
Aprendizagem Tecnológica Compensa? Implicações da Acumulação de Competências Tecnológicas para o Aprimoramento de Performance Técnico-econômica em uma Unidade de Aciaria no Brasil (1997-2001)^{(1)*}

Eduardo Côrtes de Castro
Paulo Negreiros Figueiredo

RESUMO

Este artigo enfoca as implicações dos processos de aprendizagem para acumulação de competências tecnológicas e aprimoramento da performance técnico-econômica. Esta relação é examinada por meio do estudo de caso individual 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, na aquisição de conhecimento externo/interno, socialização e codificação; e examinada à luz das características-chaves, como variedade, intensidade, funcionamento e interação. Observou-se que a acumulação de competências tecnológicas por meio dos processos de aprendizagem teve implicações positivas sobre o desempenho técnico da unidade.

Palavras-chave: acumulação de competências tecnológicas; processos de aprendizagem; empresas de países em industrialização.

ABSTRACT

This paper focuses on the implications of learning processes for technological capability accumulation and performance improvement. These relations are evaluated through a single case study in the steelmaking unit of Companhia Siderúrgica Nacional (1997-2001). Recently developed frameworks in literature on technological capability accumulation and learning processes have been used, but adapted to the unit studied. The technological capability is assessed in levels of competence to process, product and equipment functions. The learning processes are analysed in processes (inner and outer knowledge acquisition, socialization and codification) and examined in the light of their key-features (variety, intensity, functioning and interaction). The study has found that the technological capability accumulation through learning processes had positive implications to the improvement of the unit's performance.

Key words: technological capability accumulation; learning processes; latecomer firms.

* Este artigo foi originalmente publicado na Brazilian Administration Review – BAR, v. 2, n. 1, January – June, 2005, disponível no endereço www.anpad.org.br/bar.

INTRODUÇÃO

O interesse de pesquisadores pelas implicações das competências da firma para aprimoramento de seu desempenho técnico-econômico está refletido em clássicos estudos gerados, principalmente, a partir da década de 1950 (HOLLANDER, 1965; PENROSE, 1959). Desde então vários pesquisadores têm investigado o papel das competências tecnológicas para explicar diferenças entre empresas e indústrias em termos de aprimoramento de performance técnico-econômica (DOSI, 1985; NELSON; WINTER, 1982; TEECE et al., 1990; TEECE; PISANO, 1994). Baseando-se nesses estudos, no final dos anos 1970 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), vários 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). Porém, do início dos anos 1980 ao início dos 1990, estudos dessa natureza tornaram-se escassos. Essa ausência limitou a geração de novas explicações sobre essas questões em empresas de economias emergentes, particularmente no Brasil. Somente em meados dos anos 1990, novos estudos, com adequado nível de profundidade, detalhe e cobertura de longo prazo, emergiram na literatura internacional para explicar a relação entre os processos de aprendizagem e a acumulação de competências tecnológicas em empresas de economias emergentes (ARIFFIN, 2000; DUTRÉNIT, 2000; FIGUEIREDO, 2001, 2003; HOBDAÏ, 1995; KIM, 1997a, 1997b).

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 siderúrgicas, em termos de aprimoramento de desempenho técnico. Estudos recentes adaptaram tais modelos para aplicá-los a empresas de celulose e papel e metal mecânica (BÜTTENBENDER, 2002; TACLA; FIGUEIREDO, 2003), mas não examinam as implicações da acumulação de competências para o aprimoramento de desempenho. Este trabalho avança em relação a Figueiredo (2001), ao aprofundar a análise e examinar o relacionamento entre essas três questões numa unidade chave da siderurgia – a aciaria. Aprendizagem é entendida aqui como **processo** pelo qual a empresa acumula competências próprias, transformando conhecimento individual em organizacional. Competência

tecnológica é entendida como a capacidade de introduzir mudanças técnicas incrementais em processos de fabricação do aço, desenvolvimento de produtos e melhoria de equipamentos. São recursos incorporados no conhecimento tácito, experiência e habilidade dos indivíduos e nos sistemas organizacionais (BELL; PAVITT, 1995). As seções Modelo para Exame da Acumulação de Competências Tecnológicas e Modelo para Exame dos Processos Subjacentes de Aprendizagem apresentam as estruturas analíticas para acumulação de competências e os processos de aprendizagem, à luz das quais evidências empíricas serão examinadas. A seção Desenho e Estratégias do Estudo apresenta a metodologia. A seção Análise Empírica enfoca a acumulação de competências tecnológicas, processos de aprendizagem e implicações para o aprimoramento da performance na empresa em estudo (1997 – 2001). A última seção apresenta as conclusões do estudo.

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 aprimoramento do desempenho técnico econômico. 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 a diversos fins, desde construção civil até indústria automobilística e embalagens.

A aciaria da CSN entrou em operação em 1946. Inicialmente, a tecnologia usada baseava-se em fornos Siemens Martin (SM), transformando o gusa em aço com injeção de ar. Em 1977, partiram para os conversores LD (injeção de oxigênio ao invés de ar), permitindo a conversão do gusa em aço em minutos, enquanto os fornos SM necessitavam de horas.

Em 1997, a CSN atingiu a marca de 100 milhões de toneladas de aço líquido. Em 2003, 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, produzindo 26,7 milhões de toneladas - 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, transformando gusa em aço dando a este características especiais, como ajuste de composição química e grau de limpeza (remoção de elementos químicos detrimenais ao uso no cliente final). Toda a 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 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 e a frio.

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**) a níveis de maior grau de complexidade (atividades **inovadoras**).

Na Tabela 1, a 1ª coluna mostra os níveis de competência; as demais, as funções tecnológicas: processo de produção, produto e equipamentos. Nas linhas estão dispostos os graus de dificuldade de cada nível de competência, mostrando a respectiva descrição para cada função.

**Tabela 1: Competências Tecnológicas:
Unidade de Aciaria (Usina Siderúrgica)**

Nível de Competência	Processo de produção	Produto	Equipamentos
	Rotina		
(1) Básico	Fabricação através processos elementares (converters LD e metalurgia panela simples) controle manual de equipamentos/parâmetros produção. Registros manuais.	Reprodução de especificações comuns (SAE/NBR). Controle qualidade por inspeção ou reclamação de clientes. Fornecimento para mercado doméstico.	Reposição de rotina de componentes. Participação em instalações e testes de performance equipamentos.
(2) Renovado	Fabricação por processos sofisticados (converters com sopro combinado, sublança, desgaseificador a vácuo, forno panela ou aquecimento químico), sistema digital de controle equipamentos/parâmetros produção. Certificação ISO9001 e QS9000.	Produção de aços mais elaborados, atendendo normas internacionais (JIS, DIN, ASTM). Pequenas adaptações atender normas de clientes. Controle de qualidade como rotina na produção (ISO 9001, QS 9000).	Reposição equipamentos (motor, painéis elétricos, instrumentação) e manufatura componentes (roletes de transporte de matérias primas, flanges, ventaneiras). Manutenção corretiva.
	Inovadoras		
(3) Extrabásico	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/ <i>softwares</i> do SDC e ajustes às condições locais de produção e fornecimento sobressalentes. Manutenção preventiva.
(4) Pré-intermediário	Adaptações frequentes em processos e aumento sistemático da capacidade produtiva. Desenvolvimento frequente de sistemas de supervisão e controle do processo de produção. Introdução de técnicas gerenciais para controle de processo (TQC, 5S, CEP, CCQ, Kaizen, Poka Yoke, MRP, ERP).	Aprimoramentos sistemáticos de especificações existentes. Desenvolvimento frequente de novos produtos (derivados de existentes) em parceria com clientes ou empresas da mesma indústria. Desenho de novos aços integrando competências próprias (pesquisa, assistência técnica e 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 sistemas gerenciais de produção (TQC, 5S, CEP, CCQ, Kaizen, Poka Yoke, MRP, ERP). Aprimoramento contínuo processos produtivos.	Aprimoramento contínuo de especificações internas através de fontes externas (clientes e especialistas) e internas. Desenho esporádico de produtos originais para novos usos.	Engenharia reversa de equipamentos e desenvolvimento de equipamentos em parceria com terceiros. Manutenção preditiva.
(6) Intermediário superior	Desenvolvimento atividades de P&D e de Engenharia na empresa para aprimoramento de processos. Associação com centros de P&D voltados para atividades de inovação tecnológica em processos. Integração entre diferentes bases cognitivas para construção de novos sistemas gerenciais.	Integração entre departamentos de P&D, Engenharia e operação para desenvolvimento de novos produtos. Elaboração de novas especificações (experimento em escala piloto, visando desenho e desenvolvimento de produtos complexos e de alto valor agregado).	Continua engenharia de detalhamento e de fabricação, visando ao desenvolvimento e o desenho de novos equipamentos.
(7) Avançado	Geração técnicas organizacionais inovadoras p/ indústria, baseadas em P&D avançadas. Comprometimento organizacional com determinação novos processos. Definição de paradigmas tecnológicos 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).

MODELO PARA EXAME DOS PROCESSOS SUBJACENTES DE APRENDIZAGEM

Uma vez que empresas situadas em países em industrialização iniciam suas operações numa condição não competitiva no mercado mundial, o problema básico é acumular competência tecnológica para tornar-se competitiva (BELL et al., 1984). A construção de competências e melhoria de performance são influenciadas pelos processos de aprendizagem (FIGUEIREDO, 2001). Este estudo avalia a relação entre acumulação de competência tecnológica por meio dos processos de aprendizagem para melhoria de performance, aplicando a estrutura analítica desenvolvida por Figueiredo (2001) para examinar os processos de aprendizagem (Tabela 2). Na Tabela 2, estão dispostos os processos de aprendizagem, divididos em aquisição (externa ou interna) e conversão de conhecimento pela socialização⁽²⁾ ou codificação. As demais colunas são compostas das características-chaves dos processos de aprendizagem: variedade, intensidade, funcionamento e interação.

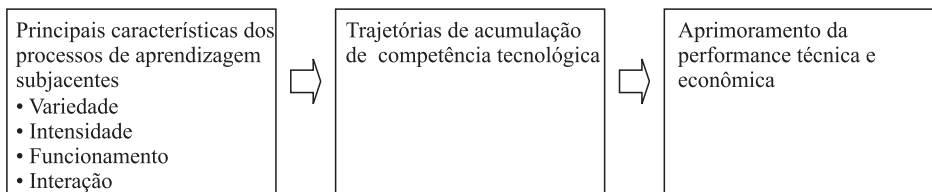
Tabela 2: Processos de Aprendizagem em Empresas em Industrialização: Aciaria da CSN

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 e/ou 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.	Modo como processos prosseguem ao longo dos anos. Intensidade contínua da socialização do conhecimento pode influenciar codificação.	Modo como mecanismos de socialização são criados/operam ao longo do tempo tem implicações p/ variedade/intensidade da conversão.	Condução de 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 limita aprendizagem.	Modo como a codificação é criada e opera ao longo do tempo tem implicações para o funcionamento de todo o processo de conversão.	Modo como codificação é influenciada por processos de aquisição de conhecimento ou por processos de socialização.

Fonte: Figueiredo (2001).

A estrutura analítica deste trabalho é apresentada na Figura 1 e permite o exame da relação entre acumulação de competências e processos de aprendizagem, e aprimoramento da performance da unidade estudada. Este trabalho reconhece que, além dos processos de aprendizagem, fatores externos à empresa podem contribuir para acumulação de competências (BELL; PAVITT, 1995; FIGUEIREDO, 2001; KIM, 1995, 1997a; LALL, 1992), tais como, políticas governamentais para desenvolvimento industrial, infra-estruturas de capacitação tecnológica, e condições macroeconômicas. A acumulação de competências também pode ser influenciada por fatores internos, como liderança e valores da empresa (FIGUEIREDO, 2001; LEONARD-BARTON, 1998). Estes fatores externos ou internos estão, porém, fora do escopo deste trabalho.

Figura 1: Modelo Analítico Básico deste Artigo



Fonte: Figueiredo (2001).

DESENHO E ESTRATÉGIAS DO ESTUDO

Este estudo foi estruturado para examinar três questões: (i) como ocorreu a dinâmica de acúmulo de competências tecnológicas na aciaria da CSN relativas às 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 examinar estas questões com adequado nível de detalhe e profundidade, foi necessária a coleta de evidências primárias, qualitativas e quantitativas, sobre as atividades tecnológicas e os diversos processos e mecanismos de aprendizagem usados na unidade. Essas evidências foram obtidas a partir de várias fontes: entrevistas com gerentes, engenheiros e técnicos, pesquisas em documentos (relatórios, padrões, dados históricos etc.) e observações diretas. Utilizou-se o método de estudo de caso individual (YIN, 2001). Este método permite o exame de questões ainda não observadas na literatura em profundidade e detalhe. Logo, este estudo pretende contribuir para o aprofundamento do entendimento da relação entre as questões centrais

apresentadas, numa unidade específica de uma siderúrgica (aciaria); ou seja, pretende-se aqui fazer uma generalização analítica. A adaptação da estrutura na Tabela 1 foi feita com base em entrevistas com especialistas em siderurgia. As características-chaves dos processos de aprendizagem são avaliadas à luz dos critérios adotados em trabalhos anteriores (CASTRO, 2002; FIGUEIREDO, 2003; TACLA; FIGUEIREDO, 2003).

ANÁLISE EMPÍRICA

Acumulação de Competências Tecnológicas

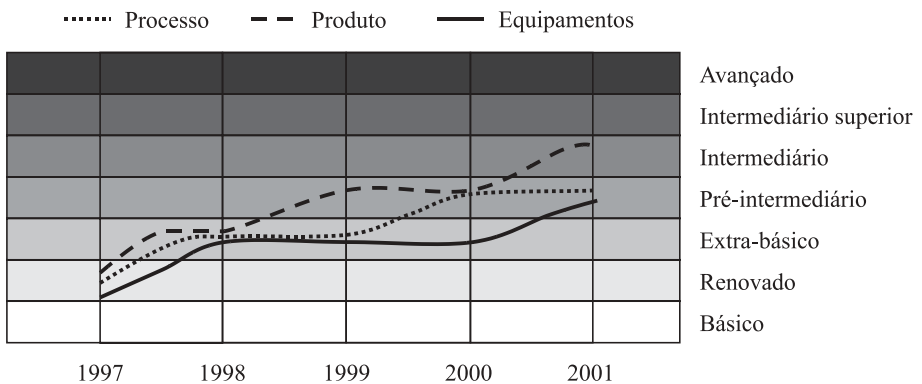
Esta seção examina a trajetória de acumulação de competências na aciaria da CSN para as dimensões processo, produto e equipamentos no período de 1997 a 2001. Esta avaliação usa a estrutura da Tabela 1, que estabelece níveis de competência em cada função.

A Figura 2 mostra que a aciaria da CSN acumulou competências inovadoras, a partir de 1999, para as funções processo, produto e equipamentos. Entretanto, a velocidade de acumulação de novas competências de cada processo 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 se alinha com estudos empíricos em diferentes indústrias (DUTRÉNIT, 2000; FIGUEIREDO, 2001; PAVITT, 1998). Observa-se que a acumulação de competências ocorreu a partir de níveis básicos de capacitação, 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).

O fato de os resultados deste estudo se diferenciarem dos encontrados por Figueiredo (2001) para a 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 os ambos estudos sugerem que a acumulação e sustentação de competências de rotina foram essenciais para construir a capacitação inovadora. Em resumo, a aciaria da CSN não poderia desenvolver processos de fabricação a vácuo, caso não tivesse adquirido competências na produção por meio do sistema convencional. Adicionalmente, especificações mais

elaboradas não poderiam ser concebidas sem um histórico de desenvolvimentos, a partir de especificações mais simples. O presente estudo também permite sugerir que a taxa de acumulação de competências numa função pode ser influenciada pela velocidade com que outra se desenvolve. Conforme proposto por Rothwell (1994) e confirmado empiricamente por Figueiredo (2001), as competências tecnológicas podem ser interdependentes. Um exemplo observado neste trabalho é a relação entre desenvolvimento de novos produtos (aços *interstitial free*) e processos (fabricação de aços ultra baixo carbono) a partir da acumulação de competências em equipamentos (desgaseificador a vácuo).

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.

Processos de Aprendizagem

Variabilidade dos processos de aprendizagem. A Tabela 3 mostra a variedade de mecanismos empregados pela aciaria da CSN em cada processo de aprendizagem⁽³⁾. As evidências apontam que a acumulação de competências tecnológicas na aciaria foi acompanhada pelo aumento progressivo na variedade de mecanismos de aquisição e conversão do conhecimento.

Em 1997, havia 26 mecanismos de aquisição e conversão. Nesse ano, iniciaram atividades voltadas à modernização tecnológica das instalações. Em especial, a aquisição de conhecimentos externos, em cursos e visitas técnicas, para instalar os sistemas de metalurgia secundária. Estes conhecimentos, associados à importação de profissionais, foram fundamentais para a partida dos equipamentos e desenho dos processos em 1998. Atividades internas para aquisição e conversão do conhecimento estavam associadas à manutenção de competências de rotina.

Tabela 3: Variedade dos Processos de Aprendizagem Usados pela Aciaria da CSN

Mecanismos de aquisição e conversão		1997	1998	1999	2000	2001
Aquisição de conhecimento externo	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	
Subtotal de mecanismos de aquisição externa	Moderada	Moderada	Moderada	Moderada	Moderada	
Aquisição de conhecimento interno	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 projetos e troca de conhecimentos tácitos	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Presente	
Treinamentos internos política ambiental ISO14001	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Presente	
Subtotal de mecanismos de aquisição interna	Moderada	Moderada	Diversa	Diversa	Diversa	
Socialização	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	
Subtotal de mecanismos de socialização	Moderada	Moderada	Moderada	Moderada	Diversa	
Codificação	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

(conclusão)

Tabela 3: Variedade dos Processos de Aprendizagem Usados pela Aciaria da CSN

Mecanismos de aquisição e conversão	1997	1998	1999	2000	2001
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
Subtotal de mecanismos de codificação	Moderada	Moderada	Moderada	Moderada	Diversa
Total de mecanismos	26	27	36	40	48

Fonte: elaboração própria do autor

Em 1998, houve acréscimo de 2 mecanismos de aquisição de conhecimento externo. Os mecanismos de conversão permaneceram estáveis. Os novos mecanismos de aquisição permitiram acumular novas competências nas funções processo, produto e equipamentos, especialmente nas novas tecnologias de metalurgia. O aumento na complexidade dos processos exigiu a ampliação da capacitação individual e organizacional. As principais formas de conversão de conhecimento foram a padronização e treinamentos externos e internos. Estes mecanismos permitiram a implantação de novos equipamentos, processos e 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 novos aços, implicando aumento do número de especificações; e com fornecedores, para melhoria de processos, aumento da campanha dos conversores LD. Mecanismos de aquisição de conhecimento interno foram introduzidos, permitindo ampliar a capacidade técnica e aumentar o controle sobre parâmetros de produção, integração de informações e participação do chão de fábrica na solução de problemas. Adicionalmente, criaram-se 3 mecanismos de socialização e 3 de codificação, ampliando o fluxo de informações técnicas do nível individual para o organizacional.

Em 2000, havia 40 mecanismos para aquisição e conversão do conhecimento. Os principais mecanismos eram a interação com fornecedor de tecnologias e os projetos com departamentos de engenharia e pesquisa. Estas atividades permitiram adquirir competências para desenvolver novos processos, motivados pela elevação no número de especificações. O aperfeiçoamento das técnicas de produção foi influenciado por atividades iniciadas nos anos anteriores: treinamento de operadores, grupos para tratamento de anomalias e padronização; e tiveram influência sobre o índice de acerto de temperatura.

Em 2001, havia 48 mecanismos. Destacam-se o curso de MBA para gerentes, projetos com centros de pesquisa externos, cursos de gestão ambiental ISO 14000, reuniões de projetos e treinamentos internos para adequação à norma ISO 14000. Os novos mecanismos de conversão foram as auditorias internas de processo, reuniões de projetos com centro de pesquisa, formação de grupos para mapeamento de processos, relatórios de auditoria interna, padronização para norma ISO 14000 e relatórios de FMEA. O curso para gerentes permitiu implantar novas formas de gestão e estrutura organizacional, facilitando a integração de conhecimentos entre unidades. A implantação do sistema de gestão ambiental teve implicação sobre os processos, ao adequar padrões e adaptar equipamentos para contenção das emissões.

As atividades com centros de pesquisa externos (IPT - aço para fins elétricos e UFSCAR - refratários) permitiram adquirir novos conhecimentos e ampliar o número de especificações, com destaque para os aços para fins elétricos, latas de duas peças e indústria automobilística.

Os estudos para alongamento da capacidade produtiva, aliados aos mecanismos mencionados, tiveram implicações positivas sobre a elevação da produtividade neste ano. Os mecanismos de aquisição e conversão permitiram integrar conhecimentos entre diferentes departamentos e incorporar novas competências, de forma que a manutenção implementasse mudanças técnicas em equipamentos. O planejamento detalhado da manutenção preventiva e execução de atividades coordenadas entre equipes de outros departamentos permitiram reduzir o índice de falhas, 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 4 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 o grupo de *staff* e operação para implantar novos processos de fabricação nas tecnologias de desgaseificação a vácuo e forno panela. Os resultados esperados para estes mecanismos eram em 1998, quando seria dada a partida nestes equipamentos.

Tabela 4: Intensidade dos Processos de Aprendizagem Usados pela Aciaria da CSN

Mecanismos de aquisição e conversão		1997	1998	1999	2000	2001
Aquisição de conhecimento externo	Interação com fornecedor de nova tecnologia	Uma vez	Interm.	-	Contínua	Contínua
	Cursos externos em metalurgia secundária	Uma vez	-	-	-	-
	Visitas técnicas ao exterior	Uma vez	Interm.	-	-	-
	Visitas técnicas a empresas nacionais	Contínua	Contínua	Contínua	Contínua	Contínua
	Consulta a literatura técnica disponível	Contínua	Contínua	Contínua	Contínua	Contínua
	Formação engenheiros em projetos novas tecnologias	-	Uma vez	Interm.	Interm.	Interm.
	Importação de expertise	Uma vez	Uma vez	-	-	-
	Assistências técnicas externas	-	Uma vez	Uma vez	-	-
	Projetos em parceria com fornecedores	-	-	Interm.	Contínua	Contínua
	Parceria clientes para desenho novas especificações	-	-	Interm.	Contínua	Contínua
	Treinamento externo em CEP para nucleadores	-	-	-	Uma vez	-
	Curso externo no sistema SAP/R3 para nucleadores	-	-	-	Uma vez	-
	Curso de MBA para os gerentes	-	-	-	-	Uma vez
	Projetos parceria com centros de pesquisa externos	-	-	-	-	Interm.
	Projetos em parceria com clientes	-	-	Interm.	Contínua	Contínua
Cursos externos norma ISO14001 para nucleadores	-	-	-	-	Contínua	
Aquisição de conhecimento interno	Cursos internos (reciclagem dos operadores)	Contínua	Contínua	Contínua	Contínua	Contínua
	Estudos para alongamento da capacidade produtiva	Interm.	Interm.	Contínua	Contínua	Contínua
	Engenharia reversa de produtos	Interm.	Contínua	Contínua	Contínua	Contínua
	Formação de times para padronização de atividades	Contínua	Contínua	Contínua	Contínua	Contínua
	Projetos de gerência técnica, manutenção e operação	Contínua	Contínua	Contínua	Contínua	Contínua
	Especificação e montagem de equipamentos	Contínua	Contínua	Contínua	Contínua	Contínua
	Experiência através da rotina de produção	Contínua	Contínua	Contínua	Contínua	Contínua
	Formação de grupos de (CCQ)	Contínua	Contínua	Contínua	Contínua	Contínua
	Projetos parceria com departamento de engenharia	-	-	-	Interm.	Contínua
	Projetos parceria com centro de pesquisas da CSN	-	-	-	Interm.	Contínua
	Treinamento interno em CEP para todo Staff	-	-	Uma vez	-	-
	Desenvolvimento e desenho do sistema SAP/R3	-	-	Uma vez	-	-
	Ampliação no número de grupos de CCQ	-	-	Interm.	Contínua	Contínua
	Treinamentos internos no SAP/R3 todos os níveis	-	-	-	Uma vez	-
	Reuniões de projetos e troca de conhecimentos tácitos	-	-	-	-	Contínua
Treinamentos internos política ambiental ISO14001	-	-	-	-	Uma vez	
Socialização	Treinamento no posto de trabalho	Contínua	Contínua	Contínua	Contínua	Contínua
	Acompanhamento da produção de novos tipos de aço	Contínua	Contínua	Contínua	Contínua	Contínua
	Reuniões de análise semanal	Contínua	Contínua	Contínua	Contínua	Contínua
	Participação no seminário tecnológico interno	Contínua	Contínua	Contínua	Contínua	Contínua
	Participação nas convenções de CCQ	Contínua	Contínua	Contínua	Contínua	Contínua
	Formação de grupos para tratamento de anomalias	Interm.	Interm.	Contínua	Contínua	Contínua
	Sistema de Diagnóstico do Trabalho Operacional	-	-	Interm.	Contínua	Contínua
	Formação grupos para analisar anomalias potenciais	-	-	Interm.	Interm.	Interm.
	Grupos análise especificações e preparar protocolos	-	-	Interm.	Interm.	Interm.
	Auditorias de processo e produto	-	-	-	-	Contínua
	Reuniões com departamento de pesquisa da CSN	-	-	-	-	Contínua
Grupos para mapeamento de processos de produção	-	-	-	-	Uma vez	
Codificação	Padronização de atividades e processos	Contínua	Contínua	Contínua	Contínua	Contínua
	Relatórios de visitas técnicas	Interm.	Interm.	Interm.	Interm.	Contínua
	Manuais de processo e equipamentos	Contínua	Contínua	Contínua	Contínua	Contínua
	Relatórios de análise de anomalias	Interm.	Interm.	Contínua	Contínua	Contínua
	Relatórios trabalhos apresentados seminário interno	Contínua	Contínua	Contínua	Contínua	Contínua
	Relatórios trabalhos apresentados convenções CCQ	Contínua	Contínua	Contínua	Contínua	Contínua
	Relatórios de visitas técnicas a outras empresas	-	-	Interm.	Interm.	Contínua
	Relatórios de assistência técnica	-	-	Uma vez	-	-
	Protocolos de especificações de produtos	-	-	-	Interm.	Contínua
	Manuais de treinamento no sistema SAP/R3	-	-	-	Uma vez	-
	Programa 5 "S"	-	-	Contínua	Contínua	Contínua
	Relatórios de auditoria interna de processo e produto	-	-	-	-	Contínua
	Padronização das atividades voltadas para ISO14001	-	-	-	-	Uma vez
	Padrões técnicos de processo	-	-	-	-	Interm.
	Implanta FMEA - Failure Mode and Effects Analysis	-	-	-	-	Interm.

Fonte: elaboração própria do autor.

Os conhecimentos adquiridos foram difundidos do nível individual para o organizacional em atividades internas contínuas de aquisição e conversão de conhecimento. Os principais mecanismos foram cursos para operadores, padronização, participação da operação e manutenção na especificação e montagem dos equipamentos, e documentação: manuais de manutenção/processo. Estes mecanismos permitiram introduzir melhorias em processos, produtos e equipamentos. Somente após o aumento na variedade dos mecanismos de aquisição e conversão, associado à melhoria na intensidade, que passou, na maioria dos mecanismos de intermitente a contínua, pôde-se observar a acumulação de competências nas funções tecnológicas estudadas.

Forte impulso foi dado aos processos de aprendizagem para acumulação de competências com a implantação de novos mecanismos nos anos subsequentes: aprendizado pela rotina e padronização das melhores práticas para aumento da campanha dos refratários dos conversores pelo processo *slag splashing* (1997); cursos externos e internos, assistências técnicas externas, visitas a outras usinas, importação de *expertise*, especificação, projeto e montagem de equipamentos, e experiência nas novas técnicas de metalurgia secundária, implicando na ampliação do número de especificações produzidas (1998); integração de conhecimentos entre especialistas de diferentes unidades para aumento da capacidade dos aquecedores de painéis e da produtividade dos conversores; interação com fornecedor para modernizar instalações e procedimentos no laboratório de análises químicas, aumentando a precisão e reduzindo o tempo de análise (1999); interação com fornecedor para definir novo perfil de refratário nos conversores e aumentar sua capacidade; interação das gerências da aciaria com fornecedores de dessulfurantes para implantar processo de dessulfuração de gusa em painéis, visando ao aumento de produtividade; interação da gerência técnica com empresa para desenho de modelo para identificar gargalos, otimizar processos e aumentar produtividade; integração entre as gerências de aciaria, pesquisa e engenharia para aumento da capacidade do degaseificador RH, favorecendo a fabricação de novos produtos e o aumento da produtividade (2001). A ampliação na variedade e o aumento na intensidade dos mecanismos de aquisição/conversão ao longo do tempo permitiu que novas práticas (solução compartilhada de problemas por equipes multifuncionais – departamentos internos, fornecedores ou clientes) se incorporassem à rotina da unidade e o fluxo de conhecimentos permeasse a organização.

Funcionamento dos processos de aprendizagem. O funcionamento foi avaliado conforme critérios apresentados na seção Modelo para Exame dos Processos Subjacentes de Aprendizagem (resultados na Tabela 5). A avaliação do funcionamento de cada mecanismo retrata a efetividade com que cada um

influenciou a acumulação de competência tecnológica. A partir dos resultados obtidos, observa-se que houve melhora no funcionamento dos mecanismos empregados de forma contínua, sugerindo que estes mecanismos se tornaram mais efetivos como agentes de acumulação de novas competências e melhoria contínua de performance. Os mecanismos usados de forma intermitente ou isolada tiveram bom funcionamento e visavam a concentrar esforços para operacionalizar mudanças técnicas com a introdução de novos processos ou equipamentos. Um exemplo foi a aquisição de conhecimento externo em 1997, 1998 e 1999 para implantação dos processos de metalurgia secundária. A interação com fornecedores (1997 e 1998), visitas ao exterior (1997 e 1998), importação de *expertise* (1997 e 1998) e assistências técnicas (1998 e 1999) permitiram que novos conhecimentos fossem assimilados pelos indivíduos e convertidos para a organização. Como resultado, foram desenvolvidos novos processos, implicando aumento do número e complexidade das especificações produzidas. Outros exemplos de mecanismos usados para um fim específico foram a implantação do SAP/R3 e gestão ambiental. Em ambos a implantação foi precedida por treinamentos externos, cursos para todos os níveis e padronização.

Tabela 5: Funcionamento dos Processos de Aprendizagem Usados pela Aciaria da CSN

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

Fonte: elaboração própria do autor.

A melhoria no funcionamento dos processos de aprendizagem ocorreu em função do critério de seleção dos mecanismos para aquisição e conversão do conhecimento, voltados para atividades com implicações para acumulação de competências e melhoria de performance.

Interação dos processos de aprendizagem. A avaliação da interação entre e dentro dos processos de aprendizagem (Tabela 6) seguiu os critérios apresentados na seção Modelo para Exame dos Processos Subjacentes de Aprendizagem.

Tabela 6: Interação Entre e (Dentro) dos Processos de Aquisição e Conversão

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

Fonte: elaboração própria do autor.

Em 1997 e 1998, a variedade moderada de mecanismos de aquisição e conversão do conhecimento limitaram a interação dos mecanismos. A conexão entre aquisição e conversão de conhecimentos do nível individual para o organizacional limitava-se a poucos mecanismos. Os conhecimentos adquiridos em cursos e visitas técnicas ao exterior, por exemplo, eram convertidos para a organização por meio de relatórios, manuais ou padrões.

Em 1999, a interação dos processos de aprendizagem aumentou em função do número e natureza dos mecanismos usados para adquirir/converter conhecimentos. O desenvolvimento de projetos em parceria com fontes externas e internas permitiu que novos conhecimentos fossem compartilhados, enquanto problemas eram solucionados. Além da interação de indivíduos, a conexão entre aquisição e conversão era feita por meio de cursos, atividades na área, reuniões de projetos, padrões e relatórios técnicos, e 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 branca 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. Estes mecanismos permitiram a integração de conhecimentos entre pessoas de diferentes áreas, porquanto, para execução dessas atividades, fez-se mapeamentos dos processos, indicando insumos, matérias primas, equipamentos e produtos que compunham o fluxo de produção do aço.

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.

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

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

Os indicadores de performance são apresentados sob forma de índices (exceto o número de especificações), tendo como base o ano de 1997. Não se usaram as unidades empregadas na aciaria para avaliação de desempenho, mas a melhoria alcançada a partir de uma base (número 100), levantando-se os ganhos percentuais (Tabela 7).

Tabela 7: Indicadores de Performance Operacional da Aciaria da CSN

Indicador	1997	1998	1999	2000	2001
Acerto de temperatura do aço líquido ⁽⁴⁾ (% de corridas)	100	113	109	126	128
Campanha dos conversores LD ⁽⁵⁾ (número de corridas)	100	118	126	127	137
Produtividade da aciaria ⁽⁶⁾ (tonelada aço líquido/hora)	100	102	109	106	112
Número de especificações produzidas ⁽⁷⁾	222	222	337	363	488
Índice de falhas dos conversores LD ⁽⁸⁾ (% tempo parada)	100	88	91	59	40

Fonte: elaboração própria do autor.

A partir da acumulação do Nível 3 de competências para processo, foi possível encontrar evidências de melhoria no acerto de temperatura e campanha dos conversores. O desenvolvimento de novos processos de metalurgia permitiu maior controle das temperaturas de vazamento nos conversores e de liberação, 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 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 o alcance de novos patamares de performance. O novo perfil dos refratários dos conversores e estudos de simulação para identificação de gargalos permitiram aumento na produtividade. O aprimoramento de 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 teve implicações positivas sobre a acumulação do Nível 3 de competências em produtos. O desenvolvimento de novos processos permitiu produzir novas especificações, onde se destacam os aços *interstitial free*.

A acumulação do Nível 4 de competências para produtos redundou em aumento no número de especificações. A interação com clientes permitiu desenvolver produtos de maior complexidade: aço para latas de duas peças, peça exposta para automóveis e fins elétricos. O conhecimento adquirido no desenvolvimento destes aços 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 interação com clientes, fortaleceram-se as interações com centros de pesquisa e universidades.

A partir da acumulação do Nível 3 de competência para equipamentos, observou-se melhoria nos índices de falhas nos conversores e produtividade. O aprimoramento de técnicas de manutenção, desenvolvidas com fornecedores e os trabalhos em equipes multifuncionais, auxiliaram na redução das falhas nos conversores LD. A instalação de novos equipamentos para fabricação de aço por diferentes rotas facilitou o escoamento da produção (produtividade).

A acumulação do Nível 4 de competência para equipamentos implicou melhoria na campanha dos conversores LD e na produtividade. Os trabalhos em parceria com os departamentos de manutenção, pesquisa, engenharia e fornecedores permitiram que adaptações fossem feitas nos conversores, no sistema de aquecimento de painéis e no desgaseificador a vácuo. Estes trabalhos aumentaram a confiabilidade dos equipamentos, reduzindo o índice de falhas.

A melhoria de performance técnica, demonstrada pelos indicadores, teve implicações positivas sobre os resultados financeiros e operacionais da empresa (Tabela 8). Principalmente devido à influência do aumento de produtividade na aciaria sobre o custo do produto e a ampliação do número de especificações, isto é, maior faturamento em produtos mais complexos.

Tabela 8: Resultados de Desempenho Financeiro e Operacional da CSN

Indicador	1997	1998	1999	2000	2001
EBITDA ⁽⁹⁾ (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 siderúrgicas nacionais e internacionais. A comparação do EBITDA da CSN com o de siderúrgicas nacionais (Tabela 9), mostra que os resultados da CSN são superiores, evidenciando que a melhoria na performance teve implicação sobre o desempenho financeiro e, em consequência, sobre a competitividade da empresa.

Tabela 9: 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 atingir melhores resultados financeiros na CSN foi o permanente alongamento da capacidade produtiva (Tabela 8). O incremento de produtividade, evidenciado pelos indicadores de performance (Tabela 7), permitiu atingir estes resultados. A exemplo do EBITDA, a capacidade produtiva na aciaria da CSN é comparável ao das melhores siderúrgicas mundiais (Tabela 10).

Tabela 10: 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)	Coréia 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 competência tecnológica nas funções processo, produto e equipamentos. O aprimoramento de performance alcançado no período estudado sugere que a aciaria da CSN encontra-se entre as melhores do mundo, e que os resultados atingidos contribuem para competitividade da empresa no cenário global.

CONCLUSÕES

Este trabalho contribui para o entendimento de como os processos de aprendizagem operam no sentido de auxiliar uma unidade específica numa grande siderúrgica a construir e sustentar competências. As evidências sugerem que a melhoria de performance técnica e econômica foi influenciada pela acumulação de competência tecnológica e que esta contribuiu para aumento da competitividade da empresa. As evidências apresentadas permitem concluir o que segue.

1. Alinhando-se a estudos anteriores (FIGUEIREDO, 2001), este estudo sugere que a acumulação de competência tecnológica numa função é influenciada pela forma como outras funções são acumuladas com o tempo. A aciaria da CSN não teria acumulado competências no nível intermediário em produto, se não tivesse acumulado competência em processo de produção e equipamento. Em outras palavras, a acumulação de competências deve ocorrer em paralelo, mesmo que a diferentes taxas, nas diferentes funções.
2. A acumulação de competências tecnológicas de rotina desempenha papel fundamental para acumulação e sustentação de competências inovadoras, ou seja, a produção de aços especiais por meio do processo de desgaseificação a vácuo não seria possível, sem que uma base de conhecimentos se desenvolvesse no sistema tradicional de metalurgia.
3. As características-chaves 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 desempenho operacional.
4. A sustentação e acumulação de competências depende da permanente renovação de mecanismos de aquisição/conversão do conhecimento. As evidências de melhoria de desempenho da aciaria da CSN sugerem que os esforços para acumular competências geraram benefícios para empresa. A criação e aprimoramento dos processos de aprendizagem compensaram; por isso toda a análise de aprendizagem desenvolvida aqui é importante.

5. Embora não tenha sido foco deste trabalho, reconhecemos que outros fatores podem influenciar os processos de aprendizagem, a acumulação de competência tecnológica e o desempenho operacional, tais como o comportamento da liderança corporativa e condições externas. A liderança exerceu influência positiva sobre os processos de aprendizagem durante o período estudado. Seu papel foi fundamental para a criação e manutenção de mecanismos de aquisição e conversão do conhecimento com objetivos específicos de acumulação de competências inovadoras e melhoria do desempenho operacional. Condições externas, como restrição de investimentos, aumento da competição pela abertura de mercado e instabilidade econômica fizeram com que fossem envidados esforços internos para superar estes obstáculos. Estas conclusões alinham-se com Figueiredo (2001).
6. A utilização da estrutura analítica empregada neste trabalho pode auxiliar na gestão empresarial por meio da identificação de oportunidades de melhoria de desempenho técnico e econômico pela acumulação de competência tecnológica e processos de aprendizagem. Esta ferramenta analítica pode auxiliar também na orientação de estudos de políticas governamentais para o desenvolvimento tecnológico, identificando oportunidades de melhoria na capacitação tecnológica de setores industriais estratégicos.
7. Por meio do exame da relação entre processos de aprendizagem, acumulação de competências e aprimoramento de desempenho técnico-econômico na aciaria da CSN, este estudo avança em relação a estudos anteriores (FIGUEIREDO, 2001; TACLA, 2002), ao examinar o relacionamento entre essas questões numa unidade específica de uma empresa. Ao fazer isso, mostramos a viabilidade de aplicar os modelos de análise de competência tecnológica e aprendizagem (Tabelas 1 e 2) para unidades específicas. Além disso, este estudo contribui para abrir caminho para futuras comparações entre unidades, tanto no nível da empresa como em nível interempresarial. Isso possibilitará entendimento mais detalhado sobre as implicações dos processos de aprendizagem para o aprimoramento do desempenho de empresas de setores estratégicos da indústria no Brasil.

Artigo recebido em 08.01.2004. Aprovado em 06.05.2004.

NOTAS

¹ Trabalho premiado na área de Administração de Ciência e Tecnologia com Menção Honrosa no XXVII ENANPAD, realizado em Atibaia-SP, em setembro de 2003.

² O processo de socialização apresenta mecanismos pelos quais os indivíduos trocam conhecimentos tácitos entre si, difundindo-os do nível individual para o organizacional. A forma como estes conhecimentos são adquiridos varia, podendo ser por meio da observação, conversas informais, solução compartilhada de problemas, treinamento no posto de trabalho etc.. O conhecimento tácito está, na verdade, incorporado nas pessoas com forte componente informal. Seu desenvolvimento depende em grande parte da habilidade que cada um tem de assimilar informações e utilizá-las de forma a gerar resultados positivos sobre os processos produtivos. Os mecanismos apresentados neste trabalho visam, basicamente, apontar fontes de difusão de conhecimento tácito e não a descrição do conhecimento tácito em si.

³ Embora o número de mecanismos empregados para aquisição e conversão do conhecimento seja grande, não se pode hierarquizar a importância individual de cada um. A análise da importância dos processos de aprendizagem para acumulação de competências deve ser feita de forma **sistêmica**, considerando que cada mecanismo é importante para compor o conjunto final, ou seja, a acumulação de competências depende da integração de diferentes fontes de conhecimentos: engenharia, operadores, pesquisa, fornecedores, clientes etc.

⁴ O acerto de temperatura do aço líquido é um indicador que mostra a coordenação entre os processos de fabricação. Cada tipo de aço é produzido com uma faixa especificada de temperatura. Temperaturas elevadas reduzem o ritmo de produção e aumentam o consumo de ligas na metalurgia. Temperaturas baixas influem no nível de limpeza e aumentam o risco de obstrução das válvulas de passagem do aço, afetando a qualidade e a produtividade.

⁵ A campanha dos conversores LD representa a vida útil deste equipamento. O revestimento refratário, responsável pela campanha, desempenha papel muito importante sobre a produtividade e custo, pois para operação de troca de refratários necessita-se de, aproximadamente, 10 dias de paralisação deste equipamento.

⁶ A produtividade ou ritmo de produção de uma aciaria afeta diretamente o custo de produção do aço, ou seja, quanto maior a capacidade de produzir na unidade de tempo, melhor será a utilização dos ativos disponíveis.

⁷ O número de especificações representa a flexibilidade que a empresa tem para atender a diferentes mercados. No caso da CSN, as especificações evoluíram em quantidade e complexidade. Com este aumento, a CSN passou a competir num mercado de aços de maior valor agregado, contribuindo para aumento de receita da empresa.

⁸ O índice de falhas dos conversores LD é representativo, porque todo o fluxo de produção de aço passa por este equipamento. Assim sendo, qualquer falha paralisa a produção e afeta a produtividade.

⁹ Earnings Before Interests, Taxes and Depreciation and Amortization ou Lucro Antes dos Juros, Impostos, Depreciação e Amortização. 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.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARIFFIN, N.

The internationalisation of innovative capabilities: the Malaysian Electronics Industry. Brighton: 2000. Thesis (Ph.D.) – University of Sussex.

BELL, M.;

PAVITT, K.

The development of technological capabilities. Haque, I. U.(Ed.), Trade, Technology and International Competitiveness, Washington: The World Bank, 1995.

BELL, M.;

ROSS-LARSON, B.;

WESTPHAL, L. E.

Assessing the performance of the infant industries. Washington DC: World Bank, 1984 (World Bank Staff Working Papers, n. 666).

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. 2002. Dissertação de Mestrado, EBAPE/FGV, Rio de Janeiro.

CASTRO, E. C.

Acumulação de Competências Tecnológicas e Processos de Aprendizagem: o Caso da Aciaria da Companhia Siderúrgica Nacional. 2002. Dissertação de Mestrado, EBAPE/FGV, Rio de Janeiro.

DAHLMAN, C.;

ROSS-LARSON, B.;

WESTPHAL, L. E.

Managing technological development: lessons from the newly industrializing countries. **World Development**, v. 15, n. 6, p. 759-775, 1987.

DOSI, G

The microeconomic sources and effects of innovation. An assessment of some recent findings. Brighthon: 1985. SPRU, University of Sussex (DRC Discussion Paper n. 33).

DUTRÉNIT, G

Learning and knowledge management in the firm: from knowledge accumulation to strategic capabilities. Chetenham: Edward Elgar, 2000.

FIGUEIREDO, P. N.

Technological learning and competitive performance. Cheltenham: Edward Elgar, 2001.

Does technological learning pay off? Inter-firm differences in technological capability-accumulation and operational performance improvement. **Research Policy**, v. 31, p. 73-94, 2002.

Learning, capability accumulation and firms differences: evidence from latecomer steel. **Industrial and Corporate Change**, v. 12, n. 3, p. 607-643, 2003.

HOBDAY, M.

Innovation in East Asia: the challenge to Japan. Aldershot: Edward Elgar, 1995.

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. In: 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: oct. 1995.

The dynamics of Samsung's technological learning in semiconductors. **California Management Review**, v. 39, n. 3, p. 86-100, 1997a.

Imitation to innovation: the dynamics of Korea's technological learning. Boston: Harvard Business School Press, 1997b.

LALL, S.

Exports of technology by newly-industrialized countries. **World Development**, v. 12, p. 5-6, may/june 1984 (Special Issue).

Technological capabilities and industrialization. **World Development**, v. 20, n. 2, p. 165-186, 1992.

LEONARD-BARTON, D.

Nascentes do saber: criando e sustentando as fontes de inovação. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1998.

NELSON, R.;

WINTER, S.

An evolutionary theory of economic change. Cambridge: Harvard University Press, 1982.

PAVITT, K.

Technology, products and organization in the innovation firm: what Adam Smith tells us and Joseph Schumpeter doesn't. **Industrial and Corporate Change**, v. 7, n. 3, p.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: 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. 2002. Dissertação de Mestrado. EBAPE/FGV, Rio de Janeiro.

TACLA, C. L.;
FIGUEIREDO, P. N.

Processos de aprendizagem e
acumulação de competências
tecnológicas: evidências de uma
empresa de bens de capital no Brasil.
**Revista de Administração
Contemporânea**, Rio de Janeiro, v. 7,
n. 3, p. 101-126, jul/set. 2003.

TEECE, D.;
PISANO, G.;
SHUEN, A.

**Firm capabilities, resources, and the
concept of strategy: four paradigms**

of strategic management. Berkeley:
University of California, 1990, CCC
Working Paper, n. 94-9.

TEECE, D.;
PISANO, G.

The dynamic capabilities of firms: an
introduction. **Industrial and
Corporate Change**, v. 3, n. 3, p. 537-
556, 1994.

YIN, R. K.

**Estudo de caso: planejamento e
métodos**. Porto Alegre: Bookman,
2001.