ser destacado é o envolvimento, desde a concepção básica (projeto), dos especialistas da aciaria da CSN junto aos fornecedores das novas tecnologias para determinação da configuração dos componentes de cada equipamento. Através desta participação uma série de adaptações foram feitas, definidas especificações de peças, estabelecido leiaute e criadas condições para atendimento às condições típicas de operação da aciaria da CSN.

Além deste grande investimento, o período compreendido entre os anos de 1998 e 2000 foi marcado por três outros investimentos importantes para aciaria da CSN: a reforma geral do gasômetro (reservatório do gás monóxido de carbono, gerado no

conversor LD); a instalação de um novo sistema de captação de pós; e a modernização do laboratório de análises químicas da aciaria.

O objetivo da reforma geral do gasômetro da aciaria era aumentar sua capacidade de armazenamento de gás, visando o abastecimento da nova central termelétrica, responsável pela geração de mais de 50% da energia consumida na usina. O aumento da capacidade do gasômetro tinha também uma vertente ambiental, pois através do armazenamento estaria sendo impedida a emissão de gás para atmosfera.

Outro investimento voltado para preservação ambiental foi a instalação de um novo sistema de captação de pós gerados durante o processo de conversão de gusa em aço, na aciaria. Em função dos constantes aumentos de capacidade dos equipamentos, em especial dos conversores LD, a taxa de emissão de particulados aumentou. Como o sistema de captação de pós era dimensionado para uma condição de operação diferente da existente naquela época, tornou-se essencial a ampliação na capacidade deste sistema. Com esse investimento, mais uma ação voltada para preservação do meio ambiente foi tomada.

A modernização do laboratório de análises químicas da aciaria foi outro investimento muito importante (e necessário), pois os novos processos de fabricação de aços exigia que a precisão nas análises químicas fosse a mais elevada possível, uma vez que as tolerâncias das novas especificações eram extremamente estreitas quando comparadas com os tipos de aço produzidos até 1998. A modernização do laboratório se deu através do investimento em novos equipamentos de medição de composição química, integrados a computadores através de programas específicos.

A exemplo do que ocorrera na instalação dos novos equipamentos para metalurgia secundária, os demais investimentos acima seguiram a mesma prática: os especialistas da aciaria da CSN participaram ativamente da concepção do projeto para adaptarem os novos equipamentos às condições operacionais próprias.

A instalação de equipamentos de última geração na aciaria da CSN implicou, conforme mencionado anteriormente, no aumento da complexidade dos processos de operação e manutenção. O grau de capacitação exigido dos profissionais envolvidos nestas atividades elevou sensivelmente.

Apesar deste período ter sido marcado pelos grandes investimentos, trabalhos de adaptação em equipamentos continuavam sendo desenvolvidos pelos grupos de CCQ e pelo corpo técnico de *staff*. Um trabalho que merece destaque é a modificação feita no sistema de aquecimento de placas de aço. Em função da baixa eficiência observada pelos operadores neste equipamento, as placas de aço não apresentavam as condições térmicas suficientes para receber o aço líquido. Com isso, a temperatura do metal líquido baixava abruptamente, precisando retornar ao conversor (retrabalho e perda de produtividade). Para solução do problema, foi constituído um time multi-funcional, composto por profissionais da gerência técnica da aciaria, da operação, da manutenção e do centro de pesquisa da CSN. Após a análise do problema o grupo propôs algumas alterações no projeto, adequando as estações de aquecimento às necessidades da aciaria. Através de uma solução original, os aquecedores tiveram sua eficiência aumentada sensivelmente.

As competências acumuladas para instalação, operação, manutenção e adaptações feitas nos novos equipamentos e nos existentes, sugerem que a aciaria da CSN acumulou competências tecnológicas no nível extra-básico para função equipamentos no período compreendido entre os anos de 1998 e 2000.

4.3.3. ACUMULAÇÃO NO NÍVEL PRÉ-INTERMEDIÁRIO DE COMPETÊNCIA TECNOLÓGICA PARA EQUIPAMENTOS (2001)

Em 2001, a aciaria da CSN encontrava-se no nível pré-intermediário de competência tecnológica em equipamentos. Neste período, foi implantado o programa

SAP/R3 para integração das informações de processo. Para implantação deste sistema foi necessária a modernização dos computadores de processo e do servidor, que funciona como banco de dados. Como este sistema integra e acumula as informações de toda empresa, desde a mineração de minério de ferro, situada em Congonhas (Minas Gerais) até a área comercial, em São Paulo, passando pelas unidades produtivas, em Volta Redonda, havia necessidade de equipamentos de grande porte. A entrada em operação do novo sistema permitiu que outros sistemas de informação; que funcionavam em diferentes linguagens e, em muitos casos, eram difíceis de se comunicarem; fossem desativados. Com a implantação do SAP/R3, novas competências precisaram ser acumuladas. A operação e a manutenção deste sistema exigia novos conhecimentos e, apesar de simplificar a utilização para o usuário final, maior qualificação das pessoas envolvidas com seu funcionamento.

Em 2001, a aciaria da CSN se empenhava em fazer adaptações sistemáticas para alongamento da capacidade produtiva dos equipamentos e melhoria da qualidade dos produtos. Os trabalhos de CCQ continuavam contribuindo para o aperfeiçoamento dos equipamentos, melhorando suas performances e tornando suas manutenções mais fáceis de se realizar. O número crescente de grupos de CCQ e de trabalhos concluídos indicavam a tendência no aumento do número de adaptações feitas. Da mesma forma, os trabalhos de engenharia voltados para adequação dos equipamentos à realidade operacional da aciaria continuavam aumentando.

Cabe destacar que a melhoria de performance em equipamentos não foi exclusivamente quantitativa. O grau de complexidade das modificações introduzidas também aumentou. Dois exemplos ilustram este fato: a montagem de uma estação para dessulfuração (retirada do elemento enxofre) de gusa na panela de aço e a adaptação feita no desgaseificador a vácuo RH.

A construção de uma nova estação de dessulfuração de gusa em painéis foi feita em parceria com um fornecedor nacional, a Tecnosulfur, que contribuiu com seus conhecimentos em processo e equipamentos. Os especialistas dos departamentos de engenharia, processo, operação e manutenção da aciaria CSN participaram da concepção básica, especificação, projeto e montagem de todos os componentes deste novo sistema. Até 2001 a CSN somente dispunha do processo de dessulfuração de gusa em carro torpedo, que apresentava limitações quando comparado com o processo de dessulfuração em painéis. Os ganhos em produtividade e eficiência (capacidade de remoção de enxofre) do sistema em painéis eram muito superiores. A perspectiva de fabricação de tipos de aço com maiores restrições para presença de elementos residuais (em especial o enxofre), tornou fundamental o esforço em se buscar uma solução de baixo custo e eficiente. O mérito deste trabalho foi conseguir implantar em um curto espaço de tempo um novo sistema de dessulfuração, sem precisar de grandes investimentos.

Outro ponto que mereceu destaque na acumulação de competências tecnológicas em equipamentos foi a adaptação feita no desgaseificador a vácuo RH para aumento de sua capacidade produtiva. Desde da partida, este equipamento apresentava uma limitação de projeto que o tornava um gargalo para escoamento da produção. O tempo de fabricação de aços especiais no desgaseificador a vácuo RH excedia os tempos de processo em outros equipamentos. Para solução deste problema foi construído um time, composto por engenheiros do departamento de pesquisa e engenharia de projetos da CSN, da gerência técnica, da operação e da manutenção da aciaria. A solução técnica encontrada foi a modificação do projeto original e a adaptação de alguns componentes do desgaseificador. Através da realização de estudos de simulação computacional e experimentação em escala piloto e no campo, foram introduzidas modificações que permitiram que a taxa de circulação de aço no equipamento aumentasse. A taxa de circulação é uma variável de

processo fundamental para aceleração do tempo de fabricação de aços no desgaseificador a vácuo RH. Somente através do conhecimento técnico especializado em diferentes áreas do conhecimento pode-se realizar adaptações em equipamentos com o grau de complexidade do desgaseificador a vácuo RH. Os resultados finais, após a implantação da solução definitiva para o problema, foram a redução do tempo total de processo das corridas e a obtenção de teores do carbono inferiores aos alcançados até então. Esta adaptação colocou o equipamento da aciaria da CSN em condições de processo semelhantes aos equipamentos das melhores usinas siderúrgicas do mundo.

A capacitação técnica acumulada a partir da solução, com recursos próprios, de problemas tecnológicos em equipamentos, sugere que a aciaria da CSN acumulou competências tecnológicas no nível pré-intermediário para função equipamentos em 2001.

5. PROCESSOS DE APRENDIZAGEM

Este capítulo apresenta os processos de aprendizagem da aciaria da CSN, no período de 1997 a 2001. Os processos de aprendizagem foram descritos de acordo com a tabela II, e foram divididos em aquisição de conhecimento externo e interno, e em mecanismos de conversão de conhecimento pela codificação e pela socialização. A descrição desta seção fundamentará as análises que serão feitas no capítulo subsequente, que aborda a influência de processos subjacentes de aprendizagem na acumulação de competências tecnológicas. Estes processos foram descritos através das características chave dos processos de aprendizagem: a variedade, a intensidade, o funcionamento e a interação.

Os processos de aprendizagem na aciaria da CSN foram subdivididos em três fases distintas: a fase 1, que compreende os anos 1997 e 1998, mostra como ocorreu a modernização da aciaria, contribuindo para introdução de novos equipamentos e processos de fabricação de aços e implicando na capacidade de produzir novas especificações; a fase 2, que compreende os anos de 1999 e 2000, apresenta novos mecanismos de aprendizagem, que implicaram em aprimoramentos em processos, produtos e equipamentos; finalmente, a fase 3, no ano de 2001, quando a aciaria buscou novas fontes de aprendizagem tecnológica para ampliar seu portfólio de produtos e aprimorar seus processos e equipamentos para aumento da capacidade produtiva e melhoria da qualidade.

5.1. PROCESSO DE AQUISIÇÃO DE CONHECIMENTO EXTERNO

O processo de aquisição de conhecimento externo, como o nome sugere, são todas as atividades voltadas para ampliação de capacitação das pessoas cujas fontes são externas à empresa. Os processos de aquisição de conhecimento externo contribuíram significativamente para que novas competências fossem desenvolvidas e permitisse a

melhoria de performance em processo, produto e equipamentos. Para descrição da evolução desse processo, foram apresentadas como foi criado, usado e aprimorado este mecanismo de aporte de conhecimentos em três estágios: no primeiro, para modernização do processo de metalurgia secundária; no segundo, para o aprimoramento de processos, produtos e equipamentos; finalmente, no terceiro, para buscar soluções tecnológicas originais para eliminação de gargalos e melhoria de qualidade.

5.1.1. FASE 1: MODERNIZAÇÃO DO PROCESSO DE METALURGIA SECUNDÁRIA (1997 E 1998)

Interação com Fornecedor de Nova Tecnologia

Os anos de 1997 e 1998 foram anos em que ocorreu um grande esforço de adequação ao novo sistema de tratamento metalúrgico do aço na aciaria. Durante estes anos, estavam sendo montados dois dos mais importantes equipamentos da CSN: o Desgaseificador RH e o Forno Panela. A fase de montagem foi conduzida paralelamente a um trabalho de aquisição de conhecimentos externos sobre os componentes e facilidades destes novos equipamentos, bem como dos processos metalúrgicos envolvidos na elaboração de aços por estes novos processos. Para que a operação dos novos sistemas fosse bem sucedida, foi necessária uma forte interação com os fornecedores estrangeiros da nova tecnologia. Este trabalho teve início em 1997 e se estendeu até 1998, quando foi dada a partida nos novos equipamentos e iniciou o período de comissionamento (operação assistida). Durante essa fase, além das informações técnicas sobre os controles de processo, os engenheiros, técnicos e operadores participaram do acompanhamento da montagem de cada componente, entendendo também o funcionamento de todo sistema físico.

Cursos Externos em Metalurgia Secundária

Além das informações adquiridas pela interação com os engenheiros estrangeiros, ocorrida durante a fase de projeto, montagem e comissionamento da nova planta, foram feitos alguns cursos externos para aprimoramento das concepções teóricas de cada processo. Os cursos foram contratados pela CSN, ministrados na própria empresa pela Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais (ABM) e contou com a participação de todos os engenheiros e técnicos das gerências de operação e de desenvolvimento técnico. Estes cursos foram ministrados por profissionais com larga experiência na produção de aços pelos novos processos. A abrangência dos cursos permitiu o nivelamento dos conhecimentos técnicos das pessoas diretamente envolvidas com os novos processos, auxiliando nas etapas subseqüentes de aprendizado.

Visitas Técnicas ao Exterior

Uma etapa importante na aquisição de novos conhecimentos foi a visita a empresa British Steel, que já operava com os novos equipamentos. A partir desta visita, pôde-se avaliar em detalhes as particularidades de cada processo de produção e os recursos necessários para operar cada um. Esta visita também auxiliou na definição do melhor leiaute para escoamento da produção, manutenção dos componentes dos equipamentos e o nível de competência necessário para qualificação dos operadores.

Visitas Técnicas a Empresas Nacionais

As visitas técnicas às empresas estrangeiras tiveram um objetivo bem definido: estabelecer os limites do projeto e permitir identificar as competências necessárias para fabricação de aços especiais através dos novos processos. As visitas às empresas nacionais AÇOMINAS e CST tiveram um enfoque mais prático, no sentido de treinar os operadores no novo processo de fabricação, colocando em contato direto desde engenheiros até os

operadores de campo da aciaria CSN com os das empresas visitadas. Durante esse processo, a troca de experiências entre os grupos foi fundamental para acelerar a curva de aprendizado após a partida dos novos equipamentos. Pode-se atribuir a essa etapa uma importância significativa, pois os conhecimentos adquiridos nesta fase permitiram que as particularidades de cada uma fossem entendidas e adequadas às realidades da aciaria da CSN.

Consulta a Literatura Técnica Disponível

Um trabalho que antecedeu as visitas foi o estudo da literatura existente sobre os processos de metalurgia secundária existentes no mundo. Essa pesquisa bibliográfica foi feita pelos engenheiros da CSN e visava identificar os processos que melhor atendiam as necessidades da empresa para atendimento ao mercado, que demandava novas especificações de aço. O estudo das diferentes concepções de cada equipamento permitiu que uma análise crítica fosse feita e, através de discussões internas, escolhidas as melhores alternativas para preenchimento das necessidades da empresa. Após inúmeras discussões técnicas foram agendadas as visitas para conhecimento *in loco* das possibilidades de cada processo. Certamente, a escolha das novas tecnologias seria comprometida caso não houvesse um aprofundamento na literatura sobre o assunto.

Formação de Profissionais de Nível Superior com Projetos Voltados para Novas Tecnologias

A aciaria da CSN adotou outra medida importante para acumulação de competência tecnológica em processo de fabricação: a formação de engenheiros metalúrgicos com projetos finais voltados para as novas tecnologias. Durante essa fase, quatro funcionários da aciaria que encontravam-se cursando engenharia metalúrgica na Universidade Federal Fluminense, situada em Volta Redonda, tiveram suporte da gerência

de aciaria para desenvolverem trabalhos que explorassem a fabricação de aço pelo processo de metalurgia no Desgaseificador RH ou Forno Panela. O aporte de conhecimento teórico, associado ao conhecimento prático adquirido por estes jovens técnicos durante os anos de trabalho na aciaria, permitiu uma combinação de competências extremamente útil para transformação de conceitos teóricos em padrões e procedimentos de rotina da planta. Estes novos engenheiros foram promovidos assim que terminaram o curso superior e passaram a integrar o corpo técnico, contribuindo para o desenvolvimento dos novos processo e produtos.

Importação de *expertise*

A CSN precisava acelerar a taxa de conhecimento de seus funcionários nos novos processos de metalurgia secundária. Além do esforço coletivo, estudando os novos processos e participando de treinamentos e cursos externos, houve importação de *expertise*. A contratação de dois engenheiros com larga experiência nos processos de desgaseificação a vácuo e metalurgia em forno panela, ajudou a aumentar o fluxo de novos conhecimentos. Essa troca de conhecimentos ocorreu das mais variadas maneiras, indo desde cursos internos até a confecção de padrões e especificação de insumos e matérias-primas. A contribuição dada por estes engenheiros permitiu que a aciaria da CSN partisse de um ponto mais avançado e que assim atingisse os estágios de acerto de processo em um tempo menor do que aquele precedido por inúmeras tentativas e erros.

5.1.2. FASE 2: APRIMORAMENTO DOS PROCESSOS, PRODUTOS E EQUIPAMENTOS (1999 E 2000)

Assistências Técnicas Externas

Após a instalação dos novos equipamentos de metalurgia secundária da aciaria (Desgaseificador RH e Forno Panela), iniciou-se uma fase de intenso aprendizado para desenvolvimento de novos processos de fabricação de aço, técnicas de operação e manutenção dos novos equipamentos, e a produção de novos produtos. Dentro dessa linha de ação, foram contratadas duas assistências técnicas externas. Estas assistências tinham como objetivo principal aprimorar os processos de fabricação de aços especiais. A primeira fase foi feita com a empresa alemã Thyssen Krupp Stahl, e objetivava o desenvolvimento de técnicas para produção de aços para fabricação de embalagens metálicas; a segunda, com a companhia japonesa Kawasaki Steel Corporation, estava voltada para o aprendizado de processos de fabricação de aços para indústria automobilística. Em ambos os casos houve um forte intercâmbio entre os engenheiros de cada empresa e os da CSN. Através de visitas técnicas de especialistas da Thyssen e da Kawasaki a CSN, seguida de viagens ao exterior por parte dos engenheiros da CSN, houve um fluxo de conhecimento entre as empresas. O resultado foi positivo, pois a partir destes trabalhos pôde-se acelerar a curva de aprendizado na operação dos novos processos, implicando na ampliação do portfólio de produtos fabricados, em especial os aços IF para indústria automobilística e o DWI, para latas de bebidas carbonatadas fabricadas em duas peças. Os ganhos advindos da aprendizagem tecnológica ocorrida durante esse período permitiu o aumento da participação da CSN no mercado de aços especiais e, consequentemente, da competitividade da empresa no cenário mundial.

Visitas Técnicas ao Exterior

Entre as atividades de aquisição de conhecimento externo compreendidas na assistência técnica com empresas estrangeiras estavam as viagens ao exterior. As viagens realizadas a Alemanha (Thyssen), Japão (Kawasaki) e Inglaterra (British Steel) permitiram o acesso a algumas práticas típicas de cada empresa, presentes no conhecimento tácito daquelas pessoas que operam as máquinas ou solucionam problemas do dia a dia. Além da componente intrínseca de cada processo, diversas recomendações formais (conhecimentos codificados) foram documentadas e apresentadas sob forma de relatórios. Todo material fornecido como parte do trabalho de transferência de conhecimentos foi colocado em discussão por times formados por especialistas de cada processo. O resultado deste trabalho foi a implementação de novos padrões técnicos e operacionais, e de novas práticas de fabricação de novos produtos.

Visitas Técnicas a Empresas Nacionais

Outro ponto importante para aquisição de novos conhecimentos foi a continuidade dada ao processo de visitas técnicas a empresas nacionais. Entre as diversas visitas, pode-se destacar aquelas realizadas na CST, na Cosipa, na Belgo Mineira e na Acesita. Em cada uma destas empresas havia um objetivo bem definindo: obter informações que permitissem a melhoria do processo de fabricação de aços específicos. Como cada uma destas empresas já operava com equipamentos semelhantes aos recém instalados na CSN, novas informações colhidas junto a seus especialistas puderam ser convertidas de forma a ajustar as técnicas de produção.

Projetos em Parceria com Fornecedores

Uma atividade que contribuiu para o acúmulo de competências tecnológicas na aciaria da CSN foi a parceria formada com empresa Magnesita, fornecedora de materiais

refratários para os conversores e para placas de aço. No passado, a relação entre a CSN e este fornecedor se limitava a transação comercial. Entretanto, a partir de 1999 houve um estreitamento desta relação e algumas das atividades de reparo de conversores e placas foram terceirizadas e então passaram ser feitas pela própria Magnesita. A partir desta nova fase, os problemas de ordem tecnológica passaram a ser solucionados de forma compartilhada. O fato da Magnesita ser uma empresa especializada em materiais refratários, desenvolvendo pesquisa e estabelecendo parcerias com empresas da fronteira tecnológica em sua área de competência, ajudou a acelerar a atualização de conhecimentos necessários a melhoria de performance no processo de alongamento da campanha dos refratários usados na aciaria, aumentando a disponibilidade dos conversores e placas de aço e, por conseguinte, contribuindo para elevação da produtividade e redução dos custos de produção. A alteração do perfil dos refratários das placas e dos conversores, apresentados na seção 4.1.3, é um exemplo dessa experiência bem sucedida. Através dessa interação com o fornecedor, os profissionais de ambas as empresas puderam ampliar seus conhecimentos técnicos e solucionar problemas de maneira compartilhada.

Projetos em Parceria com Clientes para Desenho de Novas Especificações para Indústria Automobilística

A fabricação de novas especificações para indústria automobilística também foi fruto de esforços de aprendizado contínuos junto aos clientes. Esta prática permitiu que novas especificações, algumas originais, pudessem ser desenhadas para atendimento a requisitos de qualidade específicos. Em função das montadoras brasileiras produzirem modelos mundiais de automóveis e exportarem para as mais variadas partes do mundo, houve a necessidade de se acompanhar tecnologicamente as demandas por materiais mais elaborados e com características de qualidade semelhantes às aquelas fornecidas nos países desenvolvidos tecnologicamente. Para que essa ideia se tornasse realidade, houve uma

aproximação do departamento de assistência técnica da CSN com as montadoras. A transformação das necessidades dos clientes em especificações foi feita através de discussões regulares entre os engenheiros de assistência técnica, os engenheiros do centro de pesquisa da CSN e os engenheiros das unidades industriais. O trabalho de conversão de projetos de novas peças para os automóveis em produtos siderúrgicos percorreu um caminho marcado pela acumulação de novas competências tecnológicas, de modo a permitir a definição dos processos de fabricação mais adequados aos produtos de acordo com suas aplicações finais. Outro ponto a ser destacado é a interação que existiu entre todas as partes envolvidas no desenvolvimento de novos produtos. A troca de conhecimentos específicos de cada especialista auxiliou na composição de um conhecimento global dos processos e, como consequência, acelerou a produção de aços especiais.

Treinamento Externo em Controle Estatístico de Processo para Nucleadores

Paralelamente ao acúmulo de conhecimentos através das atividades mencionadas acima, novas técnicas para tratamento estatístico de dados de processo foram implantadas. A principal foi a introdução do controle estatístico de processo (CEP). O desenvolvimento desta técnica se deu em duas etapas, na primeira, foram indicados alguns nucleadores para participar de cursos externos contratados junto a Fundação de Desenvolvimento Gerencial; e na outra, pela difusão dos novos conhecimentos adquiridos pelos nucleadores através de cursos internos para os demais profissionais de cada área.

Curso Externo no Sistema SAP/R3 para Nucleadores

Um dos grandes projetos implantados pela CSN foi a mudança do sistema de integração de informações da usina, que passou de terminais IBM para o sistema SAP/R3. A implantação do sistema SAP/R3 ocorreu em três etapas: realização de cursos externos,

ministrados pela empresa Andersen Consulting; desenho de um sistema para adequação aos processos da CSN, coordenado também pela Andersen Consulting; e treinamentos internos para todos os níveis da empresa. Para as duas primeiras fases foram indicados alguns nucleadores de cada gerência, que adquiriram os conhecimentos sobre o novo sistema e ajudaram no desenvolvimento dos projetos de ajuste dos programas. Estes mesmos nucleadores foram responsáveis pelos treinamentos internos, realizados em uma etapa subsequente, durante a implantação.

5.1.3. FASE 3: SOLUÇÕES TECNOLÓGICAS ORIGINAIS PARA ELIMINAÇÃO DE GARGALOS E MELHORIA DE QUALIDADE (2001)

Curso de MBA para os Gerentes

Em 2001, a CSN investiu no aprimoramento técnico do seu corpo gerencial, associando-se a Fundação Dom Cabral, em Belo Horizonte, para oferecer o curso de MBA para seus gerentes. Através deste curso, os gerentes puderam atualizar seus conceitos de gestão e desenvolver novas técnicas gerenciais voltadas para o aprimoramento tecnológico das unidades produtivas.

Projetos em parceria com centros de pesquisa externos

Em 2001, a CSN estreitou seu relacionamento com alguns centros de pesquisa para desenvolvimento de projetos conjuntos. Entre essas associações externas, pode-se destacar o trabalho realizado junto ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) da Universidade de São Paulo (USP) para desenvolvimento dos aços para fins elétricos. Através das informações técnicas obtidas pelas caracterizações das propriedades magnéticas feitas pelo IPT dos diferentes tipos de aços fabricados pela CSN, ajustes nos processos e produtos puderam ser feitos no sentido de aprimorar as especificações e atender as necessidades dos

clientes. Os resultados alcançados foram altamente positivos e a qualificação do material fornecido pela CSN figura entre as melhores do mundo.

Projetos em Parceria com Clientes

O amadurecimento do relacionamento da CSN com seus clientes criou parcerias que renderam ótimos resultados para ambos. O fato de poder estar próximo às linhas de produção permitiu que as características especiais de qualidade dos produtos finais pudessem ser traduzidas em processos mais adequados. Aliado ao aprendizado adquirido em reuniões técnicas e na solução compartilhada de problemas com os clientes, um forte esforço interno foi feito para criação de especificações originais. Os trabalhos desenvolvidos junto as empresas Embraco e Tecumseh para fornecimento de aços para fins elétricos; com a Borlem, para fabricação de rodas automotivas; e com as montadoras General Motors, Ford, Volkswagen e Fiat ajudaram de forma significativa na acumulação de novas competências através do aprendizado tecnológico.

Visitas Técnicas a Empresas Nacionais

As visitas técnicas a empresas nacionais, principalmente usinas siderúrgicas, tem sido uma rotina ao longo da trajetória da CSN. Ao longo do tempo, a aciaria da CSN tornou esse mecanismo de aquisição de conhecimento mais objetivo e direcionado a solução de problemas específicos. A permanente busca de alongamento da capacidade produtiva dos equipamentos, motivou visitas a CST e Cosipa, que dispunham de sistemas de coordenação da produção e equipamentos instalados que poderiam auxiliar na eliminação de gargalos. A partir dessas visitas e de estudos realizados internamente, foi desenvolvido com recursos próprios um modelo matemático de simulação da produção para identificação de gargalos e determinação de possíveis melhorias que poderiam ser implantadas para elevar a produtividade da linha de produção.

Projetos em Parceria com Fornecedores

A parceria com fornecedores tem tido um papel importante no desenvolvimento de competências tecnológicas na aciaria da CSN. Como mencionado na subseção anterior, através da busca de solução de problemas da planta, algumas associações foram muito bem sucedidas. Em 2001, este tipo de associação resultou na instalação de um sistema de dessulfuração em painéis de gusa, processo mais eficiente do que o tradicional, realizado em carro torpedão. A instalação desse novo equipamento permitiu a produção de aços com elevado requisito de qualidade e redução no tempo de tratamento metalúrgico (ganho de produtividade). A aquisição de conhecimentos ocorreu principalmente durante a definição do layout da nova estação de tratamento e dos possíveis insumos e equipamentos que seriam usados. A experiência do fornecedor auxiliou na escolha de processos mais econômicos e que resultam em produtos com melhor qualidade.

Cursos Externos na Norma ISO 14001 para Nucleadores

A exemplo do que foi feito para a implantação do CEP e do sistema SAP/R3, os trabalhos voltados para certificação ISO 14001 tiveram início com uma atividade externa: a participação de grupos de nucleadores em cursos sobre a política ambiental, prevista nas legislações municipal, estadual e nacional, e na própria norma. A aquisição de conhecimento por meio de cursos externos foi fundamental para que o grupo de nucleadores difundisse os conceitos necessários aos demais funcionários das gerências. A CSN desenvolveu os trabalhos preparatórios para certificação apenas com recursos próprios, sem importação de *expertise*, aproveitando os profissionais com experiência em sistema de garantia da qualidade (QS 9000 e ISO 9001) e controle de meio ambiente das áreas. Este grupo desenvolveu em uma segunda etapa um forte trabalho interno para mapeamento de processos e de fontes poluidoras e identificação de pontos de monitoramento para prevenção de agressão ao meio ambiente.

5.2. PROCESSO DE AQUISIÇÃO DE CONHECIMENTO INTERNO

Os processos de aquisição de conhecimento interno são aquelas atividades realizadas dentro da própria empresa para transmissão de novos conhecimentos. Este processo pode ser empregado para canalizar o conhecimento adquirido externamente, ou para difundir o conhecimento tácito das pessoas. Entre as atividades desta natureza, figuram os cursos internos, a padronização de atividades, a formação de grupos de estudo para solução de problemas, etc.. A descrição dos processos no período considerado no estudo segue a mesma divisão em fases, usada na subseção anterior.

5.2.1. FASE 1: MODERNIZAÇÃO DO PROCESSO DE METALURGIA SECUNDÁRIA (1997 E 1998)

Cursos Internos

Os conhecimentos externos foram canalizados para dentro da aciaria da CSN através de cursos internos. O conteúdo destes cursos variava de acordo com a necessidade das unidades envolvidas na operação e manutenção dos equipamentos. Conforme citado anteriormente, os engenheiros contratados tiveram uma participação ativa na montagem do conteúdo, preparação de material didático e proferição dos cursos. O resultado foi positivo e teve impacto direto sobre a performance operacional após a partida dos equipamentos. Os cursos internos, que abrangiam novas técnicas de processo para produção de aços especiais e para manutenção de equipamentos, tiveram um efeito multiplicador dos conhecimentos adquiridos externamente.

Estudos para Alongamento da Capacidade Produtiva

A introdução de novos equipamentos de metalurgia secundária (Desgaseificador RH e Forno Panela) em 1998 proporcionou uma condição totalmente nova para aciaria da

CSN. A colocação de duas novas rotas no fluxo de produção afetou de forma significativa a coordenação entre os equipamentos. Outro aspecto importante foi o aumento no número de variáveis que deveriam ser controladas para assegurar que o trânsito de placas de aço não se tornasse caótico e impedisse com isso a continuidade dos processos subsequentes. Para solucionar problemas dessa natureza, foram montados times multifuncionais, que contavam com especialistas das gerências de operação, de desenvolvimento técnico, de manutenção e do departamento de engenharia, que identificavam gargalos e analisavam as variáveis que poderiam ser alteradas no sentido de alongar a capacidade produtiva da planta.

Engenharia Reversa de Produtos

Após a partida do Desgaseificador a Vácuo Tipo RH e do Forno Placa, uma série de ações foram tomadas no sentido de adquirir os conhecimentos necessários para operação e manutenção dos novos equipamentos, bem como para melhoria nos processos. Além das atividades externas, tais como cursos, treinamentos e visitas técnicas, a engenharia reversa representou uma importante fonte de novos conhecimentos. Para realização desta atividade, foram feitas diversas visitas técnicas aos principais clientes e empresas siderúrgicas para identificação de produtos novos que poderiam compor o portfólio da CSN. Uma vez identificados os novos produtos, eram solicitadas diversas amostras de aços especiais e, então, iniciado o processo de classificação da especificação. Os principais itens verificados pelos especialistas da aciaria da CSN eram a composição química e o grau de limpeza interna do material (presença de elementos prejudiciais aos processos de fabricação nos clientes finais). A partir destas informações, novos processos e produtos podiam ser desenhados de forma a garantir o atendimento às características de qualidade exigidas pelos clientes.

Formação de Times para Padronização de Atividades

Muitos dos conhecimentos adquiridos durante a implantação dos novos processos de metalurgia secundária precisavam ser codificados para se tornarem rotinas e garantirem a repetibilidade de resultados. A formação de times, compostos por especialistas com maior experiência em processo, produto e equipamento, permitiu que, durante as atividades de padronização dos procedimentos operacionais, houvesse uma troca de conhecimentos, ampliando os conhecimentos coletivos necessários para futuros desenvolvimentos. Com isso, cada profissional aumentava sua visão global do sistema de produção, identificando com maior segurança como suas atividades poderiam contribuir para atingir melhores resultados no futuro.

Projetos em Parceria entre Gerência Técnica, Manutenção e Operação

Anualmente, uma série de oportunidades de melhoria de resultados operacionais são identificadas. O levantamento de problemas crônicos da linha de produção resultam em projetos de melhoria. Dependendo da natureza do problema, os trabalhos podem ser coordenados pelo grupo de operação, de desenvolvimento técnico ou manutenção de equipamentos. Em muitos casos, os problemas não são exclusivamente pertencentes a uma única área de competência. Nestes casos, há formação de grupos multi-disciplinares que podem envolver especialistas de todas estas áreas. Os projetos em parceria com outras gerências têm sido frequentes na aciaria da CSN e, em muitos casos, resultam em alterações de projetos e introdução de melhorias voltadas para aumento de produtividade, segurança operacional e qualidade dos produtos.

Participação na Especificação, Análise Técnica e Montagem de Equipamentos e Processos

Uma atividade que contribui para a acumulação de competências tecnológicas na aciaria da CSN é a participação de seus profissionais em especificações de equipamentos, processos e produtos; análise técnica de projetos; e acompanhamento em montagem e partida de equipamentos. O envolvimento das pessoas desde de a concepção básica dos empreendimentos até sua realização permite que novos conhecimentos sejam adquiridos, principalmente pela troca de experiências e pelas discussões técnicas realizadas para solução de problemas. Esta participação representa um esforço próprio no sentido de assegurar que as soluções encontradas sejam as mais adequadas às realidades operacionais da aciaria da CSN.

Experiência Através da Rotina de Produção

As atividades de rotina têm ajudado na compreensão dos principais elementos que influenciam no desempenho dos equipamentos e dos processos. Através da experiência adquirida com atividades do dia a dia, os operadores, supervisores e *staff* técnico podem identificar oportunidades para introdução de melhorias e propor adaptações em processos, produtos ou equipamentos.

Formação de Grupos de Círculo de Controle de Qualidade (CCQ)

Uma atividade que tem contribuído para melhoria dos resultados operacionais da aciaria da CSN é a formação de grupos de CCQ. Estes grupos são constituídos exclusivamente por funcionários do chão de fábrica e visam estimular a busca de soluções originais para problemas do dia a dia. Como os operadores e os grupos de manutenção encontram-se diretamente envolvidos com as atividades de rotina da planta, estes identificam anomalias que poderiam ser “invisíveis” para aqueles que não participam

diretamente da rotina de produção. Os resultados alcançados têm proporcionado redução dos custos de produção, melhoria de qualidade dos produtos e maior segurança operacional. Adicionalmente, a interação entre as pessoas e a implantação e divulgação dos trabalhos realizados têm um efeito multiplicador do conhecimento gerado durante a solução dos problemas.

5.2.2. FASE 2: APRIMORAMENTO DOS PROCESSOS, PRODUTOS E EQUIPAMENTOS (1999 E 2000)

Projetos em Parceria com Departamento de Engenharia

Uma prática que se intensificou a partir de 1999 foi a realização de projetos em parceria com o departamento de engenharia da CSN. Estes projetos são realizados principalmente para introduzir adaptações em equipamentos. Na verdade, esta é uma associação necessária, pois através dessa parceria pode-se juntar os conhecimentos específicos de projetos e especificações de equipamentos por parte dos profissionais do Departamento de Engenharia, com os conhecimentos de processo do grupo de *staff* técnico da aciaria e os conhecimentos da rotina de funcionamento dos equipamentos das equipes de operação e de manutenção. A exemplo do que ocorre em outras atividades coletivas, que envolvem diferentes especialidades, a troca de conhecimentos permite a acumulação de novas competências e proporciona oportunidades de introduzir adaptações nos equipamentos, melhorando seus desempenhos.

Engenharia Reversa de Novas Especificações de Aço

As atividades voltadas para aumento no número de especificações produzidas na aciaria da CSN teve na engenharia reversa de produtos uma grande aliada. A caracterização de novas ligas a partir da investigação de materiais fornecidos por

siderúrgicas da fronteira tecnológica permitiu a descoberta de novas técnicas de produção (novos processos de fabricação) e a criação de produtos originais (adaptações). A integração de conhecimentos técnicos de especialistas dos departamentos de assistência técnica, de pesquisa e de desenvolvimento técnico da aciaria permitiu a descoberta de novas especificações, contribuindo para o aumento do portfólio de produtos da CSN.

Projetos em Parceria com Centro de Pesquisas da CSN

A partir de 1999, o centro de pesquisas da CSN se estruturou para desenvolver projetos voltados para fabricação de novos produtos a partir da interação externa com os clientes finais, e interna, com as linhas de produção da usina. A definição de projetos em carteira e a formação de times integrados por profissionais de todas as linhas que compõem o fluxo de produção dos produtos permitiu que as necessidades dos clientes fossem traduzidas em processos e produtos, reduzindo o tempo de desenvolvimento de novas especificações. A parceria com o centro de pesquisa da CSN proporcionou a aciaria o aporte de novos conhecimentos, especialmente aqueles relacionados às características dos produtos finais, aumentando assim adequação dos processos de produção aos produtos em desenvolvimento.

Treinamento Interno em Controle Estatístico de Processo para todo *Staff*

Inicialmente, os cursos externos de CEP foram feitos apenas por um grupo de pessoas (nucleadores). Estas pessoas foram responsáveis pela multiplicação dos conceitos teóricos do controle estatístico de processo para toda unidade. Houve portanto uma mobilização geral e os nucleadores prepararam apostilas e lecionaram cursos internos para todos os níveis.

Reuniões Semanais para Acompanhamento do Desenvolvimento e do Desenho do Sistema SAP/R3

Antes da implantação do sistema SAP/R3, houve um período em que alguns representantes da aciaria da CSN compuseram o time responsável pela estruturação do programa e desenho dos sub-sistemas que o compõe. Durante este período, havia reuniões semanais na própria aciaria para acompanhamento dos trabalhos e discussão de pontos que deveriam ser considerados na composição do novo sistema. Nestas reuniões, os representantes da aciaria traziam informações sobre o andamento dos trabalhos e mostravam algumas novas aplicações desenvolvidas até aquele momento. A interação entre os representantes da aciaria e o *staff* técnico permitiu que os profissionais do *staff* adquirissem novos conhecimentos sobre as características do SAP/R3 antes de sua implantação, facilitando a compreensão de suas funcionalidades antes dos cursos internos.

Ampliação no Número de Grupos de Círculo de Controle da Qualidade (CCQ)

Os trabalhos de CCQ têm se constituído em uma ótima ferramenta para troca de conhecimentos entre os funcionários de chão de fábrica, além de permitir adaptações importantes em processos e equipamentos, representando redução de custos de produção e melhoria nas condições de segurança para os operadores. A ampliação no número de grupos de CCQ foi uma iniciativa no sentido de aumentar a participação dos operadores e difundir novos conhecimentos.

5.2.3. FASE 3: SOLUÇÕES TECNOLÓGICAS ORIGINAIS PARA ELIMINAÇÃO DE GARGALOS E MELHORIA DE QUALIDADE (2001)

Treinamentos Internos no Sistema SAP/R3 para Todos os Níveis

A implantação do sistema SAP/R3 foi feita através do treinamento intensivo de todos os funcionários que operavam com o sistema IBM ou que necessitariam operar com o SAP/R3. Desde os gerentes até os operadores de equipamentos foram treinados através de cursos internos, ministrados pelos próprios representantes da aciaria, e simulações no posto de trabalho. Com isso, pôde-se operar com o sistema SAP/R3 paralelamente ao IBM para verificação de possíveis falhas e correção dos problemas identificados. A implantação foi bem sucedida e, apesar das dificuldades iniciais, a utilização dos novos recursos permitiram que seus benefícios pudessem ser alcançados.

Projetos em Parceria entre de Engenharia, Manutenção e Operação

Embora os projetos realizados na aciaria da CSN sejam, sempre que há necessidade, conduzidos em conjunto com outras gerências, cabe ressaltar aqui que a intensidade desta relação aumentou com o passar do tempo. Todos trabalhos que necessitam alteração de projetos ou adaptações em equipamentos, são feitos em times compostos por especialistas multi-disciplinares. A interação matricial entre diferentes áreas do conhecimento têm permitido avanços significativos sobre a disponibilidade de equipamentos e aumento de capacidade dos processos.

Projetos em Parceria com Centro de Pesquisa da CSN e Outras Gerências

Em 2001, houve uma aproximação entre as gerências de desenvolvimento técnico da aciaria e as gerências de pesquisa e de desenvolvimento técnico das linhas de laminação. Além de haver uma agenda de reuniões semanais para discussão dos principais projetos de desenvolvimento de produtos, diversos grupos são formados para tratamento

de anomalias observadas nas linhas de produção. Estes grupos são compostos por representantes das áreas da usina que participam do fluxo de produção de um determinado produto. Por exemplo, há um grupo de especialistas específico para acompanhamento do aço DWI, para fabricação de latas de duas peças para bebidas carbonatadas (refrigerantes, cerveja etc.). Este grupo discute semanalmente como foi a produção em cada equipamento e avalia a relação entre os processos no sentido de aprimorar os mesmos e torná-los mais eficientes. Assim como o grupo que trata do desenvolvimento do aço DWI, existem outros, que tratam assuntos específicos e constituem uma ótima oportunidade de aquisição e integração de conhecimentos.

Reuniões Técnicas para Apresentação de Projetos e Troca de Conhecimentos Tácitos

Uma prática intensificada em 2001 foi a realização de reuniões técnicas para apresentação de projetos. Estas reuniões têm como objetivo principal o acompanhamento da evolução dos projetos em carteira, mas paralelamente conhecimentos tácitos são trocados entre os participantes, que são estimulados a participar com perguntas e sugestões. Adicionalmente algumas técnicas de análise e solução de problemas são discutidas.

Treinamentos Internos na Política Ambiental da CSN (ISO 14001)

A CSN tem investido na preservação ambiental através da instalação de processos de tratamento de efluentes, captação de gases e particulados e redução da emissão de agentes poluentes. Entretanto investimento em sistemas físicos faz parte de uma fração das ações voltadas para preservação do meio ambiente. Em 2001, a CSN iniciou os trabalhos para certificação na norma ISO 14001. Conforme mencionado no item 5.1.3, uma série de cursos externos foi feita por agentes nucleadores de cada unidade. Estes agentes foram responsáveis, então, pela difusão dos conceitos da norma ISO 14001 para todos os níveis

da aciaria. Para transmitir o conteúdo da norma foram ministrados cursos internos e treinamentos de consenso de padrões voltados para política de meio ambiente da CSN. A partir destes treinamentos, cada funcionário pôde entender seu papel para garantir o atendimento a norma e auxiliar na preservação do meio ambiente.

Ampliação do Número de Grupos de Círculo de Controle de Qualidade (CCQ)

A exemplo do que ocorrera nos anos anteriores, a formação de novos grupos de CCQ foi estimulada. Esta política de incentivo tem proporcionado benefícios para as unidades gerenciais e vem se mantendo como um dos pilares de sustentação do TQC no nível operacional na aciaria da CSN.

5.3. MECANISMO DE SOCIALIZAÇÃO DO CONHECIMENTO

Além dos processos usados para aquisição de conhecimentos (externos e internos) pela empresa, será descrito a seguir os mecanismos de conversão destes conhecimentos através da socialização. A socialização é um mecanismo em que o aprendizado ocorre de maneira informal (não codificada), seja através da observação e do acompanhamento da forma como alguma atividade é executada, seja através de discussões técnicas.

5.3.1. FASE 1: MODERNIZAÇÃO DO PROCESSO DE METALURGIA SECUNDÁRIA (1997 E 1998)

Treinamento no Posto de Trabalho

Uma forma de socialização do conhecimento tradicionalmente empregada pela aciaria da CSN é o treinamento no posto de trabalho. Esta atividade é realizada por um profissional experiente e por um iniciante. O treinamento é feito através da leitura e interpretação dos padrões, e do acompanhamento, observação e execução assistida das

operações que compõem as competências de uma determinada função. As atividades são transmitidas tanto sob forma verbal como pela execução pelo operador mais experiente. Cabe ao operador iniciante acompanhar cada passo e reproduzir as atividades conforme demonstrado. Para que um operador seja qualificado ele deve passar por exames orais e práticos.

Acompanhamento de Corridas Durante Fase Experimental de Produção de Novos Tipos de Aço

Uma prática comum durante a produção de novos produtos na aciaria da CSN é a fase de produção experimental, quando os processos são ajustados para se tornarem rotinas. Na fase de experimentação a responsabilidade pelo desenvolvimento de processos é da gerência de desenvolvimento técnico da aciaria. Após definir os padrões de produção de um aço experimental, os engenheiros da gerência técnica fazem acompanhamentos das corridas nos próprios equipamentos para verificação do índice de acerto alcançado e identificação de pontos que podem ser melhorados para tornar o processo capaz. A interação entre engenheiros e operadores proporciona a troca de experiências entre estes. Com isso, os engenheiros adquirem conhecimentos das práticas operacionais do chão de fábrica e os operadores passam a entender os fundamentos teóricos necessários para fabricação dos aços em desenvolvimento. Este processo de contato direto entre as pessoas é contínuo e informal, e permite que os padrões sejam os mais adequados às práticas operacionais.

Reuniões de Análise Semanal

Tanto a gerência de aciaria quanto a de desenvolvimento técnico realizam reuniões semanais para discussão dos itens de controle das unidades operacionais. Os índices de desempenho em equipamento, processo e produto são discutidos pelo *staff* técnico,

responsável pela análise dos indicadores. A exposição dos argumentos e as explicações técnicas para os itens abordados são compartilhadas por todos, que participam com perguntas, sugestões ou simplesmente adquirem novos conhecimentos através da observação das discussões. Embora estas reuniões sejam formalmente estruturadas, seu conteúdo é, em parte, informal e uma grande quantidade de conhecimentos tácitos é adquirida pelas pessoas presentes.

Participação no seminário tecnológico interno

A aciaria da CSN iniciou em 1997 a realização de seminários tecnológicos anuais, onde são apresentados os trabalhos de maior importância para o atingimento das metas estabelecidas pela gerência. Os participantes deste seminário têm a oportunidade de conhecer em detalhes o conteúdo dos trabalhos selecionados e os resultados alcançados em cada um. A presença em seminários desta natureza tem proporcionado às pessoas aporte de conhecimentos importantes para integração de competências em suas atividades diárias. Apesar de cada trabalho apresentado estar formalizado em relatórios, arquivados na biblioteca da aciaria, o contato direto com os autores dos trabalhos permite o acesso a informações que não são detalhadas nos relatórios.

Participação nas Convenções de Círculo de Controle de Qualidade (CCQ)

A exemplo do que ocorre nos seminários tecnológicos, voltados para apresentação de trabalhos desenvolvidos pelo *staff* técnico, anualmente são realizadas convenções de CCQ. Nas convenções de CCQ são apresentados aqueles trabalhos que foram concluídos pelos grupos, formados por operadores do chão de fábrica, e encontram-se implantados nas áreas. As convenções contam com a participação em massa dos circunistas, integrantes de grupos de CCQ, além dos demais operadores, gerentes e *staff*. A participação nas convenções é informal e voluntária, mas em função da adesão dos funcionários e dos

crescentes resultados alcançados pelos grupos, pode-se afirmar que este mecanismo de transmissão de conhecimento tem atingido os objetivos de estimular a formação de novos grupos e melhorar o desempenho operacional.

Formação de Grupos para Tratamento de Anomalias

Uma prática comum na aciaria da CSN é o tratamento de anomalias ocorridas durante a produção pelo corpo técnico do *staff*. Quando há alguma ocorrência anormal no processo, tal como corrida com composição química fora do especificado, temperatura de vazamento muito baixo ou muito alta, ou reclamação de clientes, são criados grupos para análise dos fenômenos que levaram ao resultado indesejado. As análises envolvem os supervisores da operação e engenheiros ou técnicos do *staff*. Durante a avaliação dos fatos há troca de informações e de conhecimentos tácitos. Após a conclusão da análise, são propostas algumas ações, que ficam registradas em relatórios. Apesar deste procedimento estar formalizado, documentado, há uma componente informal, que é a interação entre as pessoas para busca de uma solução para o problema.

5.3.2. FASE 2: APRIMORAMENTO DOS PROCESSOS, PRODUTOS E EQUIPAMENTOS (1999 E 2000)

Sistema de Diagnóstico do Trabalho Operacional

Em 1999 foi implantado o sistema de diagnóstico operacional na aciaria da CSN. Esse sistema é uma auditoria que o supervisor executa durante seu turno para identificar se os padrões estão sendo cumpridos corretamente e, também, se os mesmos estão adequados e correspondem a realidade da área, não implicando em riscos de acidentes ou de desvios. Durante esta operação o supervisor faz observações diretas e orienta os operadores sobre

as maneiras mais adequadas para execução de suas funções. Através do diálogo os operadores adquirem novos conhecimentos e aperfeiçoam suas tarefas.

Formação de Grupos para Análise de Anomalias Potenciais

Os trabalhos de análise de anomalias sofreram uma melhoria em 2000, quando passou-se a analisar também os riscos potenciais de falha (FMEA). Através da FMEA; que é um documento e, portanto, figura como conhecimento codificado (que será tratado na próxima seção); os especialistas passaram a visualizar o processo como um todo, identificando pontos onde possíveis falhas poderiam ocorrer e propondo as contra medidas que deveriam ser tomadas para corrigi-las. Esta atividade proporcionou a oportunidade de agrupar em um mesmo evento especialistas de diferentes áreas. Através da formação de grupos foram estimuladas as trocas informais (não codificadas) de conhecimentos tácitos.

Formação de Grupos para Análise de Especificações e Preparação de Protocolos Técnicos

A partir de 1999, a CSN iniciou o processo de venda de placas para o mercado internacional, principalmente para os Estados Unidos da América, México e Inglaterra. Além da venda de placas, houve um incremento no número de especificações oferecidas ao mercado nacional e internacional, fruto do estreitamento da relação com os clientes finais. Para atendimento a estas demandas, foram necessários esforços para integrar conhecimento e acumular novas competências. Para tanto, foram formados grupos para análise de especificações de clientes. A acumulação de conhecimentos em produtos, fruto da integração com os departamentos de pesquisa e assistência técnica, e com os clientes finais, juntamente com a acumulação de competências em processos e equipamentos permitiu que as discussões técnicas resultassem em novos conhecimentos. Através do trabalho em equipe cada profissional pôde compreender melhor o conteúdo das

solicitações dos clientes, contido nas especificações, e os limites de seus processos para definição do protocolo técnico. A composição destes times auxiliou também na identificação de potenciais desenvolvimentos, necessários para atendimento a especificações mais rigorosas.

5.3.3. FASE 3: SOLUÇÕES TECNOLÓGICAS ORIGINAIS PARA ELIMINAÇÃO DE GARGALOS E MELHORIA DE QUALIDADE (2001)

Auditorias de Processo e Produto

Em 2001, a gerência de desenvolvimento técnico da aciaria da CSN iniciou um trabalho de identificação de parâmetros críticos nos processos de produção do aço, que tinham forte influência sobre a qualidade dos produtos. Feita a identificação, foram criadas planilhas com estes itens para realização de auditorias nos equipamentos. Estas auditorias visavam avaliar se os padrões especificados para cada parâmetro de processo estava adequado e se os produtos de cada processo se encontravam de acordo com o especificado. Tanto as atividades de identificação dos parâmetros de processo críticos e elaboração das planilhas, quanto as auditorias, realizadas no campo, em contato direto com os operadores, foram e têm sido uma forma de ampliar a interação entre profissionais de diferentes áreas, com diferentes perspectivas.

Reuniões de Projetos com Departamento de Pesquisa da CSN

As reuniões de projetos com os engenheiros do centro de pesquisas da CSN também ajudou a ampliar os conhecimentos, em especial sobre os produtos. As discussões para avaliação das melhores alternativas para atendimento de necessidades dos clientes, expressas através das especificações de aço, permitiram uma melhor compreensão de como os processos deveriam ser desenhados.

Formação de Grupos para Mapeamento de Processos de Produção

Outro trabalho importante para socialização de conhecimentos foi a formação de grupos para mapeamento de processos de produção da aciaria. O mapeamento é a identificação de tudo que acontece durante a produção, desde a entrada de matérias primas até a saída de produtos. Esta atividade foi realizada com o objetivo de se reavaliar todo sistema de garantia de qualidade da aciaria, procurando assegurar os resultados através de especificações corretas para insumos e matérias primas, padrões de processo adequados e, conseqüentemente, produtos em conformidade com as necessidades dos clientes. A coordenação desse trabalho foi da gerência de engenharia de produção. Os grupos, constituídos por especialistas da aciaria e da gerência de engenharia de produção, tiveram a chance de integrar seus conhecimentos durante os debates, aumentando a capacitação individual e coletiva. Enquanto os engenheiros da aciaria adquiriam conhecimentos sobre organização de produção e metodologia para identificação de pontos críticos para serem controlados, os da gerência de engenharia de produção puderam entender as questões específicas da unidade de aciaria. O resultado desse trabalho foi codificado sob forma de fluxogramas, mas as informações socializadas durante as reuniões favoreceram o aporte de novos conhecimentos, que são aplicados no dia a dia para solução de problemas relacionados com a análise e prevenção de falhas.

5.4. MECANISMO DE CODIFICAÇÃO DO CONHECIMENTO

A outra forma de difusão do conhecimento dentro da empresa é a codificação, isto é, a documentação de conhecimentos. A seguir são apresentados os mecanismos adotados para codificação do conhecimento na aciaria da CSN.

5.4.1. FASE 1: MODERNIZAÇÃO DO PROCESSO DE METALURGIA SECUNDÁRIA (1997 E 1998)

Padronização de Atividades e Processos

A padronização de atividades e processos de fabricação de aço tem sido uma prática regular na aciaria da CSN. A confecção dos padrões tem sido feita em consenso entre o *staff* técnico, que codifica os conhecimentos necessários, e o nível operacional, que valida a forma como as atividades são descritas nos padrões. A padronização tem representado um importante instrumento gerencial para auxiliar na garantia de estabilidade dos resultados operacionais.

Relatórios de Visitas Técnicas

Durante os períodos de concepção básica, análise de projeto, montagem dos equipamentos, partida e operação dos novos processos de metalurgia secundária (Desgaseificador RH e Forno Panela), foram realizadas diversas visitas técnicas a empresas nacionais e estrangeiras. Os conhecimentos adquiridos nestas viagens, descritas na seção 5.1, foram registrados em relatórios técnicos e disponibilizados a todos os funcionários da aciaria na biblioteca da gerência.

Manuais de Processo e Equipamentos

Todos equipamentos existentes na aciaria da CSN apresentam manuais de operação e manutenção. O conteúdo de cada manual é exaustivamente estudado e discutido com os fornecedores antes da partida dos equipamentos. Somente após a perfeita compreensão do conteúdo de cada documento se inicia a operação assistida dos novos equipamentos. Qualquer alteração de projeto, fruto de adaptações, é registrada nos manuais. Em alguns casos as especificações de materiais consumíveis ou componentes são modificadas e,

então, incluídas em desenhos ou nas listas técnicas de materiais. Os manuais funcionam como guias para realização de estudos de melhoria em equipamentos.

Relatórios de Análise de Anomalias

As análises de anomalias ocorridas em processos, produtos ou equipamentos são codificadas através de relatórios técnicos estruturados. O resultado das análises, as conclusões e as ações tomadas para solução dos problemas encontrados são registradas e arquivadas na biblioteca da aciaria. A documentação de tratamento de anomalias é um item avaliado pelas normas ISO 9001 e QS 9000 e respeita todas as formalidades quanto ao conteúdo necessário para atendimento às mesmas.

Relatórios dos Trabalhos Apresentados no Seminário Tecnológico Interno

Conforme mencionado na seção 5.3.1, a aciaria da CSN promove um seminário anual, onde são apresentados os principais trabalhos de cada gerência. Estes trabalhos são registrados em relatórios, que apresentam qual é o problema, quais foram as análises realizadas, as ações tomadas e os resultados alcançados. Estes relatórios são arquivados na biblioteca da CSN e servem de referência para solução de outros problemas. A codificação destes conhecimentos é mais uma maneira de formalizar parte do conhecimento tácito das pessoas, preservando a memória técnica da unidade e disponibilizando-a para consultas futuras.

Relatórios dos Trabalhos Apresentados nas Convenções de CCQ

A exemplo do que ocorre com os trabalhos apresentados nos seminários tecnológicos da aciaria, os trabalhos de CCQ também são registrados em relatórios e permanecem arquivados na biblioteca da aciaria da CSN. Assim como outros relatórios, os de trabalhos de CCQ expressam a memória técnica do nível operacional e constituem uma importante fonte de consultas para novos estudos de melhorias.

5.4.2. FASE 2: APRIMORAMENTO DOS PROCESSOS, PRODUTOS E EQUIPAMENTOS (1999 E 2000)

Relatórios de Visitas Técnicas a Outras Empresas

As visitas técnicas a outras empresas são ótimas fontes de novos conhecimentos. Através destas visitas pode-se obter informações valiosas para implantação ou modificação de equipamentos ou adaptações em processos. O conteúdo destas visitas é convertido para empresa de duas maneiras: a socialização, tratada na seção 5.3, e a codificação, que é feita sob forma de relatórios. A aciaria da CSN tem como regra a realização de visitas focadas na solução de problemas tecnológicos. Por essa razão, o registro do que foi observado e como isso pode ser útil para o caso da aciaria da CSN torna-se de fundamental importância.

Relatórios de Assistência Técnica

Além das visitas a outras empresas, o período de implantação de novas tecnologias de fabricação do aço foi marcado pelas assistências técnicas com as empresas Thyssen Krupp Stahl e Kawasaki Steel Corporation. Em ambos os casos, vários relatórios foram gerados e disponibilizados ao corpo técnico da aciaria para consulta. Este material auxiliou muito na definição dos processos de fabricação de aços especiais e até os dias de hoje servem como referência para novos desenvolvimentos.

Protocolos de Especificações de Produtos

Embora o processo de aciaria seja uma etapa intermediária no fluxo de fabricação de aço, algumas características do produto final são asseguradas ainda nesta fase. Assim sendo, itens como composição química e nível de limpeza interna (presença de elementos químicos perniciosos aos demais processos da cadeia produtiva) precisam ser controlados

no aço líquido. Portanto, todos os tipos de aço fabricados pela CSN precisam ser caracterizados quanto sua composição química e nível de limpeza interna. Os processos de fabricação de cada tipo de aço são desenhados de forma a garantir que o resultado final esteja de acordo com o especificado. O documento que apresenta as características de qualidade especificadas pelos clientes são os protocolos técnicos. Estes documentos traduzem as necessidades dos clientes para linguagem siderúrgica. Através das discussões técnicas para definição do conteúdo de cada protocolo e da formalização em um documento, pode-se codificar este tipo conhecimento adquirido.

Manuais de Treinamento no Sistema SAP/R3

A implantação do sistema SAP/R3 foi um dos maiores projetos realizados internamente na CSN. Houve uma mobilização em toda empresa, desde a fase de estudo do projeto até a implantação, o que exigiu forte empenho das pessoas, em especial dos nucleadores de cada área da usina. Durante a implantação do novo sistema, foram ministrados treinamentos intensivos para todos os níveis da empresa. Para realização dos treinamentos, foram preparados manuais e apostilas. Estes documentos foram concebidos para se tornarem guias para utilização no dia a dia, tornando o uso do sistema mais fácil e preciso.

Programa 5 “S”

O programa 5 “S”, iniciado ainda no princípio dos anos 1980, quando a CSN começou os trabalho para implantação do TQC em toda empresa, contribuiu para que as unidades gerenciais pudessem organizar seus postos de trabalho e torná-los mais adequados às pessoas e agradáveis de se trabalhar. Este programa, baseado no modelo japonês de gestão, representou um marco e as transformações advindas deste, ainda têm gerado frutos. Em 1999, houve uma melhoria no programa 5 “S”, que preservou seus

conceitos básicos, mas sofreu uma alteração na forma de ser gerenciado. A partir desta data, foram criados sistemas de reconhecimento para os trabalhos voltados para melhoria do ambiente de trabalho. Estes trabalhos passaram a ser registrados (codificados) e expostos em murais em diversos pontos da gerência. Adicionalmente, foram disponibilizados espaços em pontos de maior movimento de pessoas para divulgação das condições de trabalho nos postos. A divulgação era feita através de gráficos, chamados de “radar”, que indicavam como cada área encontrava-se nos itens “seleção”, “ordenação”, “limpeza”, “higiene” e “auto-disciplina” em um determinado período. Normalmente, as avaliações de 5 “S” são feitas mensalmente e busca-se através destas identificar pontos que podem ser melhorados.

5.4.3. FASE 3: SOLUÇÕES TECNOLÓGICAS ORIGINAIS PARA ELIMINAÇÃO DE GARGALOS E MELHORIA DE QUALIDADE (2001)

Relatórios de Auditoria Interna de Processo e Produto

As auditorias internas de processo e produto, implantadas em 2001, têm se tornado uma ferramenta eficiente na identificação anormalidades ocorridas durante a fabricação do aço. Estas auditorias são estruturadas e compostas de itens determinados no mapeamento realizado nos processos. Existe um relatório, composto de uma planilha, para cada processo considerado. Os resultados das auditorias são registrados em relatórios, que são encaminhados aos gerentes da área auditada. As anormalidades encontradas são divulgadas em uma reunião semanal para todo *staff* técnico ficam disponíveis na rede de computadores da CSN

Padronização das Atividades Voltadas para Melhoria do Meio Ambiente (ISO14001)

Os esforços empenhados pela CSN para se certificar na norma ISO 14001 resultou em uma série de ações para organização de um sistema de garantia da qualidade ambiental na empresa. Entre estas atividades, encontra-se a padronização de atividades específicas para tratamento de assuntos relacionados a prevenção da poluição e proteção do meio ambiente. A partir de 2001, todos os padrões de processo da aciaria da CSN passaram a considerar os aspectos ambientais. Com isso, qualquer ação que seja tomada ou projeto que seja concebido precisa de uma análise documentada de impacto ambiental.

Padrões Técnicos de Processo

Os padrões técnicos de processo são uma exigência da norma QS 9000 e visam assegurar o atendimento aos requisitos de qualidade dos clientes finais. Os padrões técnicos de processo são documentos que mostram, através da descrição das características de qualidade desejadas pelo cliente, como devem ser desdobrados os controles de parâmetros de processo em cada fase da produção do aço. Estes padrões funcionam como um elo de ligação entre as necessidades dos clientes e os controles que devem ser exercidos sobre os processos para assegurar a qualidade do produto.

Implantação do FMEA (Failure Mode and Effects Analysis)

Em 2001 a aciaria da CSN iniciou os trabalhos para aplicação do método de análise de falhas potenciais (FMEA). Este método é usado para identificação de possíveis pontos onde pode ocorrer falhas no sistema e atuar preventivamente, evitando assim paradas de emergência em equipamentos. O FMEA é um documento em forma de tabela, onde são mapeados os equipamentos e os processos. A partir do mapeamento são identificados os pontos críticos para ocorrência de falhas e as contra medidas necessárias para evitar o problema (ação preventiva).

6. PERFORMANCE OPERACIONAL

Nesta seção serão apresentados alguns resultados de desempenho operacional que auxiliam na melhor compreensão de como a acumulação de competências tecnológicas foram convertidas em melhoria de performance em processo, em produto e em equipamentos.

Entende-se por performance operacional como sendo o resultado mensurável de algumas atividades produtivas. Estes resultados podem impactar principalmente em custo de produção, qualidade dos produtos e segurança operacional para os equipamentos ou para as pessoas. Portanto, este capítulo permitirá obter uma base para se estabelecer a relação entre acumulação de competências tecnológicas e os resultados operacionais.

Procurou-se definir como indicadores de desempenho aqueles itens que representam de forma fidedigna a realidade operacional e que têm forte influência sobre a capacidade de gerar uma vantagem competitiva para empresa, seja através da redução de custos, seja pelo aumento de flexibilidade para produção de novos produtos através de novos processos. Em resumo, são indicadores de suma importância para unidade de aciaria da CSN.

A seguir serão apresentados os resultados de performance em processo, em produto e em equipamentos. Os indicadores usados para mostrar a performance operacional serão apresentados sob forma de índices, tendo como base o ano de 1997. Em outras palavras, não serão usados aqui os mesmos valores numéricos empregados na gerência de aciaria para avaliação de desempenho, mas o grau de melhoria alcançado a partir de um valor base (o número 100), à partir do qual serão levantados os ganhos percentuais em cada caso. Assim, ao invés de considerar a produtividade como a tonelagem produzida por hora, será usado o valor base em 1997 (número 100).

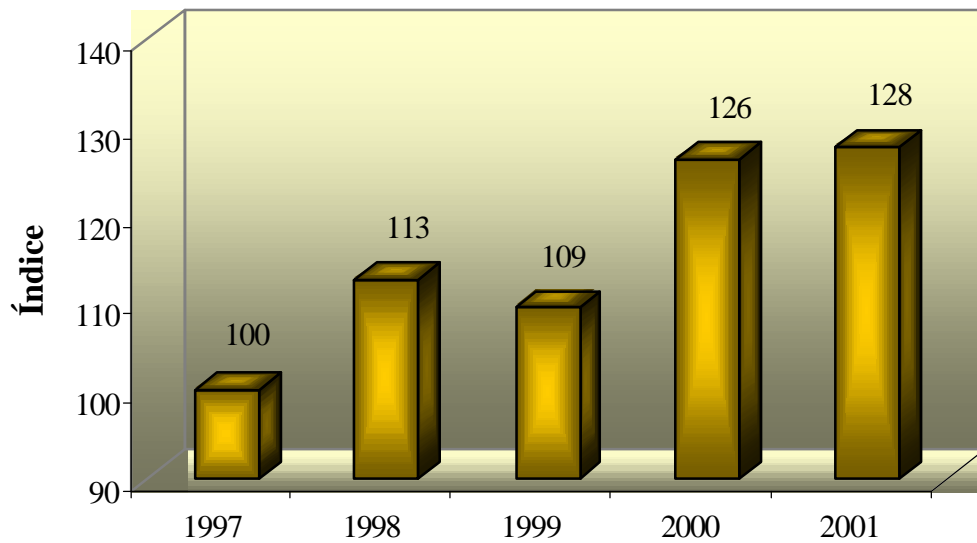
6.1. PERFORMANCE EM PROCESSO

Em um processo siderúrgico, fatores que influenciem a redução de custos sempre representam ótimas oportunidades de desenvolvimento. Assim sendo, ações tomadas no sentido de evitar (ou reduzir) o retrabalho, aumentar os rendimentos dos processos, ou mesmo elevar a disponibilidade dos equipamentos, implicam em aumento de produtividade da empresa e contribuem para produção de produtos com mais baixos custos.

Para avaliação da performance em processo, foram selecionados os seguintes indicadores: acerto de temperatura na metalurgia, campanha dos conversores LD e produtividade.

O acerto de temperatura na metalurgia também é uma forma de avaliar a evolução em processo. Corridas produzidas com temperaturas abaixo da necessária não podem seguir o fluxo de produção, pois causam obstrução da válvula responsável pela transferência do aço líquido da panela para a máquina de lingotamento contínuo. Esta obstrução ocorre porque o aço (por estar com temperatura baixa) se solidifica na região onde é feita sua transferência, interrompendo o processo. Com isso, há perda de ritmo na produção, havendo necessidade de programar novas corridas para repor aquelas retornadas ao conversor LD (perda de produtividade). Por outro lado, corridas com temperaturas acima do recomendado pelo processo precisam ser resfriadas, consumindo mais tempo de elaboração do aço, reduzindo o ritmo de produção e, conseqüentemente, a produtividade.

Como pode ser observado no gráfico 4, o acerto de temperatura em 1998 aumentou 13% em relação a 1997; em 1999 esse valor aumentou para 9%, subindo para 26% em 2000, e então chegando a 28% em 2001. Nota-se que houve uma evolução no índice de acerto de temperatura do aço líquido a partir de 1997, com uma pequena oscilação em 1999, chegando a uma melhora de 28% em 2001.

Gráfico 4 – Índice de acerto de temperatura na metalurgia da aciaria da CSN.

A campanha dos conversores, ou seja, o tempo de vida útil do revestimento refratário, também apresentou melhora no período considerado no estudo. Pelo gráfico 5, nota-se que a partir de 1997 houve um acréscimo na campanha de 18% em 1998, 26% em 1999, 27% em 2000 e 37% em 2001. Esta melhoria contínua na campanha dos conversores impacta diretamente sobre a disponibilidade dos mesmos para operação e, consequentemente, eleva a produtividade da aciaria. Os ganhos obtidos neste caso são significativos e representam também uma sensível redução nos custos de produção.

Como sugerem os resultados obtidos em acerto de temperatura e campanha dos conversores, o índice de produtividade da aciaria também evoluiu. O gráfico 6 apresenta a variação da produtividade entre 1997 e 2001. Tomando o ano de 1997 como base, verifica-se que ocorreu um aumento de 2% em 1998, subindo para 9% em 1999, seguido de uma pequena queda para 6% em 2000, elevando finalmente para 12% em 2001.

Gráfico 5 – Índice de aumento da campanha dos conversores LD da aciaria da CSN.

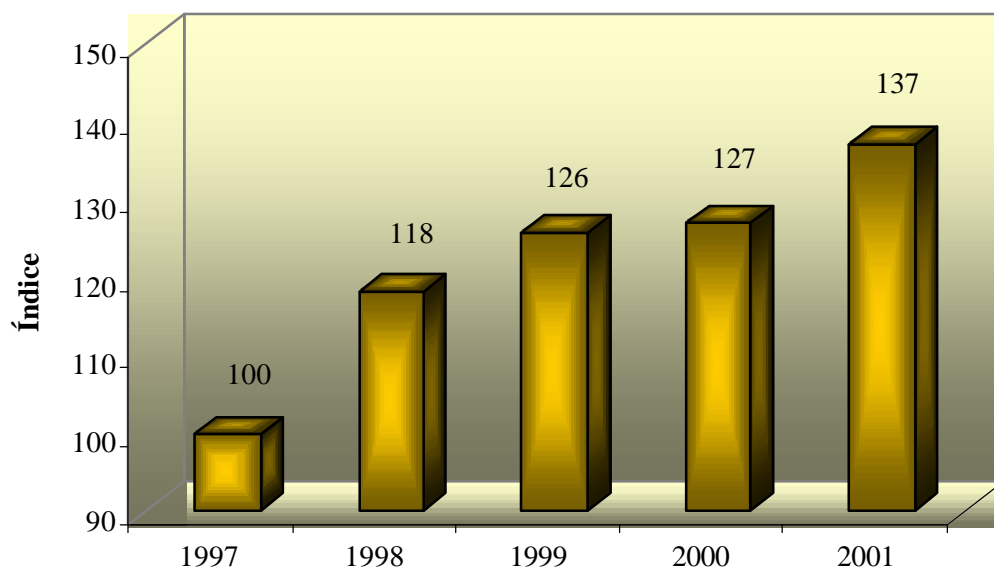
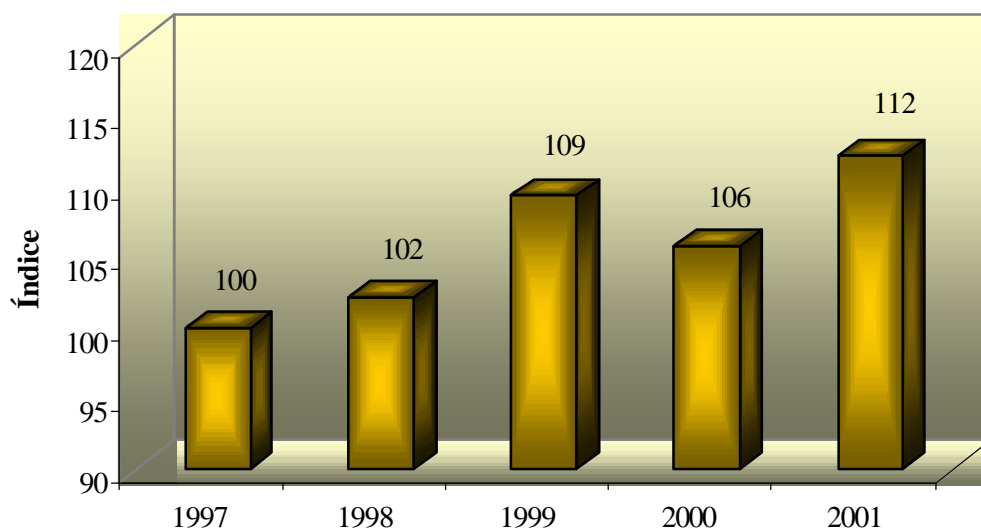


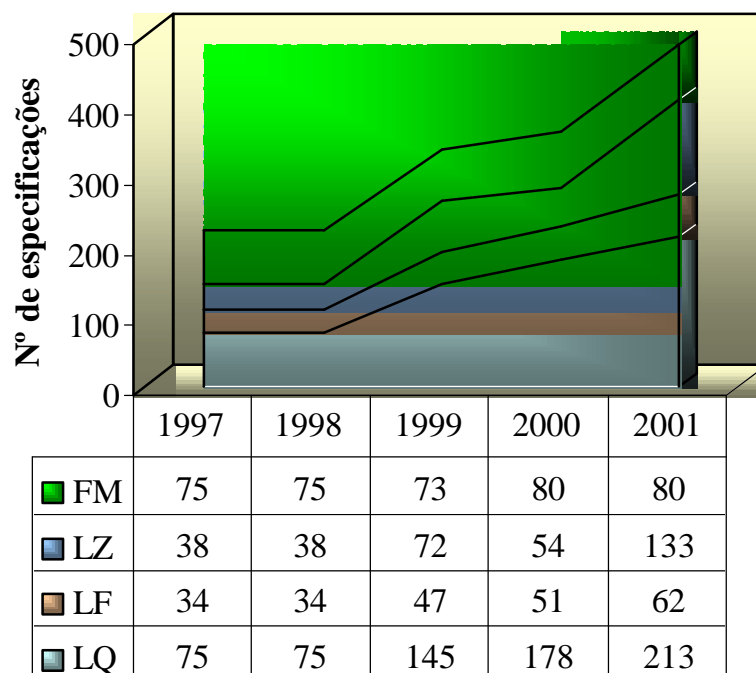
Gráfico 6 – Índice de aumento na produtividade da aciaria da CSN.



6.2. PERFORMANCE EM PRODUTO

Outro aspecto importante para o desenvolvimento tecnológico da empresa foi sua capacidade de acumular competências em produto, o que aumentou sua flexibilidade para oferecer soluções originais para seus clientes. Para avaliação da performance em produto, adotou-se o índice que mostra o número de especificações atendidas no período compreendido entre 1997 e 2001. Através deste indicador, pode-se verificar como evoluiu o perfil de produção de diferentes especificações ao longo do tempo. O gráfico 7 mostra a distribuição do número de especificações atendidas anualmente por linha de produto.

Gráfico 7 – Número de especificações atendidas pela aciaria da CSN por linha de produto.



Pelo gráfico 7, observa-se que a linha de produtos laminados a quente (LQ) teve um aumento no número de especificações atendidas desde 1997. Em 1997 e 1998, haviam 75 especificações para clientes deste tipo de produto. Esse número subiu para 145 em 1999, 178 em 2000 e 213 em 2001. Os produtos laminados a frio (LF) apresentavam 34

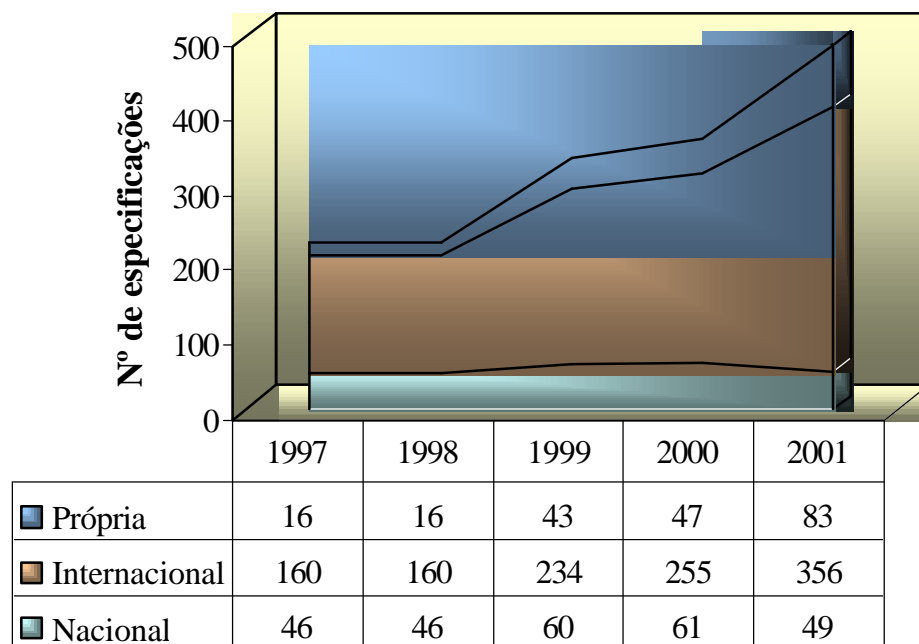
especificações em 1997 e 1998, subindo para 47 em 1999, 51 em 2000 e 62 em 2001. Os produtos galvanizados da linha de zincados (LZ) evoluíram de 38 especificações em 1997 e 1998 para 72 em 1999, 54 em 2000 e 133 em 2001. Os aços para linha de folhas metálicas (FM) tiveram pouca oscilação, variando de 75 especificações em 1997 e 1998 a 80 em 2000 e 2001. Com isso, o total de especificações atendidas passou de 222 em 1997 e 1998 para 337 em 1999, 363 em 2000, chegando a 488 em 2001. Os aumentos em termos percentuais, tomando como referência o ano de 1997, foram de 51,8% em 1999, 63,5% em 2000 e 119,8% em 2001.

Para entender melhor o acúmulo de competências nesse caso, foi feita uma abertura das informações contidas no gráfico 7, considerando-se então os tipos de especificação atendidos. Para realização dessa estratificação, foram definidas três classes de especificação: a nacional, definida em normas brasileiras (NBR); as internacionais, definidas pelos órgãos especificadores de outros países (ASTM e SAE – EUA, JIS – Japão, DIN – Alemanha, EN – Europa, etc.); e finalmente, as especificações próprias, desenvolvidas pela CSN como fruto do aprendizado junto aos clientes, visando atender suas necessidades.

O gráfico 8 mostra como evoluiu o atendimento a cada uma das classes de especificações indicadas acima. Pelo gráfico 8, verifica-se que houve pouca variação no atendimento a normas nacionais, que variaram de 46 em 1998 para 60, 61 e 49 em 1999, 2000 e 2001, respectivamente. O atendimento a normas internacionais aumentou de 160 em 1997 e 1998 para 234 em 1999, 255 em 2000 e 356 em 2001. Em termos percentuais, o aumento no número de especificações internacionais atendidas pela CSN variou 46,2% em 1999, 59,4% em 2000 e 122,5% em 2001, quando comparado com 1997. O número de especificações próprias elevou de 16 em 1997 e 1998 para 43 em 1999, 47 em 2000 e 83

em 2001. Percentualmente, a evolução foi a seguinte: 168,7% em 1999, 193,7% em 2000 e 418,7% em 2001.

Gráfico 8 – Número de especificações atendidas pela aciaria da CSN por tipo de norma (nacional, internacional e própria).



6.3. PERFORMANCE EM EQUIPAMENTOS

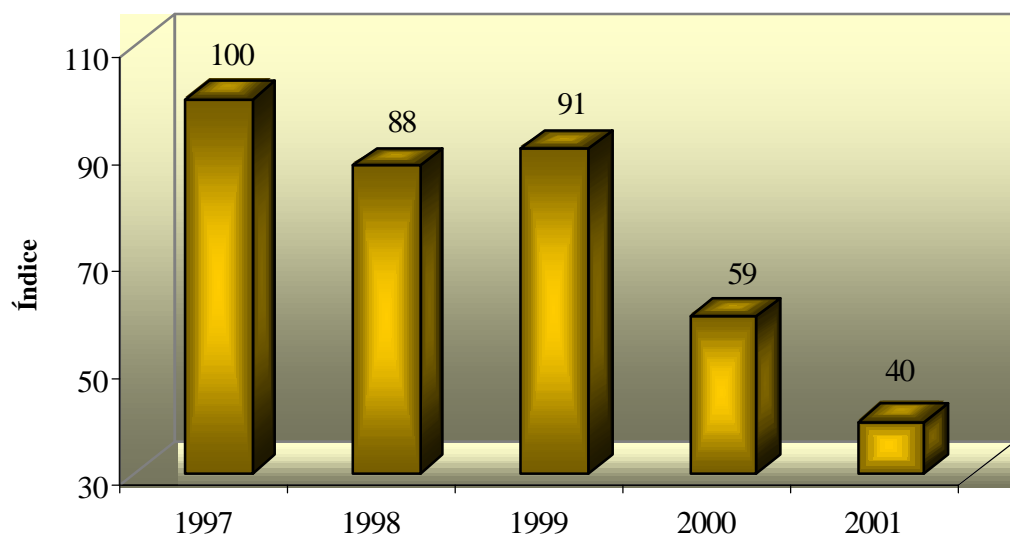
Nesta seção será apresentada evidência do resultado de performance para função tecnológica em equipamentos. O indicador que melhor expressa a acumulação de competências tecnológicas em equipamentos é o índice de falhas nos conversores LD.

A razão de se escolher as paradas por falhas nos conversores como indicador principal decorre do fato deste equipamento ser o mais importante para o fluxo de produção do aço. Independente do tipo de aço que se faça, ele deve, necessariamente passar pelos conversores LD. Portanto, a parada na operação de um conversor redundando em

interrupção imediata da produção de aço. Dada a importância deste item, os esforços voltados para reduzir paradas não programadas representam ganhos significativos para aumento de produtividade e, conseqüentemente, redução de custos de produção.

O cálculo do índice de falhas é feito através da relação entre o tempo de parada não programada (falha) do equipamento e o tempo total disponível para operação. A exemplo do que fora feito para os demais indicadores de performance (processo e produto), o índice de falhas em equipamentos foi calculado tomando como referência o valor do ano de 1997. A partir dos valores reais foram obtidos valores relativos correspondentes a cada ano considerado no estudo. Como pode ser observado no gráfico 9, o índice de paradas por falha reduziu progressivamente de 1997 até 2001, passando por uma pequena estabilidade nos anos de 1998 e 1999. Pelo gráfico 9, nota-se que em 1998 o índice de falhas reduziu em 12%; em 1999, esta redução foi de 9%; em 2000, a redução alcançada chegou 41%; finalmente, em 2001 a redução atingida foi de 60%.

Gráfico 9 – Índice de falhas nos conversores LD da aciaria da CSN.



7. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentadas a análise e a discussão dos resultados obtidos a partir das evidências descritas nas seções anteriores, que descrevem a trajetória de acumulação de competências tecnológicas, os processos de aprendizagem e os resultados de performance da aciaria da CSN. Através da análise e discussão dos resultados se buscará explicar a influência dos processos de aprendizagem sobre a acumulação de competências tecnológicas e destas sobre a performance da aciaria da CSN.

Na seção 7.1 será apresentado um resumo da acumulação de competências tecnológicas nas funções processo de produção, produto e equipamentos. Na seção 7.2 será apresentada a análise da relação entre os processos de aprendizagem, através de suas características-chave, e a trajetória de acumulação de competências tecnológicas. Na seção 7.3 será apresentada a análise da relação entre a acumulação de competências tecnológicas e a performance da aciaria da CSN.

7.1. ACUMULAÇÃO DE COMPETÊNCIAS TECNOLÓGICAS

Esta seção apresentará uma descrição sumarizada da acumulação de competências tecnológicas da aciaria da CSN no período compreendido entre os anos de 1997 e 2001 para as funções processo de produção, produto e equipamentos.

Em 1997, a aciaria da CSN encontrava-se no nível renovado (nível 2) de competência para as três funções estudadas. Neste ano havia limitações em equipamentos, que implicavam em limitações de processos e de produtos. Entretanto, já neste período a aciaria da CSN se empenhava em buscar soluções próprias para problemas tecnológicos de menor complexidade através da introdução de pequenas adaptações em processos, produtos e equipamentos. A certificação nas normas ISO 9001 e QS 9000 indicava a

existência de um sistema de garantia da qualidade, além de haver esforços voltados para melhoria contínua ou PDCA (Bessant, 1991, 1992; Bessant et al., 1994). A formação de grupos de CCQ teve grande influência na mobilização do nível operacional (chão de fábrica) para busca de soluções para problemas do dia a dia. Os conhecimentos adquiridos através da participação em estudos de alongamento de capacidade produtiva, desenvolvimento de projetos e montagem de equipamentos também permitiram a acumulação de competências.

A partir de 1998, com o investimento em novos equipamentos e processos de fabricação de aço (desgaseificador a vácuo RH e forno panela), houve uma evolução em todas as funções para o nível extra-básico (nível 3). As competências desenvolvidas, aliadas àquelas adquiridas através das rotinas organizacionais (Nelson, 1991), permitiram que as novas tecnologias pudessem ser assimiladas e desenvolvidas. A compreensão e desenvolvimento de novos processos de fabricação foram possíveis, principalmente, em função da existência de conhecimentos existentes na aciaria (Dosi, 1988).

A existência de um sistema gerencial estruturado com base no modelo japonês de organização de produção (Humphrey, 1993, 1995; Kaplinsky, 1994; Bessant e Kaplinsky, 1995) também favoreceu a integração dos novos processos.

Outro ponto que contribuiu para o aumento no nível de capacitação tecnológica da aciaria da CSN neste período foi o envolvimento dos funcionários de todos os níveis (engenharia, técnicos, operadores, manutenção) desde a concepção básica (projeto) dos novos processos até a montagem dos equipamentos. Esta prática representa uma eficiente forma de adquirir novos conhecimentos e acelerar o aprendizado em novas tecnologias (Figueiredo, 2001; Kim, 1995, 1997).

A partir do ano de 1999, o desenvolvimento de novas especificações de aço, o aprimoramento dos processos de produção e de técnicas para manutenção dos

equipamentos permitiram a acumulação de novas competências. Para função tecnológica produtos observou-se uma evolução do nível extra-básico (nível 3) para o nível pré-intermediário (nível 4) de competência. Nas funções tecnológicas processo e equipamentos ocorreu a sustentação das competências desenvolvidas em 1998.

O aumento na capacitação para produzir produtos originais permitiu que a aciaria da CSN acumulasse novas competências, migrando do nível extra-básico (nível 3) para o pré-intermediário (nível 4) de competências tecnológicas. Fatores como a integração de conhecimentos existentes em diferentes departamentos da própria empresa (Dutrénit, 2000) e a formação de parcerias com clientes e com outras empresas (Figueiredo, 2001) contribuíram para essa migração.

O desenvolvimento de novos processos de produção de aço seguiu o padrão de transferência de aptidões através do fluxo de conhecimentos de fontes mais desenvolvidas tecnologicamente (Leonard-Barton, 1998). A contratação de duas assistências técnicas externas, uma com a empresa Thyssen Krupp Stahl e outra com a Kawasaki Steel Corporation, auxiliou na aceleração do domínio das técnicas de produção nos novos equipamentos de metalurgia secundária (desgaseificador a vácuo RH e Forno Panela), proporcionando a evolução na função tecnológica processos do nível extra-básico (nível 3) para o pré-intermediário (nível 4).

Em 2000, a principal mudança ocorreu na função tecnológica processos, que passou do nível de competência extra-básico (nível 3) para o nível pré-intermediário (nível 4). O desenvolvimento de novas técnicas operacionais nos novos equipamentos de metalurgia secundária, motivadas principalmente pela fabricação de novas especificações (aços especiais) para as indústrias automobilística e de embalagens metálicas, e gerenciais, como a introdução do controle estatístico de processo e as auditorias internas de processo e produto, permitiram que novas competências fossem desenvolvidas.

No ano 2001, a realização de estudos para alongamento da capacidade produtiva da unidade e a consolidação do sistema de garantia de qualidade, voltado para certificação ISO 14001, foram importantes ações voltadas para acumulação de novas competências em processos, contribuindo para sustentação da capacitação no nível pré-intermediário (nível 4) nesta função. Nesse mesmo período, a formação de parcerias com centros de pesquisas externos (Cohen e Levinthal, 1990; Mitchell e Hamilton, 1988; Coombs, 1996), outros departamentos, clientes e fornecedores, além da experimentação (Leonard-Barton, 1998) para fabricação de novos produtos permitiu que o nível de competência tecnológica na função produto chegasse ao nível intermediário (nível 5). Para função equipamentos, a realização de estudos de simulação computacional para identificação de gargalos, a integração das informações pela implantação do sistema SAP/R3 e a formação de parcerias com outros departamentos da CSN e com fornecedores permitiu que fossem acumuladas competências no nível pré-intermediário (nível 4). Um aspecto importante para acumulação de competências tecnológicas nas funções produto e equipamentos foi a capacidade de integrar os conhecimentos de diferentes fontes (Miyazaki, 1993, apud Figueiredo, 1999).

A evolução da trajetória de acumulação de competências tecnológicas, especialmente em produtos e processos, foi marcada pela estrutura ‘aquisição-assimilação-aprimoramento’ de tecnologia externa (Kim, 1997a, 1997b). Estas competências foram acumuladas pelos indivíduos, através do aprimoramento de suas habilidades e de seus conhecimentos explícitos e tácitos, e incorporadas pelos sistemas organizacionais (Bell e Pavitt, 1995).

Um aspecto que merece destaque no presente estudo é a diferença na taxa de acumulação de competências tecnológicas nas funções processo, produto e equipamentos. Estudos anteriores (Ben, 2001; Büttgenbender, 2001) também apresentaram o mesmo

fenômeno, indicando que a empresa pode desenvolver suas competências baseadas em sistemas multi-tecnologia (Leonard-Barton, 1998) de forma assimétrica (Dutrénit, 2000).

7.2. INFLUÊNCIA DOS PROCESSOS DE APRENDIZAGEM SOBRE A CONSTRUÇÃO DE COMPETÊNCIAS TECNOLÓGICAS

Nesta seção será feita uma análise da influência dos processos de aprendizagem sobre a acumulação de competências tecnológicas na aciaria da CSN. Para realização desta análise, serão usadas as estruturas conceituais apresentadas no capítulo 3, seção 3.5, e na tabela II, proposta por Figueiredo (2001). Serão consideradas nesta seção as evidências empíricas descritas no capítulo 5, que abordam os processos de aprendizagem, e as características-chave, em termos de variedade, intensidade, funcionamento e interação. Os critérios de avaliação das características-chave são descritos na seção 3.5. Nas subseções 7.2.1, 7.2.2, 7.2.3 e 7.2.4 serão apresentadas tabelas, que mostram de forma resumida como evoluíram as características-chave no período estudado (1997 a 2001).

7.2.1. VARIEDADE DOS PROCESSOS DE APRENDIZAGEM

Para análise da variedade serão considerados tanto os processos de aquisição de conhecimento externo e interno, como os mecanismos de conversão do conhecimento por socialização e codificação. Segundo Figueiredo (2001), a variedade pode apresentar quatro níveis em função do número de processos de aprendizagem envolvidos no período considerado: ausente, limitada, moderada ou diversa. À luz do critério estabelecido na seção 3.5, são apresentados na tabela III os resultados quanto a variedade dos processos de aprendizagem.

Tabela III – Variedade dos processos de aprendizagem na aciaria da CSN no período de 1997 a 2001.

Processos de Aprendizagem	Fases e Períodos da trajetória da Empresa				
	FASE 1		FASE 2		FASE 3
	1997	1998	1999	2000	2001
Processos de aquisição de conhecimento					
Aquisição de conhecimento externo	n = 6 moderada	n = 7 diversa	n = 7 diversa	n = 7 diversa	n = 8 diversa
Aquisição de conhecimento interno	n = 8 diversa	n = 8 diversa	n = 10 diversa	n = 12 diversa	n = 13 diversa
Mecanismos de conversão de conhecimento					
Socialização do conhecimento	n = 6 moderada	n = 6 moderada	n = 9 diversa	n = 9 diversa	n = 12 diversa
Codificação do conhecimento	n = 6 moderada	n = 6 moderada	n = 9 diversa	n = 10 diversa	n = 12 diversa
Total	n = 26	n = 27	n = 35	n = 38	n = 45

Fonte: Adaptada de Büttgenbender (2001).

Os processos de aquisição de conhecimento externo apresentaram uma variedade moderada em 1997, passando a diversa em 1998 e permanecendo diversificada até 2001. Em 1997, as atividades voltadas para aquisição de conhecimentos externos estiveram concentrados em seis processos. Em função das limitações existentes neste período, principalmente em equipamentos e processos, o nível dos conhecimentos adquiridos externamente eram suficientes apenas para realização de pequenas adaptações nos processos, em produtos e nos equipamentos existentes. Apesar do resultado sobre a acumulação de competências tecnológicas em 1997 ter sido pequena, os processos de aquisição de conhecimentos externos empregados nesse período contribuíram para que em 1998 novas competências fossem acumuladas em todas as funções tecnológicas.

Atividades que tiveram início em 1997 e que foram mantidas em 1998, tais como a interação com fornecedores de novas tecnologias, a contratação de cursos externos voltados para as novas tecnologias que estavam sendo implantadas, as visitas técnicas a empresas nacionais que operavam com estas tecnologias, a formação de um banco de informações técnicas (revistas, artigos técnicos, manuais etc.), a formação de profissionais “da casa” em nível superior com projetos voltados para as novas tecnologias e a

importação de *expertise* formaram uma base para que, em 1998, novas competências pudessem ser acumuladas para partida dos novos equipamentos e utilização de novas tecnologias de fabricação de aço (desgaseificador a vácuo RH e forno panela). Em 1998, a aciaria da CSN passou a contar com uma variedade diversa na aquisição de conhecimento externo, quando foram feitas visitas técnicas a empresas estrangeiras.

Em 1999, a capacidade de produzir novas especificações de aço ampliou as possibilidades de aquisição de novos conhecimentos externos. A realização de visitas técnicas a empresas no exterior, motivadas principalmente pela contratação de duas assistências técnicas externas, uma com a empresa Thyssen Krupp Stahl e outra com a Kawasaki Steel Corporation, associada às parcerias com clientes, notadamente da indústria automobilística e de embalagens metálicas, permitiram que novas competências fossem acumuladas em produtos. A formação de uma *joint-venture* com a empresa alemã Thyssen Krupp para construção da empresa Galvasud, para fabricação de produtos galvanizados para indústria automobilística, também contribuiu neste sentido. Com isso, em 1999 a aciaria da CSN manteve uma variedade diversa de processos de aquisição do conhecimento externo.

Em 2000, a formação de parceria com fornecedores, em especial para desenvolvimento de tecnologia em refratários, permitiu que novas competências fossem acumuladas, implicando em resultados positivos para a aquisição de novos conhecimentos. A realização de cursos externos para nucleadores em controle estatístico de processo (CEP) e no sistema de informação SAP/R3 completaram as principais ações no sentido de manter uma variedade diversa de processo de aquisição de conhecimento externo.

A ampliação no número de processos de aquisição de conhecimentos externos em 2001 permitiu que a variedade permanecesse diversa, contribuindo para acumulação de novas competências em produto e equipamentos.

A variedade na aquisição de conhecimento interno, diferentemente da aquisição de conhecimento externo, manteve-se como diversa desde 1997, tendo ampliado o número processos ano a ano até 2001. Isto mostra que a existência de processos de aquisição de conhecimentos internos tem sido fortemente usada para acumulação de competências tecnológicas na aciaria da CSN. Muitos dos processos empregados funcionam como forma de transferir conhecimentos tácitos e explícitos, adquiridos externamente, do nível individual para o organizacional (Nonaka e Takeuchi, 1997). A variedade de processos de aquisição de conhecimento interno também indicam o esforço próprio para acumular novas competências. Atividades como a engenharia reversa de produtos, a formação de times para solução de problemas, a participação na implantação de novos equipamentos, a formação de grupos de CCQ, os mais variados tipos de cursos ministrados internamente, e as diversas parcerias internas, permitiram que, através de esforços para acumulação incremental de capacitação própria, novas competências fossem acumuladas em processo, produto e equipamentos (Figueiredo 2001a).

A socialização do conhecimento apresentou uma variedade de processos moderada nos anos de 1997 e 1998. A partir de 1999 a variedade passou a diversa, permanecendo assim até o ano 2001. Este comportamento para o processo de socialização sugere que a aciaria tem desenvolvido novas maneiras informais de troca de conhecimentos entre seus funcionários. A promoção de atividades coletivas que estimulam o contato direto entre os diversos especialistas (engenheiros, técnicos e operadores), tem proporcionado a difusão de conhecimento tácito das pessoas. Entre as atividades de socialização do conhecimento, pode-se destacar o treinamento no posto de trabalho para operadores, a formação de grupos de estudo para solução de problemas, as auditorias de processo e os acompanhamentos de fabricação de aços por parte do *staff* na área. Estes mecanismos de conversão do conhecimento constituem ótimas oportunidades de transferência de

conhecimento do nível individual para o organizacional (Nonaka e Takeuchi, 1997) e o aumento em sua variedade auxilia que novas competências sejam acumuladas. Este fenômeno é corroborado pelo presente estudo, que mostra uma evolução no acúmulo de competência nas funções processo, produto e equipamentos.

As evidências sugerem que a codificação de conhecimentos teve um comportamento semelhante ao da socialização. A evolução no número de mecanismos de codificação mostra a preocupação em se formalizar e tornar explícito os conhecimentos incorporados pelas pessoas através das mais diferentes fontes (aquisição de conhecimento externo e interno). Atividades como padronização de processos, confecção de relatórios técnicos, utilização de manuais de equipamentos, existentes em 1997, estão associados em grande parte ao sistema de gestão pelo TQC da unidade. A incorporação de novas formas de codificação nos anos de 1999 a 2001 buscaram ampliar a capacitação em novas atividades da gerência de aciaria. O aumento na complexidade dos processos, dos produtos e dos equipamentos exigiu que a documentação de procedimentos e o registro de atividades voltadas para o aperfeiçoamento das funções tecnológicas da empresa fosse aprimorado de forma a funcionar como um repositório de conhecimentos (Dosi, 1988).

Ao se analisar a soma da variedade de processos de aprendizagem, considerando a aquisição e a conversão de conhecimentos, observa-se um aumento progressivo destes processos de 1997 a 2001. O número crescente de processos de aprendizagem em cada ano sugere a influência positiva destes sobre a acumulação de competências tecnológicas na aciaria da CSN. O estudo de projeção do efeito da variedade total dos processos de aprendizagem sobre as funções tecnológicas processo, produto e equipamentos, apresentado na tabela IV, mostra que para um aumento médio anual aproximado no número de processos de aprendizagem em 4, correspondeu a uma aumento na competência em processo de 0,5. Para produto, este valor chegou a 0,7; e para equipamentos, 0,4. Ou

seja, aumentando a variedade de processos de aprendizagem para 8, a função tecnológica processo subiria um nível de competência. Para função produto subir um nível de competência, a variedade deveria aumentar em, aproximadamente, sete. Para equipamentos, este valor deveria ser de, aproximadamente, doze. Esta forma de análise procura expressar matematicamente a tendência observada tanto na acumulação de competências tecnológicas quanto na variedade dos processos de aprendizagem. Como a taxa de acumulação de competências nas funções tecnológicas estudadas é assimétrica, o efeito da variedade é diferente.

Tabela IV – Projeção do efeito da variação na variedade dos processos de aprendizagem sobre a acumulação de competências nas funções tecnológicas processo, produto e equipamentos.

Ano	Variedade	Processo	Produto	Equipamentos
1997	26	2	2	2
1998	27	3	3	3
1999	35	3	4	3
2000	38	4	4	3
2001	45	4	5	4
Projeção*	5	0,5	0,7	0,4
* Indica o acréscimo médio anual ocorrido para variedade e para cada função tecnológica estudada no período compreendido entre os anos de 1997 e 2001.				

Fonte: Elaboração própria do autor.

7.2.2. INTENSIDADE DOS PROCESSOS DE APRENDIZAGEM

A avaliação da intensidade dos processos de aprendizagem será feita de acordo com o critério estabelecido na seção 3.5. Segundo este critério, a intensidade dos processos de aprendizagem pode ser “uma vez”, “intermitente” ou “contínuo”. O resultado obtido para característica intensidade no período analisado pode ser visto na tabela V.

Como pode ser observado na tabela V, em todos os processos de aquisição de conhecimento e mecanismos de conversão a intensidade dos processos de aprendizagem foi contínua. Este resultado sugere que a busca por novas fontes de conhecimentos e por

diferentes maneiras de transformá-los em um ativo organizacional ampliaram as competências tecnológicas da aciaria da CSN. Com exceção de algumas poucas atividades voltadas para a ampliação da capacitação técnica dos funcionários, como visitas técnicas ao exterior, a importação de *expertise*, as assistências técnicas externas, e alguns cursos e treinamentos específicos de curta duração, que tiveram uma duração limitada e eram voltados para um fim determinado, as ações direcionadas para aquisição e conversão de conhecimentos foram perenes e se mantiveram ativas ao longo dos anos considerados no presente estudo.

Tabela V – Intensidade dos processos de aprendizagem na aciaria da CSN no período de 1997 a 2001.

Processos de Aprendizagem	Fases e Períodos da trajetória da Empresa				
	FASE 1		FASE 2		FASE 3
	1997	1998	1999	2000	2001
Processos de aquisição de conhecimento					
Aquisição de conhecimento externo	Contínua		Contínua		Contínua
Aquisição de conhecimento interno	Contínua		Contínua		Contínua
Mecanismos de conversão de conhecimento					
Socialização do conhecimento	Contínua		Contínua		Contínua
Codificação do conhecimento	Contínua		Contínua		Contínua
Total	Contínua		Contínua		Contínua

Fonte: Adaptada de Büttgenbender (2001).

Grande parte dos processos de aprendizagem empregados pela aciaria da CSN está associado a ações gerenciais, implantadas como rotinas para garantir o atingimento de melhores resultados operacionais e favorecer a introdução de inovações incrementais em processos, produtos e equipamentos.

O investimento na modernização tecnológica através da instalação dos processos de fabricação de aços especiais no desgaseificador a vácuo RH e no forno panela favoreceu a busca por novos conhecimentos e o desenvolvimento de capacitação técnica

própria para solução de problemas tecnológicos do dia a dia. A associação entre as competências desenvolvidas pela experiência na rotina e os novos conhecimentos adquiridos e difundidos na organização funcionam como uma capacidade intrínseca de integração de aptidões estratégicas (Leonard-Barton, 1998) da aciaria da CSN e implicaram na acumulação de competências tecnológicas e melhoria de performance. Estudos empíricos (Kim, 1995 e 1997) destacam o papel positivo da intensidade na aquisição e conversão de novos conhecimentos para organização.

7.2.3. FUNCIONAMENTO DOS PROCESSOS DE APRENDIZAGEM

O funcionamento dos processos de aprendizagem, analisados conforme os critérios estabelecidos na seção 3.5, apresentaram resultados que variam de moderado a bom no período estudado. A tabela VI apresenta os valores correspondentes a cada fase da trajetória de acumulação de competências tecnológicas da aciaria da CSN.

Tabela VI – Funcionamento dos processos de aprendizagem da aciaria da CSN no período estudado.

Processos de Aprendizagem	Fases e Períodos da trajetória da Empresa				
	FASE 1		FASE 2		FASE 3
	1997	1998	1999	2000	2001
Processos de aquisição de conhecimento					
Aquisição de conhecimento externo	Bom		Bom		Bom
Aquisição de conhecimento interno	Bom		Bom		Bom
Mecanismos de conversão de conhecimento					
Socialização do conhecimento	Moderado/Bom		Moderado/Bom		Bom
Codificação do conhecimento	Moderado/Bom		Bom		Bom

Fonte: Adaptada de Büttgenbender (2001).

Pela tabela VI, pode-se observar que a aciaria da CSN apresentava um bom funcionamento para seus processos de aquisição de conhecimento (externo e interno) e um

funcionamento moderado para conversão dos conhecimentos adquiridos. Essa constatação sugere que boa parte dos conhecimentos adquiridos através dos mais variados mecanismos se mantiveram no nível individual. Esta evidência, associada ao fato de haver limitações nos processos de fabricação, que dependiam de investimentos em sistema físico para instalação de equipamentos mais modernos, explicam o fato da aciaria da CSN ter acumulado competências no nível renovado (nível 2) para as funções tecnológicas em processo, produto e equipamentos em 1997. Apesar da limitação no que se refere a conversão de conhecimento, a tabela VI mostra que houve esforços significativos no sentido de adquirir novos conhecimentos. Estes esforços visavam principalmente o aumento da capacitação técnica dos funcionários como forma de prepará-los para o investimento em novas tecnologias de fabricação do aço. A implantação dos sistemas de metalurgia secundária através do desgaseificador a vácuo RH e do forno panela, ocorrida em 1998, transformariam os processos, os produtos e os equipamentos da aciaria, aumentando a complexidade das operações em cada uma destas funções e, conseqüentemente, elevando o nível de competências tecnológicas em cada uma destas funções tecnológicas para o nível extra-básico (nível 3).

Na fase 2 da trajetória de aprendizagem, compreendida entre os anos de 1999 e 2000, observa-se comportamento diferente da fase 1. Os processos de aquisição de conhecimentos apresentavam um funcionamento bom e as práticas voltadas para a difusão destes conhecimentos do nível individual para o organizacional também encontravam-se bons. Estas evidências sugerem que os mecanismos usados para converter os conhecimentos adquiridos externa e internamente na aciaria da CSN foram mais eficientes e que novas competências poderiam ser acumuladas pela organização. A associação entre a melhoria nas práticas voltadas para conversão de conhecimentos e o investimento em novas tecnologias permitiram que novas competências fossem acumuladas em processo e

produto, que passaram do nível extra-básico (nível 3) para o nível pré-intermediário (nível 4), em 2000 e em 1999, respectivamente.

Pela tabela VI, nota-se que na fase 3 todos os processos da aquisição de conhecimento e os mecanismos de conversão funcionaram bem. A ampliação na variedade e o aumento na intensidade dos processos de aprendizagem contribuíram para que o funcionamento também melhorasse. A própria necessidade de se integrar os conhecimentos existentes com novos conhecimentos nas mais diversas áreas de competência contribuiu para que o funcionamento melhorasse ao longo do tempo. A concentração em atividades externas e internas voltadas para solução de problemas específicos da unidade tornaram mais efetivos os processos de aprendizagem. A conversão de conhecimentos também foi aprimorada para ampliar o número de mecanismos voltados para melhoria da capacidade organizacional. A criação de novas formas de socialização de conhecimentos e o forte trabalho para documentação de trabalhos e atividades de interesse coletivo permitiram que o funcionamento dos processos de aprendizagem apresentassem melhoria, implicando em acumulação de novas competências tecnológicas em produto e em equipamentos. Para função tecnológica em produto, a aciaria da CSN passou do nível pré-intermediário (nível 4) para o nível intermediário (nível 5). Para função tecnológica equipamentos a acumulação se deu do nível extra-básico (nível 3) para o nível pré-intermediário (nível 4).

As descrições feitas para a característica-chave funcionamento dos processos de aprendizagem na aciaria da CSN mostram que houve uma evolução nos mecanismos de conversão do conhecimento. As atividades voltadas para aquisição de novos conhecimentos encontravam-se em um bom estágio desde a primeira fase da trajetória de acumulação de competências. A relação encontrada entre o funcionamento dos processos de aprendizagem e a acumulação de competências tecnológicas na aciaria da CSN

corroboram com as perspectivas de Nonaka e Takeuchi (1997), para o fluxo de conhecimentos na organização, e de Leonard-Barton (1998), para transferência de aptidões estratégicas. Este estudo destaca a importância da transformação de conhecimentos tácitos e explícitos do nível individual para o organizacional como forma de ampliação da capacitação da empresa. Resultados empíricos (Kim, 1995 e 1997a; Tremblay, 1998; Büttnebender, 2001) confirmam a importância do funcionamento da aquisição de novos conhecimentos e a conversão dos mesmos para corporação.

7.2.4. INTERAÇÃO DOS PROCESSOS DE APRENDIZAGEM

As subseções anteriores apresentaram a descrição da influência das características-chave dos processos de aprendizagem (variedade, intensidade e funcionamento) sobre a acumulação de competências tecnológicas na aciaria da CSN. De acordo com as evidências apresentadas, o desenvolvimento de atividades tecnológicas mais complexas foi possível devido a um esforço contínuo no sentido de ampliar a variedade dos processos de aquisição e mecanismos de conversão do conhecimento. A continuidade dada aos diversos processos de aprendizagem empregados mostraram que a característica-chave intensidade também contribuiu para que novos conhecimentos fossem adquiridos e convertidos para organização de forma perene, bem como sustentadas as capacidades existentes. Da mesma forma, o funcionamento mostrou-se bom para os processos de aquisição do conhecimento durante todo o período do estudo. Pôde-se observar também a evolução de moderado para bom para os mecanismos de conversão.

O resultado da interação entre os processos de aprendizagem, analisada conforme critério descrito no item 3.5, encontra-se na tabela VII. Pela tabela VII, pode-se observar que houve uma evolução na interação entre os processos de aquisição e os mecanismos de conversão do conhecimento. Como esta avaliação é feita considerando-se o grau de

interação entre cada processo identificado e todos os demais, através da análise desta característica-chave é possível inferir que o aumento na variedade de processos de aquisição e mecanismos de conversão interferiu positivamente sobre a interação. Em outras palavras, o aumento na diversidade de processos de aprendizagem aumentou as chances de que houvesse interação entre os mesmos. Naturalmente, a intensidade e o funcionamento também exercem uma influência positiva sobre o grau de interação entre os processos de aprendizagem. Os esforços no sentido de se acumular novas competências do nível individual para o organizacional somente são bem-sucedidos caso haja um número de mecanismos suficiente para que o conhecimento permeie para todos os níveis da empresa (Nonaka e Takeuchi, 1998).

Pela tabela VII, nota-se que os processos de aquisição de conhecimento externo e interno tiveram uma interação moderada para primeira fase, compreendida entre os anos de 1997 e 1998; passando a forte em 1999 e permanecendo assim até 2001. Os esforços no sentido de ampliar as parcerias internas, com os departamentos de engenharia e de pesquisa, assim como as parcerias externas, com clientes e fornecedores, mostraram-se eficientes ferramentas para aquisição e integração de conhecimentos. A participação de cursos externos e a realização de cursos internos, visitas técnicas a outras empresas, e a formação de times para solução de problemas também permitiram que novas competências fossem desenvolvidas.

Tabela VII – Interação entre os processos de aquisição de conhecimento e os mecanismos de conversão para o nível organizacional na aciaria da CSN.

Processos de Aprendizagem	Fases e Períodos da trajetória da Empresa				
	FASE 1		FASE 2		FASE 3
	1997	1998	1999	2000	2001
Processos de aquisição de conhecimento					
Aquisição de conhecimento externo	Moderada 21%	Moderada 23%	Forte 29%	Forte 25%	Forte 31%
Aquisição de conhecimento interno	Moderada 22%	Moderada 23%	Forte 29%	Forte 32%	Forte 37%
Mecanismos de conversão de conhecimento					
Socialização do conhecimento	Fraca 10%	Fraca 10%	Moderada 16%	Moderada 15%	Moderada 21%
Codificação do conhecimento	Moderada 15%	Moderada 16%	Forte 31%	Forte 30%	Forte 35%
Total	Moderada 17%	Moderada 18%	Forte 26%	Forte 25%	Forte 31%

Fonte: Adaptada de Büttgenbender (2001).

Os mecanismos de conversão apresentaram comportamentos distintos: a socialização passou de uma interação fraca na primeira fase (1997 e 1998) para moderada de 1999 a 2001; a codificação, por sua vez, mostrou uma interação moderada em 1997 e 1998, passando a forte de 1999 até 2001. Este resultado indica que a aciaria da CSN procurou, desde 1997, codificar os diversos tipos de conhecimentos adquiridos. Esforços no sentido de padronizar atividades, registrar em relatórios os resultados de trabalhos técnicos e documentar experiências individuais e coletivas, como viagens a serviços, assistências técnicas etc., permitiram que os conhecimentos pudessem estar acessíveis e fossem compartilhados pelas pessoas. Entretanto, os mecanismos de socialização tiveram uma participação discreta na primeira fase do processo de aprendizagem tecnológica da aciaria da CSN, evoluindo a partir de 1999, quando apresentou uma interação moderada com os processos de aquisição de conhecimento. A melhoria percebida na interação deste mecanismo de conversão do conhecimento se deveu principalmente ao aumento no número de atividades de campo, executadas no chão de fábrica, e de integração de

diferentes áreas do conhecimento. Através destas atividades, as pessoas tinham a oportunidade de trocar conhecimentos tácitos e explícitos, acumulados com o tempo.

Uma observação importante sobre a interação entre os processos de aprendizagem na aciaria da CSN foi que estes não somente evoluíram ao longo do tempo, mas foram sustentados. Em outras palavras, os mecanismos empregados para adquirir novos conhecimentos e convertê-los para organização foram atingindo novos patamares de forma sólida, sem ocorrência de declínios, durante a trajetória de acumulação de competências da unidade.

A exemplo do que fora observado com as demais características-chave, a interação entre os processos de aprendizagem da aciaria da CSN contribuiu para que competências pudessem ser acumuladas em processo, produto e equipamentos no período estudado. A análise de projeção entre estas variáveis, apresentada na tabela VIII, sugere que a interação entre os processos de aquisição de conhecimentos e os mecanismos de conversão torna-se uma característica muito importante para empresas que operam em um sistema que integra multi-tecnologias (Leonard-Barton, 1998). Pela tabela VIII, nota-se que um aumento médio anual de 4% na interação entre os processos de aprendizagem corresponde a um aumento no nível de competência tecnológica em processo de 0,5 ponto. Este mesmo aumento na interação implica em um aumento de 0,8 ponto no nível de competência para produto; e de 0,4 ponto para equipamentos. Em outras palavras, para que se aumente um nível de competência em processo, há a necessidade de se aumentar a interação em 8%. Para produto, este aumento deveria ser de, aproximadamente, 6%; e para equipamentos de, aproximadamente, 10%.

Tabela VIII – Projeção do efeito da interação dos processos de aprendizagem sobre a acumulação de competências nas funções tecnológicas processo, produto e equipamentos.

Ano	Interação	Processo	Produto	Equipamentos
1997	17%	2	2	2
1998	18%	3	3	3
1999	26%	3	4	3
2000	25%	4	4	3
2001	31%	4	5	4
Projeção*	4%	0,5	0,7	0,4
* Indica o acréscimo médio anual ocorrido para variedade e para cada função tecnológica estudada no período compreendido entre os anos de 1997 e 2001.				

Fonte: Elaboração própria do autor.

A análise da interação entre os processos de aprendizagem sugere que as ações no sentido de adquirir novos conhecimentos são tão mais efetivas quanto maior for a interação entre estes conhecimentos adquiridos e os mecanismos utilizados para transformá-los em ativos organizacionais. Exemplos bem-sucedidos, como os apresentados por Kim (1995, 1997a), corroboram esta afirmação.

7.3. ACUMULAÇÃO DE COMPETÊNCIAS E MELHORIA DE PERFORMANCE

O presente estudo se propõe a avaliar, em uma primeira análise, a influência dos processos de aprendizagem sobre a construção de competências tecnológicas nas funções processo, produto e equipamentos; e também, a implicação da acumulação de competências sobre a performance da aciaria da CSN em cada uma destas funções tecnológicas. Para realização desta análise foram estabelecidos os seguintes indicadores de performance: acerto de temperatura do aço líquido na panela, campanha do revestimento refratário dos conversores e produtividade para função tecnológica processo; número de especificações existentes, para produto; e índice de falhas nos conversores LD, para equipamentos. Estes indicadores já foram apresentados na seção 6 e serão usados aqui com

o objetivo de mostrar se, de fato, pode-se considerar que a acumulação de competências tecnológicas inovadoras se refletem nos resultados operacionais da aciaria da CSN. A escolha destes indicadores foi feita com base em um critério que avalia itens que contribuem de forma significativa para o aumento de competitividade da empresa, seja por representar redução de custos de produção, seja pela flexibilidade para atendimento a diferentes mercados consumidores.

Os resultados da análise da relação entre os níveis de competência tecnológica alcançados pela aciaria da CSN e os resultados de performance em cada uma das funções podem ser vistos nas tabelas IX, X e XI.

Tabela IX – Projeção do efeito da acumulação de competências tecnológicas em processo, sobre os indicadores acerto de temperatura, campanha dos conversores e produtividade.

Ano	Processo	Acerto de temperatura	Campanha dos conversores	Produtividade
1997	2	100	100	100
1998	3	113	118	102
1999	3	109	126	109
2000	4	126	127	106
2001	4	128	137	112
Projeção*	0,5	7	8	3
* Indica o acréscimo médio anual ocorrido para processo e para cada indicador da função estudada no período compreendido entre os anos de 1997 e 2001.				

Fonte: Elaboração própria do autor.

Tabela X – Projeção do efeito da acumulação de competências tecnológicas em produto sobre o número de especificações.

Ano	Produto	Número de especificações
1997	2	222
1998	3	222
1999	4	337
2000	4	363
2001	5	488
Projeção*	0,7	67
* Indica o acréscimo médio anual ocorrido para produto e para o número de especificações no período compreendido entre os anos de 1997 e 2001.		

Fonte: Elaboração própria do autor.

Tabela XI – Projeção do efeito da acumulação de competências tecnológicas em equipamentos sobre o índice de falhas nos conversores LD.

Ano	Equipamentos	Índice de falhas
1997	2	100
1998	3	88
1999	3	91
2000	3	59
2001	4	40
Projeção*	0,4	- 15
* Indica o acréscimo médio anual ocorrido para equipamentos e para o índice de falhas nos conversores no período compreendido entre os anos de 1997 e 2001.		

Fonte: Elaboração própria do autor.

Como pode ser observado na tabela IX, os resultados de acumulação de competências em processo e a performance variam de forma crescente entre os anos de 1997 e 2001. Pela projeção feita, pode-se observar que a cada nível de competência alcançado há um efeito correspondente de melhoria em acerto de temperatura de 14%. Sobre a campanha dos conversores este valor é de 16%. A produtividade é elevada em 6% para cada nível de competência acumulada.

A tabela X mostra o mesmo estudo de projeção, mas para função tecnológica produto. Pela tabela X, nota-se que a acumulação de um nível de competência em produto implicaria no aumento no número de especificações para, aproximadamente, 96.

Na tabela XI é apresentado o estudo de projeção para função equipamentos. Conforme mostrado na tabela XI, cada nível de competência tecnológica acumulada em equipamentos redundava em redução no índice de falhas nos conversores LD de, aproximadamente, 38%.

Este resultado sugere que a acumulação de novas competências permitiu que inovações incrementais pudessem ser feitas no sentido de ‘mudar’ tecnologias (Bell e Pavitt, 1993; Pavitt, 1990). Nota-se pelos resultados de performance e da acumulação de competências que a busca por soluções originais para problemas tecnológicos ocorreram

como um mecanismo de melhoria contínua na manufatura (Bessant, 1991, 1992; Bessant et al., 1994).

Evidências empíricas (Bell et al., 1982; Mlawka, 1996; Dutrénit, 2000) mostram que a ausência de esforços no sentido de se acumular e integrar novas competências pode ter implicações negativas sobre a performance das empresas, redundando em resultados de desempenho operacional pobres. Em contrapartida, empresas que se empenham em desenvolver novas competências experimentam resultados positivos (Kim, 1995 e 1997a). Em resumo, estudos empíricos corroboram com o presente estudo e mostram que há relação (negativa ou positiva) entre a acumulação (ou não) de competências pelas empresas e suas performances operacionais.

8. CONCLUSÕES

O presente trabalho permitiu que, ao analisar um estudo de caso, se pudesse identificar elementos que contribuem para o desenvolvimento de competências tecnológicas através dos processos de aprendizagem. A estrutura analítica usada, baseada em pesquisas realizadas por Figueiredo (1999, 2001), procurou descrever por meio de evidências empíricas a trajetória tecnológica da unidade de aciaria da Companhia Siderúrgica Nacional. Os resultados obtidos sugerem que a aciaria da Companhia Siderúrgica Nacional acumulou competências desde o nível renovado até o pré-intermediário para as funções tecnológicas processo e equipamentos; e do nível renovado ao intermediário para função produto. Estes resultados mostram que a acumulação de competências variou desde um nível elementar até níveis mais avançados, migrando de uma situação onde as atividades eram de rotina para outra, voltada para atividades inovadoras (Figueiredo, 1999, b; Bell e Pavitt, 1993; Lall, 1992; Katz, 1987; Dahlman et al., 1987).

O objetivo principal deste estudo foi responder seguinte questão: “Como o processo de aprendizagem pode influenciar na construção de competências tecnológicas e na performance operacional da unidade de aciaria de uma usina siderúrgica?”

Para responder a esta questão, foram analisados os resultados obtidos no estudo de caso realizado para aciaria da CSN. A partir das evidências apresentadas ao longo do trabalho, pode-se concluir que os processos de aprendizagem usados pela aciaria da CSN influenciaram diretamente sobre a construção (e sustentação) de competências tecnológicas e a performance operacional nas três funções tecnológicas abordadas (processo de fabricação do aço, produto e equipamentos). A questão “como” pode ser elucidada pelas evidências apresentadas na seção características-chave dos processos de aprendizagem (variedade, intensidade, funcionamento e interação).

Em outras palavras, a unidade de aciaria da CSN acumulou competências tecnológicas inovadoras porque procurou ampliar a variedade de processos de aquisição de conhecimentos e de mecanismos de conversão, empenhando-se em criar novos desafios e ser objetiva nas fontes de conhecimentos necessárias para aprimoramento da capacitação técnica individual e coletiva; porque manteve intensos os esforços para adquirir e converter conhecimentos; porque gerenciou o funcionamento dos processos de aprendizagem de forma a ampliar e sustentar competências; e porque aumentou a interação entre os processos de aquisição de conhecimento e os mecanismos de conversão. Um aspecto que merece destaque entre os resultados obtidos é a necessidade de que estas características-chaves evoluam em conjunto para que a empresa possa ampliar sua capacitação tecnológica (Figueiredo, 1999, 2001).

Outra conclusão importante que o presente trabalho permitiu chegar foi a nítida relação encontrada entre a acumulação de competências tecnológicas em cada função e a performance. Portanto, pode-se concluir que a competitividade da aciaria da CSN está diretamente associada a acumulação e sustentação de competências tecnológicas. Fatores como redução de custos de produção e flexibilidade operacional para fabricação de novas especificações de aço, alcançados no caso estudado, permitiram a ampliação do portfólio de produtos da empresa e criou novas perspectivas de crescimento nos mercados nacional e internacional.

Um ponto que chamou a atenção no caso estudado foi a assimetria encontrada entre a taxa de acumulação de competências tecnológicas para as funções processo, produto e equipamentos. A rigor, em outros estudos (Dutrénit, 2000; Ben, 2001; Büttnebender, 2001) este fenômeno também foi observado. Entretanto, as evidências empíricas sugerem que essa assimetria encontrada não está associada a problemas de integração de competências (Dutrénit, 2000), mas a demandas típicas de cada empresa (Ben, 2001; Büttnebender,

2001), que se desenvolve de acordo com suas próprias necessidades para atender as exigências de mercado e se tornarem mais competitivas.

Em função dos resultados alcançados e das conclusões às quais pôde-se chegar com este estudo, algumas recomendações para trabalhos futuros podem ser feitas. Apesar deste estudo se concentrar na unidade gerencial de aciaria de uma usina siderúrgica, notou-se a importância da integração de competências de diferentes departamentos ou empresas. Devido a relevância deste tema, recomenda-se a realização de dois estudos específicos e distintos: um procurando estabelecer comparação entre empresas da mesma indústria que apresentaram diferentes taxas de acumulação de competências; e outra avaliando a taxa de acumulação de competências intra-empresa, comparando as possíveis assimetrias existentes entre departamentos e procurando associar estas assimetrias aos processos de aprendizagem e aos resultados operacionais.

Outra sugestão para trabalhos futuros é a realização de uma pesquisa que procure descrever a trajetória de acumulação de competências tecnológicas de empresas situadas na fronteira tecnológica, desde sua criação até o atingimento de elevados patamares de performance. A literatura sobre estas empresas procura destacar, principalmente, as ações tomadas no sentido de sustentar competências, não explorando como as mesmas as acumularam ao longo do tempo.

9. BIBLIOGRAFIA

- Ariffin, N. e Bell, M., “Patterns of Subsidiary-Parent Linkages and Technological Capability-Building in Electronics TNC Subsidiaries in Malaysia”, em Jomo, K.S. e Felker, G. (eds), *Industrial Technology Development in Malaysia*, pp. 150-190, London: Routledge, 1996.
- Ariffin, N., The internationalisation of innovative capabilities: the Malaysia electronics industry. D.Phil. Thesis, SPRU, University of Sussex, 2001.
- Bell, M., “Technical Change in Infant Industries: a Review of the Empirical Evidence”, SPRU, University of Sussex, mimeo, 1982.
- Bell, M., “Learning and the Accumulation of Industrial Technological Capacity in Developing Countries’”, em K. King e M. Fransman (eds), *Technological Capability in the Third World*, London: Macmillan, 1984.
- Bell, M., “Overheads and Notes on Lectures and Seminars”, “Technology and Development Course”, MSc in Technology and Innovation Management, SPRU, University of Sussex, 1997.
- Bell, M., Scott-Kemmis, D. e Satyarakwit, W., “Limited Learning in Infant Industry: a Case Study”, em Stewart, F. e James, J. (eds) *The Economics of New Technology in Developing Countries*. London: Frances Pinter, 1982.
- Bell, M., Ross-Larson, B. e Westphal, L.E., “Assessing the Performance of Infant Industries”. *World Bank Staff Working Papers n. 666*. Washington: The World Bank, 1984.

- Bell, M. e K. Pavitt, “Technological Accumulation and Industrial Growth: Contrasts Between Developing Countries”, *Industrial and Corporate Change*, Vol. 2, No. 2, pp. 157-211, 1993.
- Bell, M. e Pavitt, K., “The Development of Technological Capabilities”, em Haque, I.U. (ed.), *Trade, Technology and International Competitiveness*, Washington: The World Bank, 1995.
- Ben, F., “Acumulação de Competências Tecnológicas e suas Implicações para Performance Corporativa: um Estudo comparativo entre Duas Empresas da Indústria Moveleira em Bento Gonçalves – RS”, Dissertação de Mestrado, EBAPE, Fundação Getulio Vargas, 2001.
- Bessant, J., “Managing Advanced Manufacturing Technology. The Challenge of the Fifth Wave”, Oxford: Blackwell, 1991.
- Bessant, J., ‘Big Bang or Continuous Evolution: Why Incremental Innovation is Gaining Attention in Successful Organisations’, *Creativity and innovation Management*, Vol. 1, No. 2, June, 1992.
- Bessant, J.; Caffyn, S.; Gilbert, J.; Harding, R.; e Webb, S., “Rediscovering Continuous Improvement”, *Technovation*, Vol. 14, No. 1, pp. 17-29, 1994.
- Bessant, J. e Kaplinsky, R., “Industrial Restructuring: Facilitating Organizational Change at the Firm Level”, *World Development* (Special Issue), Vol. 23, No. 1, pp. 129-141, 1995.
- Bessant, J. e Caffyn, S., “High-involvement Innovation Through Continuous Improvement”, *International Journal of Technology Management*, Vol. 14, No. 1, pp. 7-28, 1997.
- Büttenbender, P.L., “Acumulação de Competências Tecnológicas e os Processos Subjacentes de Aprendizagem na Indústria Metal-Mecânica: o Caso da Empresa AGCO

- Comércio e Indústria LTDA em Santa Rosa, RS”, Dissertação de Mestrado, EBAPE, Fundação Getulio Vargas, 2001.
- Caffyn, S., “Extending Continuous Improvement to the New Product Development Process”, *R&D Management*, Vol. 27, No. 3, pp. 253-267, 1997.
- Clark, K.B. e Fujimoto, T., “Product Development Performance”, Boston, Mass: Harvard Business School Press, 1991.
- Cohen, W.M. e Levinthal, D.A., “Absorptive Capacity: a New Perspective on Learning and Innovation”, *Administrative Science Quarterly*, Vol. 35, No. 1, pp. 128-152, 1990.
- Coombs, R., “Core Competencies and the Strategic Management of R&D”, *R&D Management*, Vol. 26, No. 4, pp. 345-354, 1996.
- Dahlman, C. e Fonseca, F.V., “From Technological Dependence to Technological Development: The Case of the USIMINAS Steel Plant in Brazil”, *Working Paper*, No. 21, IBD/ECLA Research Programme, 1978.
- Dahlman, C.; Ross-Larson, B.; e Westphal, L.E., “Managing Technological Development: Lessons from the Newly Industrializing Countries”, *World Development*, Vol. 15, No. 6, pp. 759-775, 1987.
- Dosi, G., “The Microeconomic Sources and Effects of Innovation. An Assessment of Some Recent Findings. DRC Discussion Paper, n. 33, SPRU, University of Sussex, 1985.
- Dosi, G., ‘The Nature of the Innovative Process’, em Dosi, G.; Freeman, C.; Nelson, R.; Silverberg, G.; e Soete, L. (eds) *Technical Change and Economic Theory*, London: Pinter Publishers, 1988.
- Dutrénit, G., ‘Problemas de la Administracion del conocimiento en firmas latino americanas’, XXI Simpósio de Gestão da Inovação Tecnológica, São Paulo, 7-10 Novembro 2000.

- Figueiredo, P.N., Technological capability-accumulation paths and the underlying learning processes in the latecomer context: a comparative analysis of two large steel companies in Brazil. D.Phil. Thesis, SPRU, University of Sussex, 1999.
- Figueiredo, P.N., Acumulação de competências tecnológicas e processos de aprendizagem; estruturas conceituais e experiências de empresas no Brasil, FGV-EBAP, mimeo, 2001.
- Fleury, A.C.C., “Análise a Nível de Empresa dos Problemas Tecnológicos do Setor de Máquinas-Ferramentas”, São Paulo: FCAV. Mimeo, 1977.
- Fleury, A.C.C., “The Technological Behavior of State-Owned Enterprises in Brazil”, *Working Paper*, ILO, World Employment Programme Research, 1985.
- Garvin, D.A., “Building a Learning Organisation”. *Harvard Business Review*, Vol. 71, No. 4, (July-August), pp. 78-91, 1993.
- Girvan, N.P. e Marcelle, G., “Overcoming Technological Dependency: The Case of Electric Arc (Jamaica) Ltd: A Small Firm in a Small Developing Country”, *World Development*, Vol. 18, No. 1, pp. 91-107, 1990.
- Hamel, G. e Prahalad, C. K., *Competindo pelo Futuro*, Campus: Rio de Janeiro, 1994.
- Hobday, M., “Innovation in East Asia: The Challenge to Japan”, Aldershot: Edward Elgar, 1995.
- Hoffman, K., “Technological Advance and Organisational Innovation in the Engineering Industries”, World Bank IED Working Papers, *Industry Series Paper*, No. 4, Washington: The World Bank, 1989.
- Huber, G., “Organisational Learning: a Guide for Executives in Technology-Critical Organisations”, *IJTM Special Publication on Unlearning and Learning*, Vol. 11, Nos. 7/8, pp. 821-832, 1996a.
- Huber, G., “Organisational Learning: The Contributing Processes and the Literatures”, em Cohen, M.D. e Sproull, L.S. (eds), *Organisational Learning*, london: Sage, 1996b.

- Humphrey, J., “Fazendo Milagre”, São Paulo: Vozes, 1982.
- Humphrey, J., “Quality and Productivity in Industry: New Strategies in Developing Countries”, *IDS Bulletin*, Vol. 24, No. 2, pp, 1993.
- Humphrey, J., “Introduction”, *World Development*, Vol. 23, No. 1, pp. 1-7, 1995.
- Hwang, H-R., “Organisational Capabilities and Organisational Rigidities of Korean Chaebol: Case Studies of Semi-Conductor (DRAM) and Personal Computer (PC) Products”, D.Phil Thesis, SPRU, University of Sussex, 1998.
- Iansiti, M., “Technology Integration”, Boston, Mass: Harvard Business School Press, 1998.
- Iansiti, M. e Clark, K., “Integration and Dynamic Capability: Evidence from Product Development in Automobiles and Mainframe Computers”, *Industrial and Corporate Change*, Vol. 33, No. 3, pp. 557-605, 1994.
- Iansiti, M. e West, J., “Technology Integration: Turning Great Research into Great Products”, *Harvard Business Review*, Vol. 75, No. 3, pp. 69-79, 1997.
- Imai, K., “Kaizen”, New York: Randon House, 1987.
- Kaplinsky, R., “Easternisation: The Spread of Japanese Management Techniques to Developing Countries, London: Frank Cass, 1994.
- Katz, J., “Domestic Technological Innovation and Dynamic Comparative Advantages: Further Reflections on a Comparative Case-Study Program”, em Rosenberg, N. e Frischtak, C. (eds), *International Technology Transfer: Concepts, Measures and Comparisons*, New York: Praeger, 1985.
- Katz, J., “Domestic Technology Generation in LDCs: a Review of Research Findings”; em Katz, J. (ed.), *Technology Generation in Latin American Manufacturing Industries*, New York: St. Martin’s Press, 1987.

- Kim, L., 'Crisis Construction and Organisational Learning: Capability Building in Catching-up at Hyundai Motor', Paper presented at the Hitotsubashi-Organization Science Conference, Tokyo, October, 1995.
- Kim, L., 'The Dynamics of Samsung's Technological Learning in Semiconductors', *California Management Review*, Vol. 39, No. 3, pp. 86-100, 1997a.
- Kim, L., "Imitation to Innovation: The Dynamics of Korea's Technological Learning", Boston, Mass: Harvard Business School Press, 1997b.
- Lall, S., "Technological Learning in the Third World: Some Implications of Technological Exports", em Stewart, F. e James, J. (eds), *The Economics of New Technology in Developing Countries*, London: Frances Pinter, 1982.
- Lall, S., "Learning to Industrialise: The Acquisition of Technological Capability by India", London: Macmillan, 1987.
- Lall, S., 'Technological Capabilities and Industrialisation', *World Development*, Vol. 20, No. 2, pp. 165-86, 1992.
- Leonard-Barton, D., *Nascentes do Saber: Criando e Sustentando as Fontes de Inovação*. Rio de Janeiro: Fundação Getulio Vargas, 1998.
- Maxwell, P., "Technological Policy and Firm Learning Efforts in Less Developed Countries: a Case Study of the Experience of the Argentina Steel Firm Acindar SA", D.Phil Thesis, SPRU, University of Sussex, 1981.
- Maxwell, P., "Steelplant Technological Development in Latin America. A Comparative Study of the Selection and Upgrading of Technology in Plants in Argentina, Brazil, Colombia, Mexico and Peru", *Working Paper*, n. 55. Buenos Aires: ECLA/IDB/IDR/UNDP Research Programme on Scientific and Technological Development in Latin America, 1982.

- Miyazaki, K., "The Dynamics of Competence Building in European and Japanese Firms: the Case of Optoelectronics", D.Phil Thesis, SPRU, University of Sussex, 1993.
- Mitchell, G. e Hamilton, W., "Managing R&D as a Strategic Option", *Research Technology Management*, Vol. 31, No. 3, pp. 15-22, 1988.
- Mlawa, H. M., Technological Chance and Textiles Industry in Tanzania, 1996.
- Mody, A.; Suri, R; e Sanders, J., "Keeping Pace up with Change: Organisational and Technological Imperatives", *World Development*, Vol. 20, No. 12, pp. 1797-1816, 1992.
- Nelson, R., "The Role of Firm Differences in a Evolutionary Theory of Technical Advance", *Science and Public Policy*, Vol. 18, No. 6, pp. 347-352, 1991.
- Nelson, R.; e Winter, S., "An Evolutionary Theory of Economic Change", Cambridge: Harvard University Press, 1982.
- Nonaka, I & Takeuchi, H., Criação de Conhecimento na Empresa, Rio de Janeiro: Campus, 1997.
- Pavitt, K., 'What We Know about the Strategic Management of Technology', *California Management Review*, Vol. 32, No. 2, pp. 17-26, Spring, 1990.
- Pavitt, K., "Key Characteristics of the Large Innovating Firm", *British Journal of Management*, Vol. 2, pp. 41-50, 1991.
- Pavitt, K. e Patel, P., 'Technological Competences in the World's Largest Firms: Characteristics, Constrains and Scope for Managerial Choice'. *STEEP Discussion Paper*, No. 13, Brighton, SPRU, May, 1994.
- Penrose, E.T., "The Theory of the Growth of the Firm, Oxford: Basil Blackwell, 1959.
- Pérez, L. e Pérez y Peniche, J., "A Summary of the Principal Findings of the Case-Study on the Technological Behavior of the Mexican Steel Firm Altos Hornos de Mexico",

- em Katz, J. (ed.), *Technology Generation in Latin American Manufacturing Industry*, New York: St. Martin's Press, 1987.
- Piccinini, M., "Technical Change and Energy Efficiency: a Case Study in the Iron and Steel Industry in Brazil", D.Phil Thesis, SPRU, University of Sussex, 1993.
- Pisano, G., "The Development Factory: Unlocking the Potential of Process Innovation", Boston, Mass: Harvard Business School Press, 1997.
- Scott-Kemmis, D., "Learning and the Accumulation of Technological Capacity in Brazilian Pulp and Paper Firms", *Working Paper*, No. 187, World Employment Programme Research (2-22), 1988.
- Senge, P., "The Fifth Discipline: The Art and Practice of the Learning Organisation", London: Century Business, 1990.
- Stewart, F e James, J., "Introduction", em Stewart, F. e James, J. (eds), "The Economics of New Technology in Development Countries", London: Frances Pinter, 1982.
- Rothwell, R., 'Successful Industrial Innovation: Critical Factors for the 1990s. *R&D Management*, No. 22(3), pp.221-239, 1992.
- Teece, D.; Pisano, G. e Shuen , 'Firm Capabilities, and the Concept of Strategy: Four Paradigms of Strategic Management', *CCC Working Paper*, No.94-9, University of California at Berkeley, December, 1990.
- Tidd, J.; Bessant, J.; e Pavitt, K., "Managing Innovation: Integrating Technological Market and Organisational Change", Chichester: Wiley, 1997.
- Tiralap, A., "The Economics of the Process of Technical Change of the Firm: the Case of the Electronics Industry in Thailand", D.Phil Thesis, SPRU, University of Sussex, 1990.

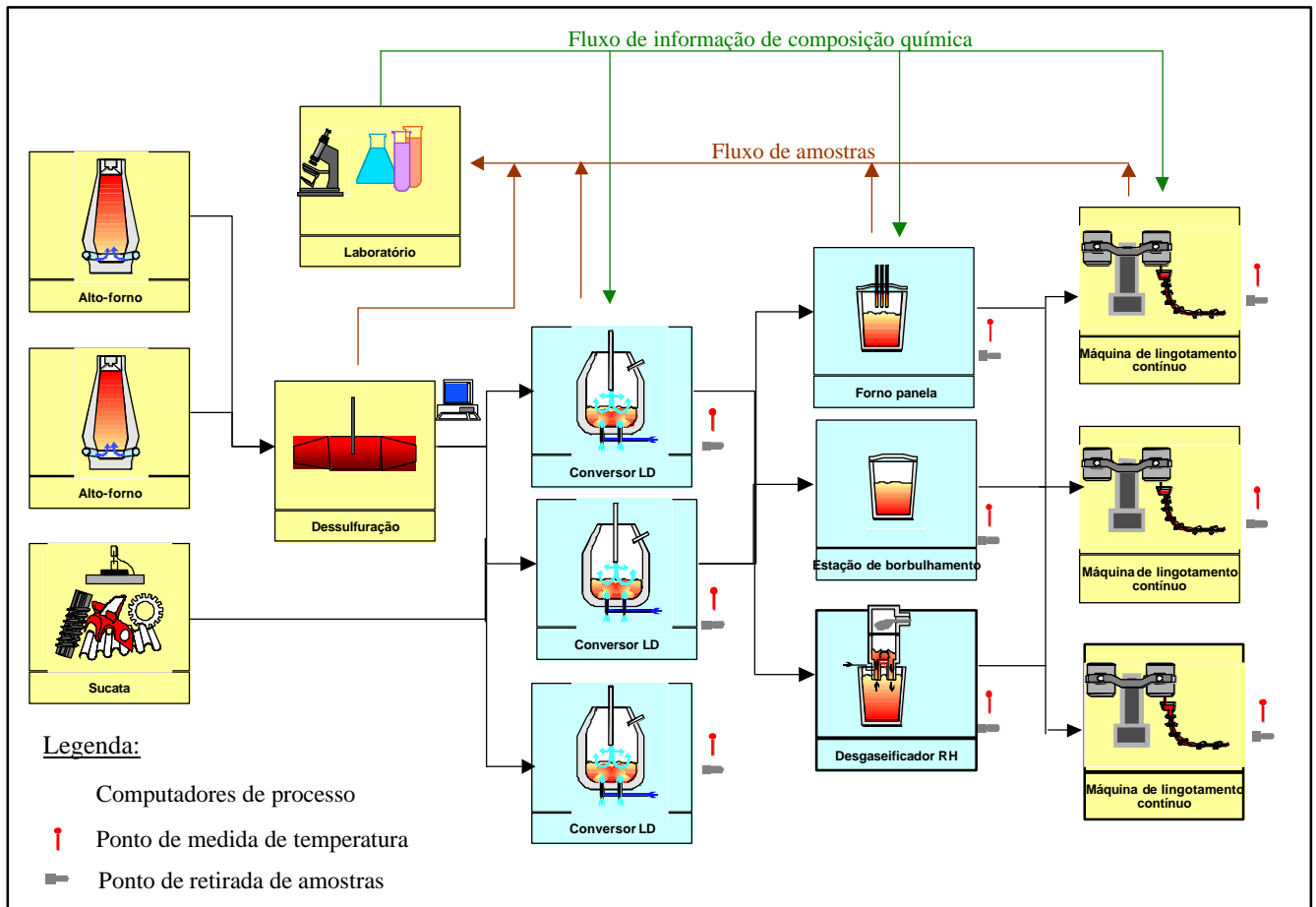
- Tremblay, P., “Comparative Analysis of Technological Capability and Productivity Growth in the Pulp and Paper Industry in Industrialised and Industrialising Countries”, D.Phil Thesis, SPRU, University of Sussex, 1994.
- Tremblay, P., ‘Technological Capability and Productivity Growth: an Industrialised/Industrialising Country Comparison’, *Scientific Series*, Centre interuniversitaire de reserche en analyse des organisations – CIRANO, Montréal, March, 1998.
- Vergara, S.C., *Projetos e Relatórios de pesquisa em Administração*, São Paulo: Atlas, 2000.
- Viana, H.A.P., “International Technology Transfer, Technological Learning and the Assimilation of Imported Technology in a State-Owned Enterprise: the Case of SIDOR Steel Plant in Venezuela”, D.Phil Thesis, SPRU, University of Sussex, 1984.
- Winter, S., “On Coarse, Competence, and the Corporation”, *Journal of Law, Economics, and Organisation*, Vol. 4, No. 1, pp. 163-180, 1988.
- Womack, J.; Jones, D.; e Roos, D., “The Machine that Changed the World”, New York: Rawson Associates, 1990.
- World Development, Special Issue, Vol. 12, Nos. 5/6 (May/June), 1984.
- Yin, R. K., *Estudo de Caso: Planejamento e Métodos*, Porto Alegre: Bookman, 2001.

RELAÇÃO DE ANEXOS

ANEXO A – Fluxo de produção em uma usina siderúrgica integrada.

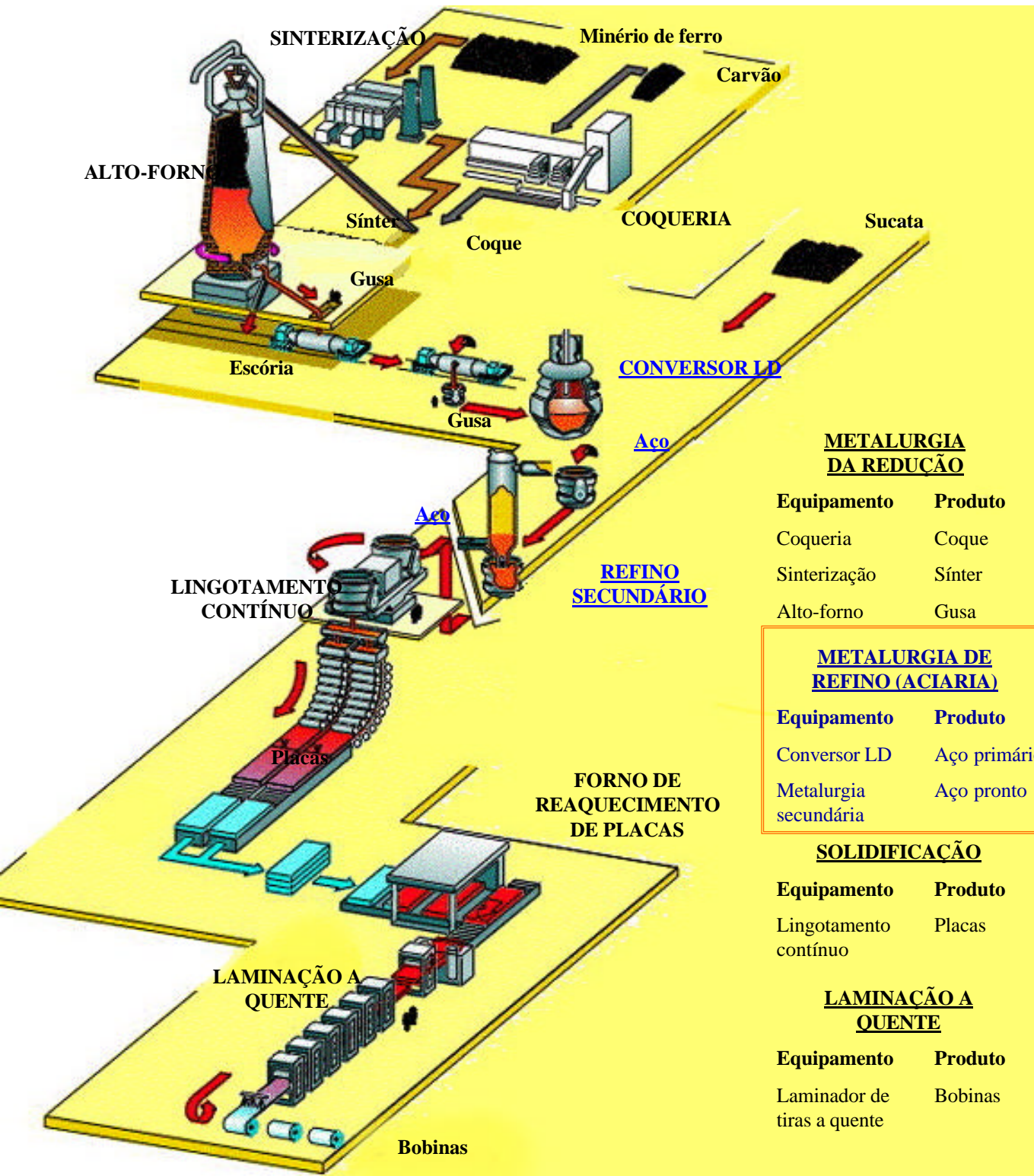
ANEXO B – Apresentação dos produtos finais fabricados a partir de bobinas de aço para diferentes formas de acabamento na CSN.

ANEXO C – Matrizes de correlação entre os diferentes processos de aquisição de conhecimento e os mecanismos de conversão.



ANEXO A (CONTINUAÇÃO) - FLUXO DE PRODUÇÃO DE AÇO NA CSN, MOSTRANDO AS PRINCIPAIS MATÉRIAS-PRIMAS E PRODUTOS DE CADA PROCESSO.

DESTAQUE PARA O PROCESSO DE ACIARIA.



ANEXO B - LINHA DE PRODUTOS FABRICADOS COM BOBINAS DE AÇO DA CSN
LAMINADOS A QUENTE



Construção civil: estruturas metálicas



Indústria automobilística: longarinas e estruturas



Indústria automobilística: rodas e aros



Vasilhames: botijões



Implementos agrícolas: disco de arado

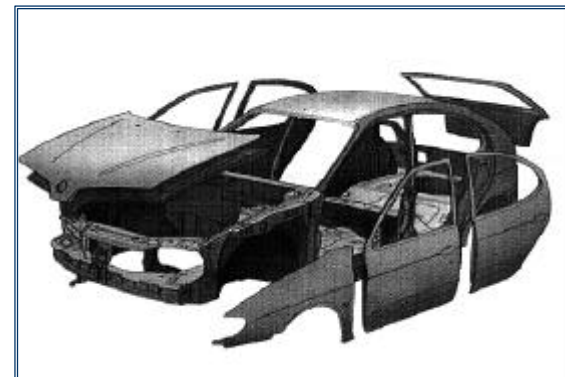


Construção civil: tubos

ANEXO B - LINHA DE PRODUTOS FABRICADOS COM BOBINAS DE AÇO DA CSN
LAMINADOS A FRIO



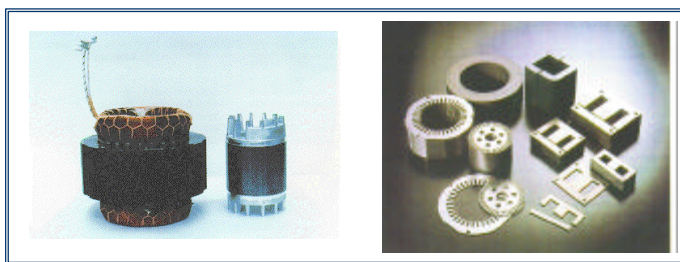
Linha branca: fogões, lavadora de roupas, refrigeradores e condicionadores de ar



Indústria automobilística: peças externas e internas



Utilidades domésticas: mesas e cadeiras

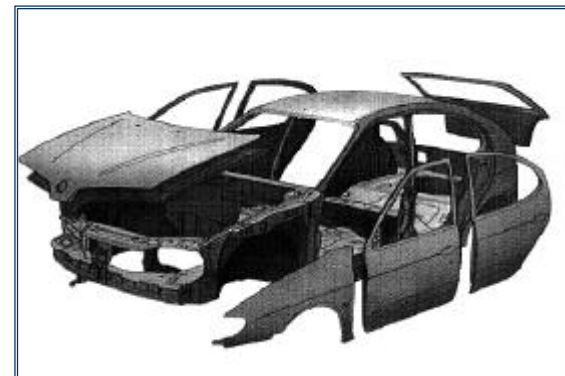


Fins elétricos: núcleo de motores

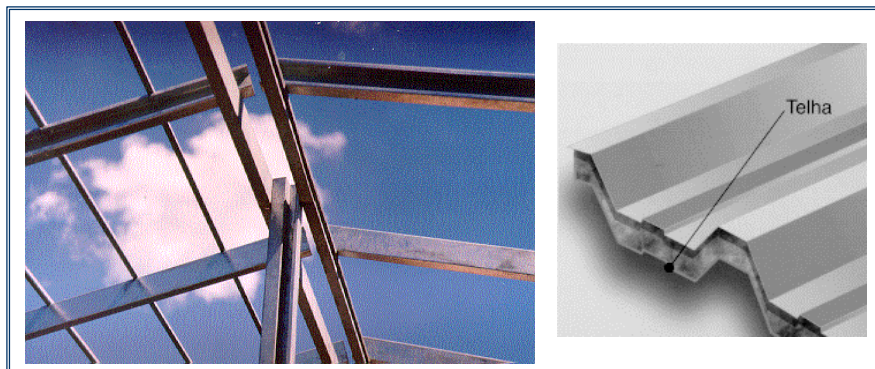
ANEXO B - LINHA DE PRODUTOS FABRICADOS COM BOBINAS DE AÇO DA CSN GALVANIZADOS



Linha branca: fogões, lavadora de roupas, refrigeradores e condicionadores de ar



Indústria automobilística: peças externas e internas



Construção civil: engradamentos e telhas

ANEXO B - LINHA DE PRODUTOS FABRICADOS COM BOBINAS DE AÇO DA CSN

FOLHAS METÁLICAS



Embalagens metálicas de produtos alimentícios



Embalagens metálicas de produtos para construção civil (tintas, massas, solventes etc.)



Embalagens metálicas para bebidas carbonatadas



Embalagens metálicas para revestimento de pilhas



Embalagens metálicas para tampas de abertura fácil

ANEXO C - INTERAÇÃO ENTRE OS PROCESSOS DE APRENDIZAGEM NO ANO DE 1997.

[illegible]

172

	Interação	
	11	
	9	
	1	
	10	
	12	
	9	
	16	
	1	
	1	
	1	
	1	
	1	
	1	0,21
	9	
	16	
	16	
	12	
	19	
	16	
	19	
	5	
	1	
	1	
	1	
	1	
	1	
	1	0,22
	10	
	13	
	7	
	5	
	5	
	14	
	1	
	1	
	1	
	1	
	1	
	1	0,10
	16	
	11	
	10	
	14	
	16	
	8	
	1	
	1	
	1	
	1	
	1	
	1	
	1	0,15
0,17		Fraca

[illegible]

Interação	
12	
9	
9	
10	
12	
9	
16	
1	
1	
1	
1	
1	
1	
1	0,23
10	
17	
17	
12	
19	
17	
19	
5	
1	
1	
1	
1	
1	
1	0,23
1	
10	
14	
7	
5	
5	
14	
1	
1	
1	
1	
1	
1	0,10
17	
12	
10	
14	
16	
8	
1	
1	
1	
1	
1	
1	
1	0,16
0,17	Fraca

ANEXO C - INTERAÇÃO ENTRE OS PROCESSOS DE APRENDIZAGEM NO ANO DE 1999.

		EXTERNA														INTERNA														SOCIALIZAÇÃO														CODIFICAÇÃO															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55			
EXTERNA	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
	3	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0			
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0			
	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0				
	6	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0					
	7	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
	8	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0				
	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
	10	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0		
	11	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0				
	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	INTERNA	15	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0		
16		0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0			
17		0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0			
18		0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0				
19		0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0					
20		0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0					
21		0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0			
22		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
23		0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0					
24		0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0				
25		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
26		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
27		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
28		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
29		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SOCIALIZAÇÃO	30	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
	31	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	
	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	35	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						

Interação	
1	
1	
12	
15	
12	
9	
1	
18	
1	
17	
14	
1	
1	
1	0,29
13	
20	
22	
13	
17	
16	
19	
4	
12	
16	
1	
1	
1	
1	0,29
1	
11	
20	
6	
7	
4	
17	
5	
5	
14	
1	
1	
1	0,16
26	
19	
15	
20	
22	
10	
22	
19	
1	
9	
1	
1	
1	
1	0,31
0,26	Moderada

ANEXO C - INTERAÇÃO ENTRE OS PROCESSOS DE APRENDIZAGEM NO ANO DE 2000.

		EXTERNA													INTERNA																	SOCIALIZAÇÃO										CODIFICAÇÃO																		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55				
EXTERNA	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0					
	6	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
	7	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
	8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
	9	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0			
	10	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	11	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
	12	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
INTERNA	15	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0			
	16	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	17	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	18	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
	20	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	21	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	23	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	24	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	25	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	26	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SOCIALIZAÇÃO	30	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	31	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	35	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0																																

Interação	
1	
1	
1	
21	
12	
9	
1	
1	
6	
17	
14	
5	
1	0,25
1	
13	
19	
20	
13	
20	
17	
23	
6	
14	
20	
4	
3	
1	
1	
1	0,32
13	
18	
6	
7	
4	
17	
5	
5	
12	
1	
1	
1	0,15
25	
17	
14	
20	
21	
10	
20	
17	
4	
9	
1	
1	
1	
1	0,30
0,26	Moderada

ANEXO C - INTERAÇÃO ENTRE OS PROCESSOS DE APRENDIZAGEM NO ANO DE 2001.

[illegible]

Iteração	
1	
1	
1	
17	
15	
9	
1	
1	
1	
19	
18	
3	
9	
14	0,31
13	
22	
21	
16	
21	
17	
28	
6	
14	
25	
1	
1	
4	
9	
4	0,37
12	
19	
8	
7	
4	
18	
5	
5	
13	
9	
10	
10	0,21
31	
17	
14	
23	
23	
10	
11	
20	
1	
9	
5	
5	
9	
11	0,35
0,31	Forte