

Aprendizagem Tecnológica Compensa? Implicações da Acumulação de Competências para o Aprimoramento de Performance Técnica na Aciaria da CSN (1997-2001)

Autoria: Eduardo Côrtes de Castro

Resumo

Este artigo enfoca as implicações dos processos de aprendizagem para acumulação de competências tecnológicas e aprimoramento da performance técnica. Esta relação é examinada na unidade de aciaria da Companhia Siderúrgica Nacional (1997 – 2001). São usadas estruturas analíticas desenvolvidas recentemente na literatura sobre acumulação de competências tecnológicas e processos de aprendizagem, porém adaptadas para unidade estudada. As competências tecnológicas são avaliadas em níveis de competência para as funções processo, produto e equipamentos. A aprendizagem tecnológica é analisada em processos (aquisição de conhecimento externo/interno, socialização e codificação) e examinada à luz das características-chave (variedade, intensidade, funcionamento e interação). Observou-se que a acumulação de competências tecnológicas através dos processos de aprendizagem teve implicações positivas sobre a performance técnica da unidade.

1. Introdução

O interesse de pesquisadores pelas implicações das competências da firma para aprimoramento de sua performance técnica econômica está refletido em clássicos estudos gerados a partir da década de 50 (Penrose, 1959; Hollander, 1965). Baseando-se nesses estudos, no final dos anos 70 um grupo pioneiro de pesquisadores iniciou esforços para explicar o desenvolvimento de competências tecnológicas inovadoras em empresas de economias emergentes. Na América Latina, grande parte dos estudos foi implementada no Programa de Pesquisa em Ciência e Tecnologia (ECLA/IBD/IDRC/UNDP), alguns deles sumariados em Katz (1987). A maioria dos estudos na Ásia fez parte do projeto de pesquisa Aquisição de Competência Tecnológica, do Banco Mundial, sumariados em Lall (1984). Esses estudos revelaram a importância dos mecanismos de aprendizagem para acumulação de competências tecnológicas inovadoras em empresas de economias emergentes. Porém, do início dos anos 80 ao início dos 90 estudos dessa natureza tornaram-se escassos. Essa ausência de estudos limitou a geração de novas explicações sobre essas questões em empresas de economias emergentes, particularmente no Brasil. Somente em meados dos anos 90 novos estudos, com adequado nível de profundidade, detalhe e cobertura de longo prazo, emergiram para explicar a relação entre os processos de aprendizagem e a de acumulação de competências tecnológicas em empresas industriais na Coreia do Sul, México e Brasil (Kim, 1997a/b; Dutrénit, 2000; Figueiredo, 2001).

Figueiredo (2001) desenvolve e aplica modelos analíticos para explicar como os processos de aprendizagem influenciam o modo e a velocidade de acumulação de competências tecnológicas e, por sua vez, as diferenças entre empresas em termos de aprimoramento de performance técnica em siderúrgicas no Brasil. Estudos recentes adaptaram tais modelos para aplicá-los a empresas de celulose e papel e metal mecânica (Buttenbender, 2002; Tacla, 2002). Porém, tais estudos não examinam as implicações da acumulação de competências para o aprimoramento de performance técnica econômica. Este trabalho avança em relação a Figueiredo (2001) ao aprofundar a análise e examinar o relacionamento entre essas três questões numa unidade chave de uma siderúrgica – a aciaria. Isto possibilitará aprofundar o entendimento das implicações práticas dos processos de aprendizagem para atividades inovadoras e, por sua vez, o aprimoramento de performance numa unidade específica de uma grande empresa. Isto também poderá possibilitar futuras comparações dentro e entre empresas em termos de unidades específicas. Neste trabalho, aprendizagem é entendida como um *processo* pelo qual a empresa acumula competências tecnológicas próprias, transformando

conhecimento individual em organizacional. Competência tecnológica é entendida aqui como a capacidade de introduzir mudanças técnicas incrementais em processos de fabricação do aço, desenvolvimento de produtos e melhoria de equipamentos. Em suma, são recursos incorporados no conhecimento tácito, experiência e habilidade dos indivíduos e nos sistemas organizacionais (Bell & Pavitt, 1995). As Seções 3 e 4 apresentam as estruturas analíticas para acumulação de competências e os processos de aprendizagem, à luz das quais evidências empíricas serão examinadas. A Seção 5 apresenta a metodologia. A seção 6 enfoca a acumulação de competências tecnológicas, processos de aprendizagem e implicações para o aprimoramento da performance na empresa em estudo (1997 – 2001). A seção 7 apresenta as conclusões do estudo.

2. O Contexto Empírico

Este artigo baseia-se em estudo de caso individual para examinar as implicações dos processos de aprendizagem para acumulação de competências tecnológicas e para aprimoramento da performance técnico econômica. Esta relação é examinada na unidade de aciaria da CSN, localizada em Volta Redonda – RJ (1997 - 2001). A CSN foi criada em 1946 como pioneira na industrialização no país. O início da produção de aço no Brasil serviu de suporte para o desenvolvimento de outras atividades industriais e de infra-estrutura. Os produtos da CSN atendem aos mais diversos fins, desde construção civil até indústria automobilística e embalagens.

A aciaria da CSN entrou em operação em 1946. Inicialmente, a tecnologia de produzir aço baseava-se em fornos Siemens Martin (SM), que operavam a céu aberto, transformando o gusa em aço com injeção de ar. Em 1977, partiram os fornos básicos a oxigênio (injeção de oxigênio ao invés de ar), chamados conversores LD. Estes permitem a conversão do gusa em aço em minutos, enquanto os fornos SM necessitavam horas para fazer uma corrida de aço.

Em 1997, a CSN atingiu a marca de 100 milhões de toneladas de aço líquido. Em 2002, a produção foi de 5,1 milhões de toneladas. A CSN é a maior produtora da América Latina e maior empresa do setor siderúrgico, com faturamento de R\$ 5,4 bilhões em 2002. Em 2001, o Brasil foi o 9º maior produtor de aço bruto do mundo com uma produção de 26,7 milhões de toneladas, que corresponde a 3,2% da produção mundial e 70% da produção da América Latina. O Brasil ocupa a 10ª posição entre os exportadores de aço, atrás do Japão, Rússia, Alemanha, Ucrânia, Bélgica/Luxemburgo, França, Coreia do Sul, Itália e China.

A aciaria é o “coração” da usina. Nela o gusa, produzido nos altos-fornos, transforma-se aço. Esta transformação envolve processos que dão ao aço características de qualidade especiais, como ajuste de composição química e grau de limpeza interna (remoção de elementos químicos detrimenais ao uso no cliente final). Toda produção numa siderúrgica passa pela aciaria. Assim, além da influência sobre a qualidade, a aciaria é responsável pelo ritmo de produção.

A CSN, como maior siderúrgica do Brasil (e da América Latina), é responsável por aproximadamente 17% da produção nacional, e compete no mercado global com produtos de elevado valor agregado, como folhas de flandres, galvanizados, laminados a quente, a frio e placas.

3. Modelo para Exame da Acumulação de Competências Tecnológicas

A trajetória de acumulação de competências na unidade de aciaria da CSN é examinada à luz da estrutura proposta por Figueiredo (2001). Esta estrutura é adaptada para unidade gerencial estudada e é apresentada na Tabela 1. Pela Tabela 1, observa-se que a acumulação de competências pode variar de níveis básicos (atividades de 'rotina') até níveis de elevado grau de complexidade (atividades 'inovadoras'). Na Tabela 1, a primeira coluna mostra os níveis de competência e as demais colunas, as funções tecnológicas estudadas (processo de

produção, produto e equipamentos). Nas linhas estão dispostos os graus de dificuldade referentes a cada nível de competência, mostrando a respectiva descrição para cada função.

4. Modelo para exame dos Processos Subjacentes de Aprendizagem

O presente estudo aplica a estrutura analítica desenvolvida em Figueiredo (2001) para examinar os processos de aprendizagem na empresa (Tabela 2). Na Tabela 2, estão dispostos na primeira coluna os processos de aprendizagem, subdivididos em aquisição de conhecimento externo ou interno e conversão de conhecimento pela socialização ou codificação. As demais colunas são compostas das características-chave dos processos de aprendizagem (variedade, intensidade, funcionamento e interação). A estrutura analítica deste trabalho é constituída pelas Tabelas 1 e 2, que permitem o exame da relação entre acumulação de competências tecnológicas e processos de aprendizagem, e aprimoramento da performance técnica econômica da unidade estudada. Este trabalho reconhece que além dos processos de aprendizagem, fatores externos à empresa podem contribuir para acumulação de competências (Lall, 1992; Bell & Pavitt, 1995; Kim, 1995, 1997a; Figueiredo, 2001), tais como políticas governamentais para desenvolvimento tecnológico industrial, condições macroeconômicas etc.. A acumulação de competências também pode ser influenciada por fatores internos, como liderança e valores da empresa (Leonard-Barton, 1998; Figueiredo, 2001). Estes fatores externos ou internos à empresa estão, porém, fora do escopo deste trabalho.

Tabela 1 – 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 (conversores LD e metalurgia de panela simples) com controle manual de equipamentos e de parâmetros produção. Registros de produção feitos manualmente.	Reprodução de aços simples, conforme especificações comuns (SAE ou NBR). Controle de qualidade por inspeção e reclamação de clientes. Fornecimento voltado para o 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 (conversores LD com sopro combinado e sublança, metalurgia de panela em desgaseificadores a vácuo, forno panela ou por aquecimento químico), 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. Frequentes 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. Determinação de novas especificações a partir da integração de competências próprias com competências dos departamentos de pesquisa, assistência técnica e das linhas de laminação.	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 contribuições 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 desenvolvimento 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.	Integração entre os departamentos de P&D, Engenharia e operação para desenvolvimento de novos produtos. Elaboração de novas especificações através da experimentação em escala piloto, visando o desenho e desenvolvimento de produtos complexos e de alto valor agregado.	Continua 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 & Pavitt (1995) e Lall (1992).

Tabela 2 – Processos de aprendizagem em empresas em industrialização: 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, intermitente, ocorrer uma vez.	O modo como o processo é criado e o modo como ele opera ao longo do tempo.	Modo como um processo influencia outro processo de aquisição externa ou interna de e/ou outro processo de conversão.

Aquisição externa de conhecimento	Presença ou ausência de processos para adquirir conhecimento fazendo atividades (de rotina ou inovadoras) internas.	O modo como a empresa usa diferentes processos para aquisição interna de conhecimento.	O modo como o processo é criado e como ele opera ao longo do tempo tem implicações para variedade e intensidade.	Processo de conhecimento interno pode ser influenciado por processo de aquisição externa.
Processos e mecanismos de conversão de conhecimento				
Socialização de conhecimento	Presença/ausência de diferentes processos através dos quais indivíduos compartilham seu conhecimento tácito.	O modo como processos prosseguem ao longo dos anos. Intensidade contínua do processo de socialização do conhecimento pode influenciar codificação.	Modo como mecanismos de socialização são criados e operam ao longo do tempo. Tem implicações p/ variedade/intensidade do processo de conversão.	Condução de diferentes conhecimentos tácitos para um sistema efetivo. Socialização pode ser influenciada por processos de aquisição externa/interna.
Codificação de conhecimento	Presença/ausência de diferentes processos e mecanismos para codificar o conhecimento tácito.	Modo como processos como padronização de operações são feitos. Codificação ausente ou intermitente pode limitar aprendizagem organizacional.	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.	Modo como codificação de conhecimento é influenciada por processos de aquisição de conhecimento ou por processos de socialização.

Fonte: Figueiredo (2001).

5. Metodologia

Para examinar ‘se’ e ‘como’ ocorreu acumulação de competências tecnológicas na aciaria da CSN, utilizou-se o método de estudo de caso individual (Yin, 2001). O estudo foi estruturado para examinar as seguintes questões: (i) como ocorreu a dinâmica de acúmulo de competências tecnológicas na aciaria da CSN relativas as atividades processo, produto e equipamentos no período compreendido entre 1997 e 2001; (ii) o papel dos processos de aprendizagem no modo e velocidade de acumulação de competências neste período; e (iii) quais foram as implicações da acumulação de competências para performance técnica. Para exame destas questões, foi feita coleta de evidências, qualitativas e quantitativas, sobre atividades tecnológicas, processos e mecanismos de aprendizagem usados e resultados de performance da unidade (1997-2001). Essas evidências foram obtidas através das seguintes fontes: entrevistas com gerentes, engenheiros e técnicos, pesquisas a documentos (relatórios, padrões, dados históricos etc.) e observações diretas. A adaptação da estrutura na Tabela 1 foi feita baseada em entrevistas com especialistas da indústria de siderurgia. As características-chave do processo de aprendizagem são avaliadas de acordo com os critérios apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Critérios para avaliar as características-chave do processo de aprendizagem.

Característica-chave	Avaliação	Critério
Variedade	Ausente	Número de processos (N) = 0
	Limitada	$N \leq 5$
	Moderada	$5 < N \leq 10$
	Diversa	$N > 10$
Intensidade	Uma vez	Uso do processo de aprendizagem implementado apenas uma vez e abandonado ou descontinuado permanentemente durante o período examinado.
	Intermitente	Uso de cada processo de aprendizagem de forma descontínua ou de forma ‘interrompe-inicia’ durante o período examinado.
	Contínua	Uso de cada processo de aprendizagem implementado continuamente durante todo período examinado.
Funcionamento	Ruim	Este conceito foi operacionalizado combinando: (1) percepções, comentários e avaliações de diferentes entrevistados durante diferentes fases do trabalho de campo; (2) notas de observações feitas no campo; (3) sistemática busca em
	Moderado	
	Bom	

	Excelente	campo; (2) notas de observações feitas no campo; (3) sistemática busca em relatórios; (4) comparação sistemática de evidências dos processos de aprendizagem ao longo do tempo na unidade estudada envolvendo: (i) motivação para construir processos de aprendizagem; (ii) como o processo de aprendizagem é operado (e.g. critério para enviar profissionais para treinamento no exterior); (iii) tipo de envolvimento da alta gerência e do chão-de-fábrica; (iv) abrangência do processo de aprendizagem no nível corporativo (e.g. limitado a uma unidade ou grupo de pessoas ou difundido para toda corporação); (v) reorganização, atualização, fortalecimento, desmantelamento ou enfraquecimento do processo de aprendizagem; e (vi) em particular, o tipo de implicações observadas para construção de rotina e/ou capacidade tecnológica inovadora.
--	-----------	--

Fonte: adaptada de Figueiredo (2001).

A avaliação da característica-chave interação foi feita entre e dentro dos processos de aprendizagem através de uma matriz de correlação. Assim, a interação de cada mecanismo dos processos pôde ser feita em relação a qualquer outro mecanismo para cada ano. A Tabela 4 apresenta esquema de como obteve-se o índice de interação. Aplicando-se o princípio de matriz, a interação entre mecanismos de cada processo de aprendizagem é considerada como existente ou não. Em tese, um mecanismo poderia interagir com todos os demais, ou seja, ter 100% de interação. Com base nesse princípio, a avaliação da interação foi feita através da relação entre o número de interações de um mecanismo com os demais e o total de interações possíveis. O critério para avaliar interação foi: fraca ($I \leq 15\%$); moderada ($15 > I < 25\%$); forte ($I \geq 25\%$).

Tabela 4 – Matriz de correlação entre os mecanismos de aprendizagem, indicando os tipos possíveis de interação (ENTRE e DENTRO dos processos).

	Conhecimento externo	Conhecimento interno	Socialização	Codificação
Conhecimento externo	DENTRO	ENTRE	ENTRE	ENTRE
Conhecimento interno	ENTRE	DENTRO	ENTRE	ENTRE
Socialização	ENTRE	ENTRE	DENTRO	ENTRE
Codificação	ENTRE	ENTRE	ENTRE	DENTRO

Fonte: elaboração própria do autor.

6. Acumulação de Competências Tecnológicas, Processos de Aprendizagem e Aprimoramento de Performance Técnica

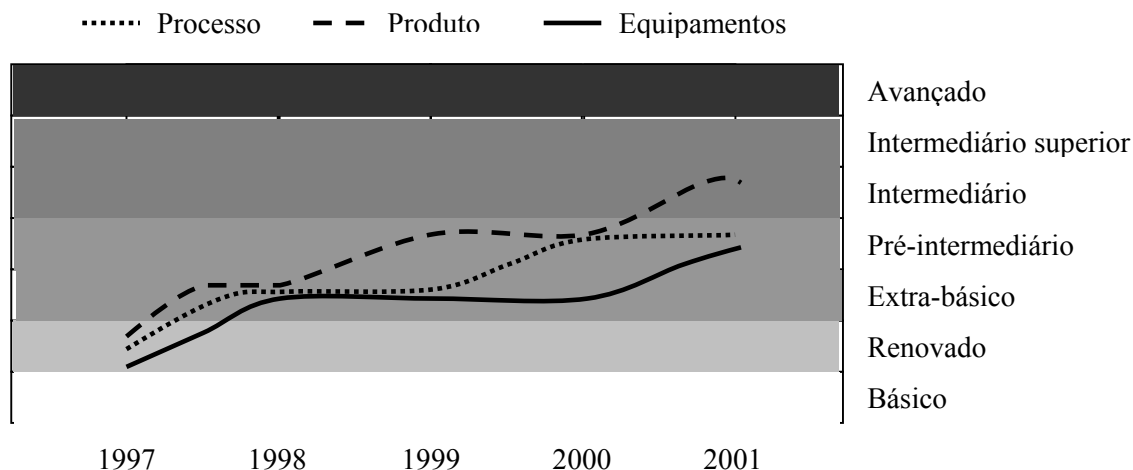
6.1. Acumulação de Competências Tecnológicas

Esta seção examina/descreve a trajetória de acumulação de competências na aciaria da CSN para as dimensões processo, produto e equipamentos no período de 1997 a 2001. Esta avaliação usou a estrutura da Tabela 1, que estabelece os níveis de competência em cada função.

A Figura 2 mostra que a aciaria da CSN acumulou competências tecnológicas inovadoras a partir de 1999 para as funções processo, produto e equipamentos. Entretanto, a velocidade de acumulação de novas competências que cada processo experimentou a partir deste ano variou durante o período estudado. Enquanto a função produto alcançou o nível intermediário em 2001, as funções processo e equipamentos atingiram o nível pré-intermediário. Observa-se que a função equipamentos levou mais tempo que as demais para mudar de nível. A assimetria encontrada também pode ser verificada em estudos empíricos em diferentes indústrias (Pavitt, 1998; Figueiredo, 2001; Dutrénit, 2000). Observa-se também que a acumulação de competências ocorreu a partir de níveis básicos de capacitação tecnológica, níveis estes que formaram uma base para desenvolvimento de novas competências. Estes

resultados alinham-se com estudos de Dahlman et al. (1987), Lall (1992) e Kim (1997a, 1997b).

Figura 2 – Trajetória de acumulação de competências tecnológicas na aciaria da CSN para as funções processo, produto e equipamentos (1997 a 2001).



Fonte: elaboração própria do autor.

O fato dos resultados deste estudo se diferenciarem dos encontrados por Figueiredo (2001) para mesma empresa não sugere uma inconsistência. Enquanto Figueiredo (2001) teve como objeto de estudo a empresa como um todo, este trabalho se concentrou na unidade de aciaria. Esta diferença se justifica pela possibilidade de existência de assimetria entre unidades (Dutrénit, 2000) e pelo conteúdo mais específico para avaliação da acumulação de competências na aciaria (Tabela 1). Entretanto, ambos estudos sugerem que a acumulação e sustentação de competências de rotina foram essenciais para que a aciaria da CSN construísse capacitação inovadora. Em resumo, a aciaria da CSN não poderia desenvolver processos de fabricação de aço pelo sistema de desgaseificação à vácuo caso não tivesse adquirido competências na produção através do sistema convencional. Adicionalmente, especificações de aço mais elaboradas não poderiam ser concebidas sem que houvesse um histórico de desenvolvimentos a partir de especificações mais simples. O presente estudo também permite sugerir que a taxa de acumulação de competências em uma função pode ser influenciada pela velocidade com que outra função se desenvolve. Conforme proposto por Rothwell (1994) e confirmado empiricamente por Figueiredo (2001), as competências tecnológicas podem se tornar interdependentes. Um exemplo observado neste trabalho é a relação entre desenvolvimento de novos produtos (aço *interstitial free* para automóvel) e processos (fabricação de aço ultra baixo carbono) a partir da acumulação de competências em equipamentos (desgaseificador a vácuo RH).

6.2. Processos de Aprendizagem

Os processos de aprendizagem na aciaria da CSN foram avaliados através das características-chave: variedade, intensidade, funcionamento e interação à luz dos critérios para avaliação de cada característica-chave, apresentados na Seção 5 (Metodologia).

Variedade dos processos de aprendizagem – a Tabela 5 mostra a variedade de mecanismos empregados pela aciaria da CSN em cada processo de aprendizagem. As evidências apontam que a acumulação de competências tecnológicas na aciaria da CSN foi acompanhada pelo aumento progressivo na variedade de mecanismos de aquisição e conversão do conhecimento.

Em 1997, haviam 26 mecanismos de aquisição e conversão do conhecimento. Nesse período, iniciaram atividades de modernização tecnológica das instalações. Em especial, a aquisição de conhecimentos externos em cursos e visitas técnicas para instalação dos sistemas de

desgaseificação à vácuo e forno panela. Estes conhecimentos, associados a importação de profissionais, seriam fundamentais para partida dos novos equipamentos e desenho dos novos processos de fabricação, o que ocorreria em 1998. Atividades internas para aquisição e conversão do conhecimento estavam associadas, principalmente, a manutenção de competências de rotina.

Em 1998, houve acréscimo de 2 mecanismos de aquisição do conhecimento externo. Os mecanismos de conversão permaneceram estáveis. Os novos mecanismos de aquisição de conhecimento externo (formação de engenheiros e assistências técnicas externas) permitiram a acumulação de novas competências tecnológicas nas 3 funções (processo, produto e equipamentos), especialmente nas novas tecnologias de metalurgia secundária (desgaseificador a vácuo e forno panela). O aumento na complexidade dos processos de fabricação de aço exigiu a ampliação da capacitação individual e organizacional. As principais formas de conversão de conhecimento foram a padronização de atividades e treinamentos externos (outras siderúrgicas) e internos. Estes mecanismos permitiram novas atividades para implantação de novos equipamentos, novos processos e produção de novos produtos em poucos meses.

Em 1999, houve acréscimo de 9 mecanismos quando comparado com 1998. Em 1999, tiveram início parcerias com clientes para desenho de novas especificações de aço, implicando no aumento no número de especificações feitas, e com fornecedores para aperfeiçoamento de processos, especialmente para aumento da campanha dos conversores LD. Mecanismos de aquisição de conhecimento interno também foram introduzidos (treinamento em CEP, reuniões de desenvolvimento do sistema SAP/R3 e aumento de grupos de CCQ). Estes mecanismos permitiram a ampliação da capacidade técnica no sentido de aumentar o controle sobre parâmetros de produção, integração de informações e participação do chão de fábrica na solução de problemas. Neste período, foram criados 3 mecanismos de socialização e 3 de codificação, ampliando o fluxo de informações técnicas do nível individual para o organizacional.

Em 2000, haviam 40 mecanismos para aquisição e conversão do conhecimento. Os principais mecanismos eram a interação com fornecedor de novas tecnologias (conhecimento externo), desenvolvimento de projetos com departamentos de engenharia e pesquisa (conhecimento interno). Estas atividades permitiram adquirir novas competências para desenvolvimento de novos processos de fabricação de aço, motivados pela elevação no número de especificações. O aperfeiçoamento das técnicas de produção foi influenciado pelas atividades iniciadas nos anos anteriores, como treinamento de operadores, grupos para tratamento de anomalias e padronização. Estes mecanismos tiveram influência sobre o índice de acerto de temperatura do aço.

Em 2001, haviam 48 mecanismos de aquisição e conversão do conhecimento. Destacam-se os mecanismos de aquisição como curso de MBA para gerentes, projetos em parceria com centros de pesquisa externos, cursos de gestão ambiental ISO 14000 (conhecimento externo), reuniões de projetos e treinamentos internos para adequação à norma ISO 14000 (conhecimento interno). Os novos mecanismos de conversão do conhecimento foram as auditorias internas de processo e produto, reuniões de projetos com centro de pesquisas, formação de grupos para mapeamento de processos (socialização), relatórios de auditoria interna, padronização para norma ISO 14000 e relatórios de FMEA (codificação). O curso de MBA para gerentes permitiu implantar novas formas de gestão e estruturação organizacional (células de produção), facilitando a integração de conhecimentos entre unidades. A implantação do sistema de gestão ambiental teve implicação sobre os processos, seja pela adequação dos padrões de procedimento, seja pelas adaptações feitas em equipamentos para contenção das emissões.

As atividades em parceria com centros de pesquisa externos e da CSN permitiram a aquisição de novos conhecimentos e a ampliação do número e complexidade das especificações de aço. Destacam-se entre as novas especificações o aço para fins elétricos de alta eficiência, os para fabricação de latas de duas peças (bebidas carbonatadas), os tipos de aço para indústria automobilística (peças internas e expostas), estruturais e os microligados para fabricação de tubos.

Tabela 5 – Variedade dos processos de aprendizagem usados pela aciaria da CSN.

Mecanismos de aquisição e conversão		1997	1998	1999	2000	2001
<i>Aquisição de conhecimento externo</i>	Interação com fornecedor de nova tecnologia	Presente	Presente	Ausente	Presente	Presente
	Cursos externos em metalurgia secundária	Presente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
	Visitas técnicas ao exterior	Presente	Presente	Ausente	Ausente	Ausente
	Visitas técnicas a empresas nacionais	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente
	Consulta a literatura técnica disponível	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente
	Formação engenheiros em projetos novas tecnologias	Ausente	Presente	Presente	Presente	Presente
	Importação de expertise	Presente	Presente	Ausente	Ausente	Ausente
	Assistências técnicas externas	Ausente	Presente	Presente	Ausente	Ausente
	Projetos em parceria com fornecedores	Ausente	Ausente	Presente	Presente	Presente
	Parceria clientes para desenho novas especificações	Ausente	Ausente	Presente	Presente	Presente
	Treinamento externo em CEP para nucleadores	Ausente	Ausente	Ausente	Presente	Ausente
	Curso externo no sistema SAP/R3 para nucleadores	Ausente	Ausente	Ausente	Presente	Ausente
	Curso de MBA para os gerentes	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Presente
	Projetos parceria com centros de pesquisa externos	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Presente
	Projetos em parceria com clientes	Ausente	Ausente	Presente	Presente	Presente
	Cursos externos norma ISO14001 para nucleadores	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Presente
<i>Aquisição de conhecimento interno</i>	Cursos internos (reciclagem dos operadores)	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente
	Estudos para alongamento da capacidade produtiva	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente
	Engenharia reversa de produtos	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente
	Formação de times para padronização de atividades	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente
	Projetos de gerência técnica, manutenção e operação	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente
	Especificação e montagem de equipamentos	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente
	Experiência através da rotina de produção	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente
	Formação de grupos de (CCQ)	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente
	Projetos parceria com departamento de engenharia	Ausente	Ausente	Ausente	Presente	Presente
	Projetos parceria com centro de pesquisas da CSN	Ausente	Ausente	Ausente	Presente	Presente
	Treinamento interno em CEP para todo Staff	Ausente	Ausente	Presente	Ausente	Ausente
	Desenvolvimento e desenho do sistema SAP/R3	Ausente	Ausente	Presente	Ausente	Ausente
	Ampliação no número de grupos de CCQ	Ausente	Ausente	Presente	Presente	Presente
	Treinamentos internos no SAP/R3 todos os níveis	Ausente	Ausente	Ausente	Presente	Ausente
	Reuniões de projetos e troca de conhecimentos tácitos	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Presente
	Treinamentos internos política ambiental ISO14001	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Presente
<i>Socialização</i>	Treinamento no posto de trabalho	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente
	Acompanhamento da produção de novos tipos de aço	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente
	Reuniões de análise semanal	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente
	Participação no seminário tecnológico interno	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente
	Participação nas convenções de CCQ	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente
	Formação de grupos para tratamento de anomalias	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente
	Sistema de Diagnóstico do Trabalho Operacional	Ausente	Ausente	Presente	Presente	Presente
	Formação grupos para analisar anomalias potenciais	Ausente	Ausente	Presente	Presente	Presente
	Grupos análise especificações e preparar protocolos	Ausente	Ausente	Presente	Presente	Presente
	Auditorias de processo e produto	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Presente
	Reuniões com departamento de pesquisa da CSN	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Presente
	Grupos para mapeamento de processos de produção	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Presente
<i>Codificação</i>	Padronização de atividades e processos	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente
	Relatórios de visitas técnicas	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente
	Manuais de processo e equipamentos	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente
	Relatórios de análise de anomalias	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente
	Relatórios trabalhos apresentados seminário interno	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente
	Relatórios trabalhos apresentados convenções CCQ	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente
	Relatórios de visitas técnicas a outras empresas	Ausente	Ausente	Presente	Presente	Presente

Relatórios de assistência técnica	Ausente	Ausente	Presente	Ausente	Ausente
Protocolos de especificações de produtos	Ausente	Ausente	Ausente	Presente	Presente
Manuais de treinamento no sistema SAP/R3	Ausente	Ausente	Ausente	Presente	Ausente
Programa 5 “S”	Ausente	Ausente	Presente	Presente	Presente
Relatórios de auditoria interna de processo e produto	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Presente
Padronização das atividades voltadas para ISO14001	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Presente
Padrões técnicos de processo	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Presente
Implanta FMEA - Failure Mode and Effects Analysis	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Presente

Variedade	1997	1998	1999	2000	2001
Aquisição conhecimento externo	Moderada (6)	Moderada (7)	Moderada (7)	Moderada (9)	Moderada (10)
Aquisição conhecimento interno	Moderada (8)	Moderada (8)	Diversa (11)	Diversa (12)	Diversa (13)
Socialização do conhecimento	Moderada (6)	Moderada (6)	Moderada (9)	Moderada (9)	Diversa (12)
Codificação do conhecimento	Moderada (6)	Moderada (6)	Moderada (9)	Moderada (10)	Diversa (13)

Fonte: elaboração própria do autor

Os estudos para alongamento da capacidade produtiva, aliados aos mecanismos mencionados, tiveram implicações positivas sobre a elevação da produtividade da aciaria neste ano. Os mecanismos de aquisição e conversão de conhecimento permitiram integrar conhecimentos entre diferentes departamentos e incorporar novas competências pela aciaria de forma que o departamento de manutenção implementasse mudanças técnicas em equipamentos. Mudanças como planejamento detalhado da manutenção preventiva e execução de atividades coordenadas entre equipes de outros departamentos permitiram reduzir o índice de falhas nos equipamentos, principalmente nos conversores LD. Como sugerem Leonard-Barton (1998), Dutrénit (2000) e Figueiredo (2001), a ampliação na variedade de mecanismos de aprendizagem permitiu maior fluxo de conhecimentos, aumentando a capacitação técnica na aciaria da CSN.

Intensidade dos processos de aprendizagem – a Tabela 6 mostra a intensidade dos processos de aprendizagem entre 1997 e 2001. Em 1997, foram adotados alguns mecanismos isolados, que não tiveram continuidade ao longo do tempo. A aquisição de conhecimento externo em cursos de metalurgia, visitas ao exterior e importação de *expertise* tiveram como objetivo capacitar tecnicamente o grupo de *staff* e operação para implantar novos processos de fabricação nas tecnologias de produção em desgaseificador a vácuo e forno panela. Os resultados esperados para estes mecanismos não eram em 1997, mas em 1998, quando seria dada a partida nestes equipamentos. Os conhecimentos advindos destes mecanismos foram difundidos do nível individual para o organizacional em atividades internas contínuas de aquisição e conversão de conhecimento. As principais ações neste sentido foram cursos internos para operadores, padronização de novos processos, participação efetiva dos grupos de *staff* técnico, operação e manutenção na especificação e montagem dos equipamentos e processos (conhecimento interno), e documentação técnica através de manuais de manutenção e processo (codificação).

Em 1997, os mecanismos de aquisição e conversão empregados de maneira contínua estavam associados a atividades de rotina, como visitas a empresas nacionais para solução de problemas do dia a dia, consulta a literatura (conhecimento externo), cursos internos, estudos para alongamento da capacidade produtiva, integração de conhecimentos entre operação, *staff* técnico e manutenção, formação de grupos de CCQ, experiência com rotina de produção (conhecimento interno), reuniões diárias, convenções de CCQ, tratamento de anomalias, atividades de campo de engenheiros (socialização), padronização, relatórios e manuais (codificação).

Naturalmente, estes mecanismos permitiam introduzir pequenas melhorias em processos, adequação de produtos existentes e adaptações em equipamentos. Somente após o aumento na

variedade dos mecanismos de aquisição e conversão, associado ao caráter contínuo dado aos mesmos, pôde-se observar a acumulação de competências nas funções tecnológicas estudadas. Cabe destacar que um forte impulso foi dado aos processos de aprendizagem para acumulação de competências com a implantação de novos processos nos anos subseqüentes - aprendizado pela rotina de utilização e padronização das melhores práticas de conservação dos refratários dos conversores LD pelo processo *slag splashing* para aumento da campanha dos conversores LD (1997); cursos externos, assistências técnicas externas, visitas a outras usinas, importação de *expertise*, cursos internos, engajamento na especificação, projeto e montagem de equipamentos e experiência no desenvolvimento de novas técnicas operacionais de metalurgia secundária no desgaseificador RH e no forno panela, implicando na ampliação do número de especificações de aço produzidas (1998); integração de conhecimentos entre especialistas de diferentes unidades da empresa (operação, *staff* técnico, manutenção, pesquisa e engenharia) para aumento da capacidade dos aquecedores de painéis de aço e aumento da produtividade dos conversores LD (1999); interação com fornecedor de equipamentos para modernização de instalações e procedimentos no laboratório de análises químicas para aumento da precisão das informações e ganho de produtividade pela redução do tempo de análise (1999); interação com fornecedor para definição de novo perfil de refratário nos conversores LD e painéis de aço para aumento da capacidade (2001); interação das gerências técnica, operação e manutenção com fornecedores de dessulfurantes e de equipamentos para implantação de processo de dessulfuração de gusa em painéis visando aumento de produtividade (2001); interação da gerência técnica com empresa externa para desenho de modelo para simulação de fluxo de produção e identificação de gargalos para otimização de processos e aumento de produtividade (2001); integração de conhecimentos entre as gerências técnica, operação, manutenção, pesquisa e engenharia para aumento da capacidade do desgaseificador RH, favorecendo a fabricação de novos produtos e o aumento da produtividade da linha (2001).

A ampliação da variedade de mecanismos de aquisição e conversão do conhecimento e a continuidade dada a estes ao longo do tempo permitiu que novas práticas (como a solução compartilhada de problemas por equipes multifuncionais, composta por departamentos internos a CSN, fornecedores ou clientes, por exemplo) fossem incorporados à rotina da unidade e que o fluxo de conhecimentos permeasse de forma constante para organização.

Tabela 6 – Intensidade dos processos de aprendizagem usados pela aciaria da CSN.

Intensidade	1997	1998	1999	2000	2001
Processo de aquisição de conhecimento externo	Uma vez	Intermit.	Contínua	Contínua	Contínua
Processo de aquisição de conhecimento interno	Contínua	Contínua	Contínua	Contínua	Contínua
Processo de socialização do conhecimento	Contínua	Contínua	Contínua	Contínua	Contínua
Processo de codificação do conhecimento	Contínua	Contínua	Contínua	Contínua	Contínua

Fonte: elaboração própria do autor

Funcionamento dos processos de aprendizagem – a avaliação do funcionamento foi feita de acordo com os critérios apresentados na seção 4 e sumariada na tabela 3. Os resultados obtidos neste estudo estão na Tabela 7. A avaliação do funcionamento de cada mecanismo dos processos de aprendizagem procurou retratar a efetividade com que cada um influenciou na acumulação de competências tecnológicas.

A partir dos resultados obtidos, pode-se observar que houve uma melhora no funcionamento dos mecanismos empregados de forma contínua. Isto sugere que estes mecanismos tornaram-se mais efetivos ao longo do tempo como agentes de acumulação de novas competências e melhoria contínua de performance operacional. Observa-se também que alguns mecanismos usados de forma intermitente ou isolada tiveram um bom funcionamento. Neste caso, houve concentração de esforços em determinado período para operacionalizar mudanças técnicas através da implementação de novos processos ou instalação de novos equipamentos. Um

exemplo que ilustra esta afirmação são as atividades de aquisição de conhecimento externo empregados nos anos de 1997, 1998 e 1999 para implantação dos processos de metalurgia secundária através dos sistemas de desgaseificação a vácuo e o forno panela. A interação com fornecedores de tecnologia (1997 e 1998), visitas técnicas ao exterior (1997 e 1998), importação de *expertise* (1997 e 1998), assistências técnicas externas (1998 e 1999) permitiram que um grande volume de novos conhecimentos (tácitos e codificados) fossem assimilados pelos indivíduos e convertidos para organização pelos mecanismos internos de aquisição, socialização e codificação do conhecimento. Os resultados destas atividades foram, para este caso, o desenvolvimento de novos processos de fabricação de aço, implicando diretamente sobre o aumento no número e na complexidade das especificações produzidas.

Outros dois exemplos do emprego de mecanismos de aquisição de conhecimento concentrados para um fim específico foram a implantação do sistema SAP/R3 e da gestão ambiental - ISO 14000. Em ambos casos a implantação foi precedida por treinamentos externos, seguida de cursos internos para todos os níveis, preparação de manuais e padrões.

A melhoria observada no funcionamento dos processos de aprendizagem pode ser atribuída também a evolução no critério de seleção dos mecanismos para aquisição e conversão do conhecimento e na definição dos objetivos a serem atingidos. Em outras palavras, procurou-se concentrar esforços em atividades com implicações práticas para acumulação de competências tecnológicas e melhoria de performance operacional da unidade.

Tabela 7 – Funcionamento dos processos de aprendizagem usados pela aciaria da CSN.

Funcionamento	1997	1998	1999	2000	2001
Aquisição conhecimento externo	Mod. →Bom	Mod. →Bom	Mod. →Bom	Bom	Bom
Aquisição conhecimento interno	Mod. →Bom	Bom	Bom	Bom →Excl.	Bom →Excl.
Socialização do conhecimento	Moderado	Mod. →Bom	Mod. →Bom	Mod. →Bom	Bom
Codificação do conhecimento	Moderado	Moderado	Mod. →Bom	Mod. →Bom	Mod. →Bom

Fonte: elaboração própria do autor.

Interação dos processos de aprendizagem – a avaliação da interação entre e dentro dos processos de aprendizagem seguiu os critérios apresentados na seção 4, Tabela 4. Conforme sumariado na Tabela 8, as evidências sugerem que a interação entre os processos de aprendizagem sofreram uma evolução durante o período estudado.

Em 1997 e 1998, a variedade moderada de mecanismos de aquisição e conversão do conhecimento limitaram a interação entre mecanismos. Ou seja, a conexão entre aquisição e conversão de conhecimentos do nível individual para o organizacional limitava-se a alguns poucos mecanismos. Os conhecimentos adquiridos pelos indivíduos em cursos externos e visitas técnicas ao exterior, por exemplo, eram convertidos para organização basicamente através de relatórios, manuais ou padrões de processo.

Em 1999, a interação entre os processos de aprendizagem melhorou em decorrência da ampliação no número e natureza dos mecanismos usados para adquirir e converter conhecimentos. O desenvolvimento de projetos em parceria com fontes externas (clientes e fornecedores) e internas (*staff* técnico, manutenção, operação, departamento de engenharia) permitiram que novos conhecimentos fossem compartilhados enquanto problemas eram solucionados. Além da interação entre indivíduos, a conexão entre aquisição e conversão de conhecimentos era feita em mecanismos como cursos internos, acompanhamento de atividades na área (implantação de processos), reuniões de projetos, novos sistemas gerenciais (diagnóstico de trabalho operacional, formação de grupos para tratamento de anomalias e análise de consultas de clientes e programa 5 “S”) e alguns já existentes, porém aprimorados, como a codificação em padrões de processo e relatórios técnicos, e os grupos de CCQ.

Em 2000, o fluxo de conhecimentos passou a ocorrer de maneira mais dinâmica quando comparado com os anos anteriores. A necessidade de desenvolvimento de novos produtos para atendimento à demanda dos clientes, em especial a indústria automobilística, linha banca e embalagens, dava início a um processo de busca de soluções para os problemas levantados.

Esta tendência manteve-se em 2001, quando novos mecanismos foram implantados (auditorias internas de processo, gestão ambiental ISO 14000, padrões técnicos de processo e FMEA). Estes mecanismos permitiram a integração de conhecimentos entre indivíduos de diferentes áreas, pois para execução dessas atividades fez-se mapeamentos de todos processos, indicando os insumos, matérias-primas, equipamentos e produtos que compunham o fluxo de produção do aço líquido.

A interação dentro dos próprios mecanismos de cada processo variou entre os processos de aquisição e conversão do conhecimento. Enquanto a interação dentro dos mecanismos de aquisição de conhecimento externo e a codificação variou de moderada a forte, a interação dentro dos mecanismos de aquisição do conhecimento interno se manteve forte durante o período estudado. Somente a socialização teve seus mecanismos interagindo de forma fraca ao longo do tempo, passando a moderada somente em 2001.

Tabela 8 – Interação ENTRE e DENTRO (parênteses) dos processos de aquisição e conversão de conhecimento.

Processos de Aprendizagem	1997	1998	1999	2000	2001
Aquisição de conhecimento					
Conhecimento externo	Fraca (Mod.)	Moder. (Mod.)	Mod. (Mod.)	Mod. (Mod.)	Mod. (Forte)
Conhecimento interno	Mod. (Forte)	Mod. (Forte)	Forte (Mod.)	Forte (Forte)	Forte (Forte)
Conversão de conhecimento					
Socialização	Fraca (Fraca)	Fraca (Fraca)	Moder. (Fraca)	Mod. (Fraca)	Mod. (Mod.)
Codificação	Fraca (Mod.)	Fraca (Mod.)	Forte (Forte)	Mod. (Forte)	Forte (Forte)
Total	Fraca (Mod.)	Moder. (Mod.)	Moder. (Mod.)	Mod. (Forte)	Forte (Forte)

Fonte: elaboração própria do autor.

6.3. Algumas Implicações da Acumulação Tecnológica para o Aprimoramento da Performance Técnico-econômica

Foram adotados indicadores de desempenho importantes para competitividade da empresa. Atividades que influem na redução de custos ou no aumento de flexibilidade para produção de novos produtos através de novos processos. Como os processos de metalurgia de redução (alto-forno) e refino (aciaria) juntos respondem por, aproximadamente, 70% do custo de produção de uma bobina, os fatores custo e flexibilidade para produção de novos produtos e ampliação do *portfolio* da empresa são relevantes. Os indicadores de performance operacional são: produtividade (em toneladas de aço líquido por hora), campanha (ou vida útil) dos conversores LD (número de corridas por campanha), índice de acerto de temperatura do aço líquido (número de corridas com temperatura correta/total da corridas produzidas), número de especificações produzidas e índice de falha dos conversores LD (tempo de parada por falha/tempo total do conversor disponível). Estes indicadores estão diretamente relacionados com as funções tecnológicas estudadas (processo de produção, produto e equipamentos).

Os indicadores usados para mostrar a performance operacional serão apresentados sob forma de índices (exceto o número de especificações), tendo como base o ano de 1997. Não foram usados aqui as mesmas unidades empregadas na gerência de aciaria para avaliação de desempenho, mas o grau de melhoria alcançado a partir de um valor base (o número 100), a partir do qual foram 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). Os resultados encontram-se na tabela 9.

Tabela 9 – Indicadores de performance operacional da aciaria da CSN.

Indicador	1997	1998	1999	2000	2001
Acerto de temperatura do aço líquido (% de corridas)	100	113	109	126	128
Campanha dos conversores LD (número de corridas)	100	118	126	127	137
Produtividade da aciaria (tonelada aço líquido/hora)	100	102	109	106	112
Número de especificações produzidas	222	222	337	363	488
Índice de falhas dos conversores LD (% tempo parada)	100	88	91	59	40

Fonte: elaboração própria do autor.

A partir da acumulação do Nível 3 de competências para processos foi possível encontrar evidências de melhoria nos indicadores de acerto de temperatura e campanha dos conversores. O desenvolvimento de técnicas de fabricação pelos processos de desgaseificação a vácuo e forno panela permitiram maior controle das temperaturas de vazamento nos conversores e de liberação nestes equipamentos, elevando o índice de acerto da temperatura do aço líquido. O aprimoramento do processo de tratamento do revestimento refratário dos conversores pelo sistema *slag splashing* contribuiu para aumento de suas campanhas. A melhoria nestes indicadores implicou em aumento da produtividade, fruto da otimização do tempo de produção das corridas (menos tempo para correção de temperatura do aço) e pelo aumento na disponibilidade dos conversores, que tiveram suas campanhas aumentadas.

A acumulação do Nível 4 de competências para processos permitiu que alcançasse novos patamares de performance. A definição de novo perfil dos refratários dos conversores LD e painéis de aço e a realização de estudos de simulação, através de modelo matemático, de novos fluxos de produção (identificação de gargalos) permitiram que a produtividade se elevasse. O aprimoramento das técnicas de produção pela interação com fornecedores também contribuiu no sentido de acumular novas competências para processo.

A acumulação do Nível 3 de competência em processo também teve implicações positivas sobre a acumulação do Nível 3 de competências em produtos. O desenvolvimento de novos processos de metalurgia permitiu que novas especificações de aço fossem produzidas, onde destacam-se os graus de aço *interstitial free* e os microligados para indústria automobilística.

A partir da acumulação do Nível 4 de competências para produtos pôde-se observar um aumento no número de especificações produzidas. O estreitamento da interação com os clientes proporcionou o desenvolvimento de produtos de maior grau de complexidade, como o aço para fabricação de latas de duas peças para bebidas carbonatadas, aço para peça exposta na indústria automobilística e para fins elétricos, entre outros. A partir da fabricação destes tipos de aço diversas especificações se derivaram. O conhecimento adquirido no desenvolvimento destes materiais serviu de base para novos desenvolvimentos. As evidências encontradas mostram que ao atingir o Nível 5 de competência em produto, o número de especificações aumentou. Além da intensificação da interação com clientes, fortaleceram-se as interações com departamentos internos (pesquisa, assistência técnica e laminação) e centros de pesquisa e universidades externos.

A partir da acumulação do Nível 3 de competência para equipamentos foi possível encontrar evidências de melhoria nos índices de falhas nos conversores e produtividade. O aprimoramento de técnicas de manutenção, desenvolvidas em conjunto com fornecedores e os trabalhos em equipes multifuncionais auxiliaram na redução das falhas nos conversores LD. A instalação de novos equipamentos (desgaseificador a vácuo e forno panela) para fabricação de aço por diferentes rotas facilitou o escoamento da produção.

A partir da acumulação do Nível 4 de competência para equipamentos pôde-se encontrar evidências de melhoria de performance na campanha dos conversores LD e na produtividade. Os trabalhos desenvolvidos em parceria entre os departamentos de manutenção, pesquisa, engenharia, desenvolvimento técnico e operação e fornecedores de tecnologia permitiram que diversas adaptações pudessem ser feitas nos conversores, no sistema de aquecimento de

painéis e no desgaseificador a vácuo RH. Estes trabalhos aumentaram a confiabilidade destes equipamentos, reduzindo o índice de falhas e elevando seus rendimentos.

A melhoria de performance técnica, demonstrada pelos indicadores, teve implicações práticas para melhoria dos resultados financeiros e operacionais da empresa (Tabela 10). Principalmente devido a influência do aumento de produtividade no processo de aciaria sobre a composição do custo final do produto e da ampliação do número de especificações, com implicações sobre o faturamento em produtos mais complexos e de maior valor agregado.

Tabela 10 – Resultados de desempenho financeiro e operacional da CSN.

Indicador	1997	1998	1999	2000	2001
EBITDA (R\$ milhões)	836	857	1.101	1.297	1.272
Alongamento da capacidade produtiva na aciaria (%)*	101,3	105,6	107,6	108,0	107,4

Fonte: site da CSN na internet e* CRU International (edições 1997 e 2001)

Estes resultados são comparáveis aos das melhores empresas siderúrgicas nacionais e internacionais. A comparação entre o EBITDA (Earnings Before Interests, Taxes and Depreciation and Amortization), ou Lucro Antes dos Juros, Impostos, Depreciação e Amortização, da CSN com o de siderúrgicas integradas nacionais (Tabela 11), mostra que os resultados alcançados pela CSN são superiores, evidenciando que a melhoria na performance técnica teve implicações sobre o desempenho financeiro e, consequentemente, sobre a competitividade da empresa. O EBITDA tem sido usado pelas empresas em seus demonstrativos de resultados financeiros por mostrar o potencial de geração de caixa de um negócio, indicando quanto dinheiro é gerado pelos ativos operacionais. EBITDA não é afetado por variáveis específicas de cada país, como taxas de juro, regras de depreciação e, principalmente, as complexas diferenças entre as leis tributárias. Tudo isso torna muito mais difícil fazer qualquer projeção sobre os resultados futuros da empresa. O EBITDA é uma variável operacional e muda pouco de ano para ano e de país para país. Por isso, ele é uma ferramenta muito útil quando uma empresa resolve comparar-se com um concorrente ou globalizar suas operações.

Tabela 11 – EBITDA (R\$ milhões) das siderúrgicas integradas nacionais.

Empresa	1997	1998	1999	2000	2001
CSN	836	857	1.101	1.297	1.272
CST	257	210	391	818	564
COSIPA	-	-	308	404	409
USIMINAS	555	528	636	954	1.106

Fonte: site das empresas na internet

Um fator que contribuiu para o atingimento de melhores resultados financeiros na CSN foi o permanente alongamento da capacidade produtiva da aciaria (Tabela 10). O incremento de produtividade alcançado, evidenciado pelos indicadores de performance operacional (Tabela 9), permitiu o atingimento destes resultados. Assim como fora observado para EBITDA, o aumento de capacidade produtiva na aciaria da CSN é comparável ao das melhores empresas siderúrgicas nacionais e internacionais (Tabela 12).

Tabela 12 – Utilização da capacidade produtiva da aciaria de siderúrgicas mundiais.

Empresa	País	1999	2000	2001
CSN	Brasil	107,6%	108,8%	107,4%
SIDERAR	Argentina	94,9%	101,7%	102,6%
COSIPA	Brasil	101,1%	105,0%	106,9%
CST	Brasil	94,0%	101,1%	101,9%
USIMINAS	Brasil	72,9%	103,5%	106,3%
POSCO (Kwangyang)	Coreia do Sul	125,4%	131,6%	133,3%
Nippon Steel (Kimitsu)	Japão	86,1%	95,9%	92,1%
Thyssen Krupp Sthal	Alemanha	93,6%	97,6%	95,5%

SOLLAC (Dunkirk)	França	106,8%	104,5%	103,6%
------------------	--------	--------	--------	--------

Fonte: CRU International (edição 2001)

As evidências sugerem que houve melhoria nos indicadores de performance e que esta está associada à acumulação de competências tecnológicas nas funções processo, produto e equipamentos. O aprimoramento da performance técnica alcançado no período estudado sugere que a aciaria da CSN encontra-se entre as melhores empresas internacionais, e que os resultados atingidos contribuem para competitividade da empresa no cenário global.

7. Conclusões

Este trabalho analisou as implicações do processo de aprendizagem subjacente para acumulação de competências tecnológicas e melhoria de performance técnica na unidade de aciaria da CSN. As evidências sugerem que:

- (i) Alinhando-se a estudos anteriores (Figueiredo, 2001), este estudo sugere que a acumulação de competências tecnológicas em uma função é influenciada pela forma como outras funções são acumuladas ao longo do tempo. A aciaria da CSN não teria acumulado competências no nível intermediário em produto se não tivesse acumulado competências em processo de produção e equipamentos. Em outras palavras, a acumulação de competências deve ocorrer em paralelo, mesmo que a diferentes taxas, nas diferentes funções tecnológicas.
- (ii) a acumulação de competências tecnológicas de rotina desempenha um papel fundamental para acumulação e sustentação de competências inovadoras. Ou seja, a produção de aços especiais através dos processos de metalurgia secundária de desgaseificação a vácuo ou forno panela não seriam possíveis sem que uma base de conhecimentos se desenvolvesse no sistema tradicional de metalurgia em estações de tratamento de corridas.
- (iii) as características-chave dos processos de aquisição de conhecimentos externo e interno e de conversão pela socialização ou codificação exerceram forte relação sobre a acumulação de competências tecnológicas e a melhoria de performance operacional.
- (iv) a sustentação e acumulação de competências tecnológicas depende da permanente renovação dos mecanismos de aquisição e conversão do conhecimento. As evidências de melhoria da performance da aciaria da CSN sugerem que os esforços de acumulação de competências tecnológicas geraram benefícios para empresa. Ou seja, os esforços para a criação e aprimoramento dos vários processos de aprendizagem compensaram. Por isso, toda essa análise de aprendizagem desenvolvida aqui é importante.
- (v) Através do exame da relação entre processos de aprendizagem, acumulação de competências e aprimoramento de performance técnica econômica na aciaria da CSN, este estudo faz um pequeno avanço em relação aos estudos anteriores sobre essas questões ao examinar o relacionamento entre essas questões numa unidade específica de uma grande empresa. Ao fazer isso este estudo demonstra a viabilidade de aplicação dos modelos de análise de competências tecnológicas e aprendizagem (Tabelas 1 e 2) para unidades organizacionais específicas. Além disso, este estudo contribui para abrir caminho para futuras comparações entre unidades operacionais específicas tanto em nível da mesma empresa como em nível inter-empresarial. Isso possibilitaria um entendimento ainda mais detalhado sobre as implicações práticas dos processos de aprendizagem para o aprimoramento da performance da empresa.

8. Referências Bibliográficas

- Bell, M. e Pavitt, K., "The Development of Technological Capabilities", Haque, I.U. (ed.), Trade, Technology and International Competitiveness, Washington: The World Bank, 1995.
- 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 Getúlio Vargas, 2001.
- 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.
- Dutrénit, G., ‘Problemas de la Administración del conocimiento en firmas latino americanas’, XXI Simpósio de Gestão da Inovação Tecnológica, São Paulo, 7-10 Novembro 2000.
- Figueiredo, Paulo N. *Technological Learning and Competitive Performance*. Cheltenham, UK and Northampton, MA, USA : Edward Elgar Publishing Ltd., 2001.
- Hollander, S. “The Sources of Increased Efficiency: a Study of Du Pont-Rayon Plants. Cambridge: MIT Press, 1965.
- 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 Organizational 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., “Exports of Technology by Newly-industrialized Countries”, *World Development*, 12(5/6), May/June 1984. (Special Issue)
- Lall, S., ‘Technological Capabilities and Industrialization’, *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 Getúlio Vargas, 1998.
- Pavitt, K., *Technology, Products and Organization in the Innovation Firm: What Adam Smith Tells us and Joseph Schumpeter Doesn’t*, *Industrial and Corporate Change*, 7(3), 433-51, 1998.
- Penrose, E. T., “The Theory of the Growth of the Firm, Oxford: Basil Blackwell, 1959.
- Rothwell, R., “Industrial Innovation: Success, Strategy, Trends. In Dogdson, M. & Rothwell, R. (eds)”, *The Handbook of Industrial Innovation*. Cheltenham, UK & Brookfield, USA: Edward Elgar, 1994.
- Tacla, C. L. “Acumulação de Competência Tecnológica e os Processos Subjacentes de Aprendizagem na Indústria de Bens da Capital: o Caso da Kvaerner Pulping no Brasil”, Dissertação de Mestrado. EBAPE/FGVs, Rio de Janeiro, 2002.
- Yin, R. K., *Estudo de Caso: Planejamento e Métodos*, Porto Alegre: Bookman, 2001.