

Desenvolvimento Tecnológico, Alianças Estratégicas e Apoio Governamental: o caso Tecnored*

Autoria: Germano Mendes De Paula

Resumo

O caso estudado é o da Tecnored, pequena empresa de engenharia sediada no Rio de Janeiro-RJ, que vem se dedicando nos últimos 20 anos a desenvolver uma tecnologia alternativa ao alto-forno. Para isso, ela se associou em momentos distintos a empresas de maior porte, tais como a Fundação Tupy (1980-1992), a Caemi (1988-2000) e a North Star Steel/Cargill (a partir de 2000). A principal motivação para desenvolver essas alianças foi a falta de mecanismos alternativos, na economia brasileira, para financiar projetos tecnológicos radicais, de alto risco e com longo tempo de maturação. Essa deficiência não se refere apenas aos organismos oficiais de fomento, mas também ao *venture capital* privado. Assim, as alianças estratégicas para a Tecnored foram, mais do que tudo, um mecanismo privado de financiamento. Porém, essas também serviram como uma forma indireta de captação de recursos oficiais para o projeto.

Introdução

A indústria siderúrgica brasileira possui um papel de destaque no cenário econômico e político do país. Vários são os fatores que contribuem para esta situação, tais como: a) ser considerado um marco tanto do processo de industrialização quanto do programa nacional de privatização; b) contar com empresas em processo de internacionalização; c) gerar expressivos superávits comerciais; d) sofrer ameaças recorrentes quanto à imposição de medidas protecionistas por parte de outros países. Além disso, após a privatização, as empresas siderúrgicas brasileiras empreenderam um vigoroso programa de investimentos. Se, de um lado, esses fatos vêm sendo sistematicamente levantados e discutidos, de outro, a análise do desenvolvimento tecnológico na siderurgia brasileira não tem merecido a devida atenção.

Aliás, segundo DE PAULA (2001, p. 22), a estratégia tecnológica da siderurgia brasileira deveria privilegiar a difusão de processos tecnológicos já provados e inovações incrementais, uma vez que: a) a siderurgia é uma indústria madura, sendo as rupturas tecnológicas pouco frequentes; b) a tecnologia está intensamente incorporada nos equipamentos, e os principais fabricantes de equipamentos metalúrgicos (que detêm a tecnologia do processo) são europeus e japoneses; c) no país, não existe *background* técnico suficiente, seja no setor, seja nos seus fornecedores de tecnologia (fabricante de equipamentos, empresas de engenharia, universidades e institutos de pesquisa), para fazer frente aos elevados riscos envolvidos no desenvolvimento de novos processos produtivos; d) fatores externos à empresa, como a instabilidade macroeconômica e o alto custo do dinheiro, tendem a induzir um comportamento empresarial mais avesso ao risco; e) a própria instabilidade patrimonial da siderurgia brasileira foi e continua sendo um complicador adicional para estimular atividades cujos resultados são de longo prazo.

As condições acima apontadas tendem a induzir, de fato, uma estratégia tecnológica mais conservadora por parte das empresas siderúrgicas brasileiras. Ademais, esse posicionamento desestimularia esforços tecnológicos radicais por parte de fornecedores brasileiros de tecnologia siderúrgica. Embora esse pareça ser o caso geral, a trajetória da empresa Tecnored teima em negar tal premissa. Ao longo de duas décadas, ela vem tentando desenvolver uma inovação radical, baseada em pelotas auto-redutoras, que poderá resultar na

difusão de um equipamento substituto ao tradicional alto-forno. Conforme examinado a seguir, definitivamente, não se trata de uma tarefa fácil, tendo em vista as dificuldades para se financiar um projeto que vem sendo desenvolvido por um longo período de tempo, além dos insucessos enfrentados por outras tecnologias que também tentaram substituir o alto-forno. Somente pela persistência e o *animal spirits* dos empreendedores envolvidos no projeto, no melhor espírito Schumpeteriano, o caso Tecnored já mereceria ser estudado. Todavia a formação de alianças estratégicas como uma forma alternativa de captar *venture capital*, num contexto de escasso apoio governamental às atividades tecnológicas de alto risco, somente ratifica a motivação para que essa experiência seja examinada.

O presente estudo de caso é dividido, além desta sucinta introdução, em quatro seções, sendo que a primeira analisa as principais inovações tecnológicas radicais na siderurgia mundial e, em particular, as tecnologias alternativas ao alto-forno. Esses novos processos vão desde tecnologias totalmente dominadas (como os módulos de redução direta) até outras que se encontram numa fase inicial de difusão ou mesmo em escala não-industrial: Finmet, Circored, Fastmet, HIs melt, Iron Carbide, Romelt e Tecnored, entre outros.

A segunda seção aborda o processo de formação e rupturas de alianças estratégicas que vêm constituindo-se no principal suporte financeiro do projeto Tecnored. Até o presente momento, várias empresas já participaram diretamente dele, como a Fundação Tupy (1980-1992), a Caemi (1988-2000) e a North Star Steel/Cargill (a partir de 2000). Além disso, observam-se recorrentes mudanças não apenas em termos de participações acionárias, mas também nas formas dos arranjos entre as empresas envolvidas. A terceira seção examina as principais etapas do desenvolvimento da tecnologia Tecnored, abordando também a questão do apoio governamental. De fato, em paralelo às alianças estratégicas, o desenvolvimento desta tecnologia contou, mesmo indiretamente, com vários tipos de incentivos estatais. Nas considerações finais, são retomadas as principais conclusões levantadas ao longo do estudo de caso.

1. Inovações Radicais na Indústria Siderúrgica Mundial

A siderurgia mundial é madura em termos tecnológicos, sendo que a baixa intensidade de seus gastos em pesquisa & desenvolvimento (P&D) constitui o indicador mais característico deste fato. De acordo com FURTADO *et alii* (2000, p. 52), a siderurgia é um setor *demand pull*, em que as necessidades dos consumidores direcionam as ações tecnológicas, diferentemente dos setores *technology push*, que se caracterizam por rápidas e grandes inovações tecnológicas. Assim, a intensidade dos gastos em P&D na siderurgia é menor do que nesses setores mais dinâmicos, do ponto de vista tecnológico. PINHO (2001, pp. 146-147), por sua vez, enfatiza que a intensidade desses esforços varia bastante entre os segmentos da siderurgia, respondendo a graus diferenciados de exigência dos consumidores. É maior no caso dos aços especiais e menor na maior parte dos laminados longos comuns. Além disso, numa indústria que se caracteriza por um aparato produtivo tão vasto e complexo como costuma ser cada usina siderúrgica, há, naturalmente, amplo espaço para o constante desenvolvimento da tecnologia de processo. No entanto, à semelhança do que ocorre com a tecnologia de produto, o deslocamento da fronteira tecnológica não é particularmente rápido. Ainda segundo o mesmo autor, ao longo do século XX, apenas duas inovações poderiam ser consideradas radicais: o conversor básico a oxigênio e o lingotamento contínuo.

De um modo geral, as inovações radicais na siderurgia mundial têm sido pouco frequentes. No presente momento, duas são as principais tecnologias emergentes no setor, ambas baseadas numa trajetória de compactação de processos: *thin-slab-casting* e processos alternativos de produção de ferro primário. É interessante observar que os equipamentos de *thin-slab-casting* buscam substituir o laminador de tiras a quente, o mesmo acontecendo com

os processos alternativos de produção de ferro primário em relação ao alto-forno. O laminador de tiras a quente e o alto-forno são exatamente os principais equipamentos nos quais as economias de escala são mais preponderantes em uma usina integrada a coque (o método tradicional de produção siderúrgica, baseada em alto-forno e aciaria básica a oxigênio) – ver DE PAULA (1998, pp. 28-34). Por outro lado, inúmeras inovações incrementais têm contribuído para a elevação gradativa, mas substancial, dos indicadores de qualidade, rendimento energético e das matérias-primas, e produtividade dos equipamentos e da mão-de-obra (PINHO, 2001, p. 148).

De fato, equipamentos alternativos ao alto-forno incluem-se entre as principais tecnologias emergentes na siderurgia mundial. *Grosso modo*, pode-se segmentá-los em duas gerações: a) processos de redução direta já consolidados; b) processos emergentes alternativos ao alto-forno, muitas vezes, agrupados sob o rótulo genérico de “fusão-redutora”.

Antes de discutir as tecnologias propriamente ditas, cabe destacar que desde meados de 1960, uma outra rota tecnológica vem se difundindo na siderurgia mundial: trata-se das aciarias elétricas (muitas vezes denominada *minimills*), que se baseiam na produção de aço bruto a partir do derretimento da sucata em um forno elétrico. A redução direta é a tecnologia que permite a produção do ferro-esponja (também denominado ferro diretamente reduzido, DRI) ou do ferro briquetado a quente (HBI). Esses dois produtos são bastante similares, sendo que o último é fabricado para utilização em outras siderúrgicas, e o primeiro, para consumo interno, face aos problemas de periculosidade no transporte. DRI e HBI são consumidos em fornos elétricos como substituto (parcial) à sucata, com a vantagem de conter menos enxofre e fósforo do que ela. Assim, o uso do DRI e HBI permite a produção de aços com menor grau de contaminantes e, conseqüentemente, de maior valor agregado a partir de uma aciaria elétrica. No ano 2001, a produção mundial conjunta de HBI e DRI foi de 39,3 milhões de toneladas, ao passo que a de ferro-gusa (produzido em altos-fornos) atingiu 578,2 milhões. Ou seja, apesar de já ser uma tecnologia provada e consolidada, a redução direta representa atualmente apenas 6,4% da produção mundial de ferro primário.

O Quadro 1 mostra algumas características da segunda geração de processos alternativos ao alto-forno. Quanto ao tipo de equipamento, eles se subdividem principalmente em: forno de cuba, forno de soleira rotativa, leito fluidizado e *bath smelting*. São ainda discriminados quais os produtos gerados (ferro-gusa, HBI e carvão de ferro); o estágio de desenvolvimento comercial (tecnologia provada, tecnologia semi-comercial e planta-piloto); a localização das plantas industriais, incluindo as paralisadas e as primeiras plantas de demonstração planejadas; os tipos de minério de ferro utilizados (granulados, *sinter feed*, *pellet feed* e pelotas)ⁱ; os tipos de redutor primário (carvão e gás natural); e o tamanho nominal das plantas. No caso da Tecnored, enfatiza-se que apenas ela e o processo Fastmet valem-se de pelotas auto-redutoras. As plantas Fastmet em operação localizam-se no Japão: Hirohata da Nippon Steel (que foi inaugurada em abril de 2000) e Kakogawa da Kobe Steel (maio de 2001) – ver METAL BULLETIN (21 de maio de 2001).

Apesar das diferenças entre elas, de um modo geral, as principais vantagens dessas novas tecnologias são: a) o aumento de flexibilidade operacional em comparação com o alto-forno, que funciona intermitentemente por período superiores a 15 anos e raramente opera com menos de 80% de sua capacidade nominal; b) a redução da escala mínima ótima de uma usina siderúrgica e a conseqüente diminuição das barreiras à entrada; c) o decréscimo do custo de capital, em grande medida, relacionado à eliminação de coquerias e sinterização; d) a diminuição do consumo energético e do impacto ambiental.

QUADRO 1
CARACTERÍSTICAS DOS PRINCIPAIS PROCESSOS ALTERNATIVOS DE PRODUÇÃO DE FERRO PRIMÁRIO

	Corex	Tecnored	Redsmelt	Fastmet/ Fastmelt	Iron Dynamics	Finmet	Circored	Iron Carbide	Hismelt	Romelt
Proprietário Tecnologia	Vöest- Alpine (Áustria)	Tecnored (Brasil)	SMS Demag (Alemanha)	Midrex / Kobe Steel (Japão)	Steel Dynamics (EUA)	Fior (Venezuela) e Vöest- Alpine (Áustria)	Lurgi / Outukumpu (Finlândia)	Iron Carbide Holdings (EUA)	Rio Tinto (Austrália)	Moscow Institute of Steel and Alloys (Rússia)
Tipo do Equipamento	Forno de Cuba	Forno de Cuba	Forno Soleira Rotativa + Forno Elétrico de Redução	Forno Soleira Rotativa + Forno Elétrico a Arco	Forno Soleira Rotativa + Forno Elétrico de Redução	Leito Fluidizado	Leito Fluidizado Circulante (Ciclone Redutor)	Leito Fluidizado	Leito Fluidizado + “Bath Smelting”	“Bath Smelting”
Tipo do Produto	Ferro-Gusa	Ferro-Gusa	Ferro-Gusa	Ferro-Gusa	Ferro-Gusa	HBI	HBI	Carbeto de Ferro	Ferro-Gusa	Ferro-Gusa
Estágio de Desenvolvimento Comercial	Tecnologia Provada	Planta- Piloto	Tecnologia Semi- Comercial	Planta- Piloto	Tecnologia Semi- Comercial	Tecnologia Semi- Comercial	Tecnologia Semi- Comercial	Tecnologia Semi- Comercial	Planta- Piloto	Planta- Piloto
Localização das Plantas Industriais Já Instaladas	África do Sul, Coreia do Sul e Índia			Japão	EUA (paralisada)	Austrália e Venezuela	Trinidad & Tobago	Trinidad & Tobago e EUA (para- lisadas)		
Localização das Futuras Plantas de Demonstração		Brasil	Itália						Austrália	Índia
Minério de Ferro	Pelota ou Granulado	<i>Pellet Feed</i>	<i>Pellet Feed</i>	<i>Pellet Feed</i>	<i>Pellet Feed</i>	<i>Sinter Feed</i>	<i>Sinter Feed</i>	<i>Sinter Feed</i>	<i>Sinter Feed</i>	<i>Sinter Feed</i>
Redutor Primário	Carvão	Finos de Carvão	Finos de Carvão	Finos de Carvão	Finos de Carvão	Gás Natural	Gás Natural/ Hidrogênio	Gás Natural	Carvão	Carvão
Tamanho Nominal das Plantas	Acima de 1 Mta	Entre 200 e 500 mta	Entre 500 mta e 1 Mta	Entre 500 mta e 1 Mta	Entre 200 e 500 mta	Entre 500 mta e 1 Mta	Entre 500 mta e 1 Mta	Entre 200 e 500 mta	Entre 200 e 500 mta	Menos de 200 mta

Fonte: U.S. Department of Energy (2000), AISI (2001), Saab & Sampaio (1995), New Steel, Metal Bulletin, Tecnored

Obs: Mta = milhões de toneladas por ano; mta = mil toneladas por ano

É necessário destacar que, dentre as tecnologias listadas no Quadro 1, apenas o Corex pode ser considerado um processo já provado industrialmente (U.S. DEPARTMENT OF ENERGY, 2000). Plantas Corex já foram instaladas na África do Sul, Coréia do Sul e Índia, mas sua difusão vem sendo lenta. BARNETT (2001) estima que esta tecnologia correspondeu a 0,5% do ferro primário produzido na siderurgia ocidental no ano 2000, podendo chegar a 1,0% em 2005 e a 1,4% em 2015. Com relação aos demais processos emergentes alternativos ao alto-forno, esse autor projeta uma difusão de 1,6%, 5,5% e 8,6%, respectivamente.

Se não bastasse o ritmo relativamente lento de difusão, vários desses novos processos emergentes vêm enfrentando substanciais problemas tecnológicos, resultando em grandes prejuízos financeiros, tais como os projetos Iron Carbide em Trinidad & Tobago (US\$ 110 milhões), Circored em Trinidad & Tobago (US\$ 255 milhões), Finmet na Venezuela (US\$ 795 milhões), Finmet na Austrália (US\$ 1,28 bilhão) e Iron Dynamics nos Estados Unidos (US\$ 120 milhões). Deve-se destacar que os cinco casos mencionados mostram as dificuldades tecnológicas e os altos riscos envolvidos em inovações radicais, ainda mais quando se procura substituir um equipamento como o alto-forno, que vem recebendo melhorias incrementais por séculos.

2. Formação e Rupturas de Alianças Estratégicas no Projeto Tecnored

Do ponto de vista tecnológico, o projeto Tecnored enquadra-se nas tentativas de substituição do alto-forno, o que representaria uma inovação radical na siderurgia. Contudo, o pioneirismo desse projeto extrapola as questões técnicas propriamente ditas, pois uma de suas características mais marcantes foi a formação e a ruptura do que se convencionou chamar alianças estratégicasⁱⁱ. Conforme relatado a seguir, para levar adiante o desenvolvimento de uma inovação radical, os empreendedores, que estão envolvidos nesse projeto por cerca de 20 anos, viram-se obrigados a associarem-se com empresas de maior porte. Como estas saíram do projeto, muito em função de reestruturações produtivas e corporativas, a necessidade de encontrar novos parceiros foi recolocada recorrentemente. Na verdade, a trajetória do desenvolvimento da tecnologia Tecnored não pode ser compreendida sem a análise das várias alianças estratégicas estabelecidas e as motivações das empresas-parceiras.

De um modo geral, pode-se segmentar a trajetória empresarial do projeto Tecnored em cinco fases: a) os convênios firmados entre a Fundação Tupy e a Setepla-Tecnometal, mas que também contou com a participação da Indústria Carboquímica Catarinense (ICC), da Santinvest, da Companhia Vale do Rio Doce (CVRD) e da Companhia Auxiliar de Empresas de Mineração (Caemi), compreendendo o período 1980-1988; b) a constituição da empresa Tecnored, sob o controle da Fundação Tupy (1988-1992); c) o período sob o comando da Caemi (1992-1996); d) a fase de transição marcada pela aproximação com a North Star Steel, subsidiária do conglomerado norte-americano Cargill, mas ainda sob o controle da Caemi (1996-2000); e) a entrada da North Star Steel no controle acionário da Tecnored em meados de 2000 (ver Quadro 2). Essa seção busca, assim, resgatar a evolução dessas parcerias estratégicas.

A primeira fase do projeto Tecnored, que correspondeu ao período de maio de 1980 a abril de 1988, teve como característica principal o fato de a aliança estratégica não compreender participação acionária. O relacionamento entre as empresas envolvidas no projeto foi baseado em convênios de cooperação tecnológica. O projeto Tecnored nasceu do interesse da Fundação Tupy em pesquisar e utilizar uma fonte alternativa à alimentação dos fornos cubilô, buscando reduzir os elevados custos de transporte de minério de ferro até a sede da empresa, em Joinville, Santa Catarina.

QUADRO 2:
ALIANÇAS ESTRATÉGICAS, DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO E APOIO
GOVERNAMENTAL AO PROJETO TECNORED (1980-2001)

Etapas	Período	Tipo de Aliança Estratégica	Empresas Envolvidas	Motivações Principais das Empresas Envolvidas	Desenvolvimento Tecnológico	Apoio Governamental
1 ^a	1980-1988	Convênios de Cooperação Tecnológica	Fundição Tupy, Setepla-Tecnometal, ICC, Santinvest, CVRD e Caemi/MBR	Desenvolvimento de carga metálica para o forno cubilô da Fundição Tupy. Utilização dos finos de minério de ferro de Carajás e Conceição (CVRD) e Águas Claras (MBR) para a produção de pelotas auto-redutoras	Fase Piloto.	Financiamento Finep para a Fundição Tupy: construção do centro de pesquisa (CPqD) e desenvolvimento do projeto pelotas auto-redutoras. Aporte de capital de risco FIBASE/BNDES: fusão da Setepla com a Tecnometal
2 ^a	1988-1992	<i>Joint-Venture</i>	Fundição Tupy (60%), Caemi (20%), Tecno-Logos (20%)	Desenvolvimento de equipamento alternativo ao alto-forno. Aproveitamento do <i>pellet feed</i> da MBR	Desenvolvimento do forno TecnoRed em três versões: <i>smelter</i> , <i>DRI finisher</i> e <i>melter</i> .	Financiamento Finep para Cia. Ferro-Ligas (Caemi): desenvolvimento do TecnoRed para produção de ferro-cromo.
3 ^a	1992-1996	<i>Joint-Venture</i>	Caemi (63%), Tecno-Logos (37%)			Financiamento Finep para Logos. Programa RHAE/Puc-Rio/EPUSP
4 ^a	1996-2000	<i>Joint-Venture</i>	Caemi (63%), Tecno-Logos (37%)	Fornecimento da primeira planta industrial para a usina de Beaumont, da North Star Steel	<i>Scale-up</i> : desenvolvimento de um módulo de verdadeira grandeza.	Programa RECOPE/PUC-Rio/TecnoRed/CST
5 ^a	2000-....	<i>Joint-Venture</i>	North Star Steel (50%), Tecno-Logos (50%)	Comercialização de ferro primário líquido	Primeira planta industrial	

Fonte: Elaboração própria com base em entrevistas

Diante do objetivo de se utilizarem novas fontes de matérias-primas por parte da Fundição Tupy, a empresa de consultoria Setepla-Tecnometal, que já prestava serviço à empresa catarinense, sugeriu o uso de pelotas auto-redutoras nos fornos cubilô. No começo, a ICC também participou dos convênios de cooperação tecnológica. Essa empresa produzia ácido sulfúrico e ácido fosfórico a partir do resíduo biritoso da lavagem do carvão, mas que gerava outro resíduo rico em ferro. Portanto, a idéia era aproveitar esse resíduo na produção de pelotas auto-redutoras. De fato, num momento inicial, o foco da pesquisa do projeto TecnoRed foi subordinado aos interesses da Fundição Tupy quanto ao desenvolvimento de carga metálica para o forno cubilô.

Ao longo do período 1980-1988, três outras empresas também firmaram convênios de cooperação tecnológica com a Fundição Tupy e a Setepla-Tecnometal, a saber: Santinvest, CVRD e Caemi. A motivação primordial da Santinvest, constituída por um grupo de

investidores, era participar na usina planta destinada à produção de ferro-gusa a ser construída em Imbituba, Santa Catarina, com capacidade de 120 mil toneladas anuais. Embora esse projeto, que seria capitaneado pela Fundição Tupy, não tenha se concretizado, a Santinvest ainda possui o direito de não pagar *royalties* em relação à tecnologia Tecnored, caso venha construir uma planta em Santa Catarina.

Em 1984, tendo em vista a necessidade de testar minério de ferro com composições químicas distintas, foram iniciados contatos com as duas principais empresas brasileiras desse setor: a CVRD e a Minerações Brasileiras Reunidas (MBR). Mais ainda, a CVRD e a Caemi (controladora da MBR) também participaram dos referidos convênios com a finalidade de desenvolver a utilização de finos de minério de ferro das minas de Carajás e Conceição, no primeiro caso, e Águas Claras, no segundo, para a produção de pelotas auto-redutoras.

A busca de um estreitamento do relacionamento com minerações de ferro tornou-se premente a partir de dezembro de 1986. Nessa data, a Setepla-Tecnometal e a Fundição Tupy concluíram que o uso potencial das pelotas auto-redutoras poderia (e deveria) extrapolar as perspectivas iniciais. Vislumbrou-se que a tecnologia em desenvolvimento poderia resultar num equipamento substituto ao alto-forno, eliminando-se, assim, a necessidade das plantas de sinterização e coqueria. Portanto, seria essencial que uma mineração de ferro se tornasse uma parceira mais efetiva do projeto.

O segundo estágio do projeto Tecnored compreendeu o período 1988-1992, quando se verificaram importantes mudanças em relação à fase anterior: a) tipo de aliança estratégica: transitou-se de um modelo baseado em convênios para outro, mais sofisticado, lastreado em participação acionária em uma *joint-venture*; b) o ingresso de uma mineradora de ferro no projeto, no caso a Caemi. Antes de discutir mais pormenorizadamente essa fase, cabe apontar que o grupo de empreendedores, que se encontravam representados pela empresa de consultoria Setepla-Tecnometal, constituíram outra empresa, denominada Tecno-Logos. Esta, por sua vez, possui o seu controle acionário dividido entre a Tecno com (50%, de propriedade dos Srs. Marcos Contrucci, Renato Pessoa e Mário Garcia) e da empresa Logos Participações (50%).

A empresa Tecnored foi constituída em abril de 1988, com a seguinte composição acionária: Fundição Tupy (60%), Caemi (20%) e Tecno-Logos (20%). Com o ingresso da Caemi no projeto, conseguiu-se desenvolver o processo até o ponto de operar uma planta-piloto do forno Tecnored (num primeiro momento, esse forno era denominado de FAR – Forno de Auto Redução). Todavia, a abertura comercial, levada a cabo pelo Governo Collor no início da década de 1990, trouxe vários impactos para a indústria brasileira, especialmente por intermédio da redução das margens de lucro. Um dos setores mais afetados por essa mudança de orientação econômica do país foi a cadeia automobilística, que era e continua sendo o principal mercado da Fundição Tupy. A grave crise financeira que abateu a empresa implicou não apenas a mudança de seu controle acionário, mas também uma redefinição do espectro de atividades nas quais ela se encontrava envolvida. A Fundição Tupy promoveu uma forte focalização de suas atividades, desfazendo-se de inúmeras atividades que não constituíam o seu *core business*. Dentre os projetos que tiveram sua continuidade ameaçada no âmbito da empresa, encontrava-se a sua participação na Tecnored. Assim, em maio de 1992, registrou-se a mudança do controle acionário da Tecnored, que passou a ser controlada pela Caemi (63%) e a Tecno-Logos (37%). A Fundição Tupy recebeu aproximadamente US\$ 200 mil pela sua participação, acrescido do direito de isenção de *royalties*, caso venha utilizar a tecnologia Tecnored na sua planta industrial. Em junho de 1992, foi assinado um contrato de uso da planta-piloto e do aluguel do CPqD, uma vez que as atividades de pesquisa continuaram sendo desenvolvidas em Joinville-SC, mesmo sem a participação acionária da Fundição Tupy no projeto.

A terceira etapa do projeto Tecnored vai de 1992 até o ano 1996, período em que ele esteve sob o controle acionário da Caemi. O engajamento desta empresa no projeto foi uma decorrência, num primeiro momento, da dificuldade de comercialização do *pellet feed* da MBR, sua controlada. O acúmulo deste material chegou a atingir cerca de 8 milhões de toneladas. Adicionalmente, dentre os produtos vendidos pela empresa, ele apresentava o maior custo de produção e o menor preço, resultando, obviamente, na menor margem de lucro. Assim, na busca de encontrar um modo de escoar esse produto, a Caemi aceitou o convite para fazer alguns testes com a tecnologia Tecnored. A intenção era aglomerar (seja na forma de pelotas ou briquetes) o *pellet feed*, transformando-o em DRI, HBI ou ferro-gusa.

Contudo, com o passar do tempo, a motivação inicial da MBR em participar do projeto Tecnored deixou de ser relevante. No Japão, começara a se utilizar o *pellet feed* na proporção de 10% a 15%, sem reduzir a produtividade da sinterização. A vantagem para os consumidores era consumir um produto com um custo mais baixo, mas que contivesse alto teor de ferro. Como consequência, o estoque de *pellet feed* foi sendo reduzido até, praticamente, se exaurir no final dos anos 80. Mesmo após a exaustão dos estoques, a MBR continuou interessada na tecnologia Tecnored como opção de agregar valor ao *pellet feed*. Mas, a partir de 1997, a Tecnored deixou de ser considerada pela Caemi como um suporte às atividades da MBR, passando a ser encarada como um negócio em si. Por outro lado, o custo do desenvolvimento do projeto começou a tornar-se elevado, pois era necessário arcar com as diversas tentativas e erros bem como a operação da planta-piloto. Uma vez que a mineração de ferro é uma atividade bastante tradicional do ponto de vista de assunção de riscos, a participação no projeto Tecnored foi se tornando incompatível com as premissas de investimento da Caemi.

A decisão da Caemi de sair do projeto Tecnored foi também relacionada à mudança do controle acionário da empresa, ocorrido em abril de 1997. Nessa data, a *trading company* japonesa Mitsui & Co. Ltd. subscreveu sozinho um aumento de capital da Caemi. Com um investimento de US\$ 197,8 milhões, a Mitsui passou a controlar 40% das ações ordinárias e 40% das ações preferenciais da Caemi. A entrada da *trading company* japonesa implicou mudanças de prioridades nos investimentos. É bem verdade que a iniciativa de sair do projeto foi proveniente dos executivos brasileiros da MBR, o que foi prontamente aceita pela Mitsui. Isso era coerente não apenas com a maior aversão ao risco tecnológico dos sócios japoneses, mas também ao fato de que a MBR estava promovendo grandes investimentos, tendo em vista a exaustão de suas minas principais (Águas Claras e Mutuca) ao longo de um período de 2 a 3 anos. De fato, a MBR investiu cerca de US\$ 500 milhões em novas minas, focalizando-se no seu *core business*: minério de ferro. As experiências pouco auspiciosas de outras tecnologias substitutas ao alto-forno, comentadas na seção anterior, constituíram-se em outro elemento decisivo para a Caemi decidir sair do projeto.

Embora a Caemi, desde 1998, tivesse o interesse de deixar o projeto, isso somente foi concretizado dois anos mais tarde, com a entrada da North Star Steel como acionista da Tecnored. A Caemi chegou a emprestar cerca de US\$ 1,5 a 2 milhões para a Tecnored, valores que foram reembolsados à empresa com o ingresso da subsidiária da Cargill. A Caemi guardou direitos em relação ao projeto Tecnored, sendo que pode escolher, até 2003, uma das três seguintes opções: a) voltar a deter 33% do capital da empresa Tecnored; b) receber US\$ 3 milhões, sendo US\$ 1 milhão por ano; c) exercer o direito de construir uma planta com capacidade de 1 milhão de toneladas anuais, sem pagamento de *royalties*.

Deve-se esclarecer que a participação da North Star Steel no projeto Tecnored ocorreu por dois modos distintos: a) como compradora de tecnologia (1996-2000); b) como acionista da Tecnored (a partir de 2000). Aliás, a quarta fase do desenvolvimento empresarial do projeto Tecnored (1996-2000) correspondeu a uma fase de transição, na qual, apesar da empresa continuar sendo controlada pela Caemi, a motivação principal era a construção da

primeira planta industrial Tecnored pela North Star Steel, na sua usina de Beaumont, localizada no Texas.

É necessário, então, examinar a motivação do interesse da North Star Steel pelo projeto Tecnored. No começo da década de 1990, a North Star Steel já era a segunda maior empresa siderúrgica norte-americana baseada em *mini-mills*, com capacidade de 5 milhões de toneladas. Frente ao crescimento da capacidade instalada das *mini-mills* naquele país, esperava-se um vigoroso aumento do preço da sucata. Assim, várias usinas começaram a analisar a produção de DRI e HBI como uma alternativa para reduzir os impactos da futura elevação dos preços da sucata e para possibilitar a produção de aços de melhor qualidade. A North Star Steel, no entanto, concluiu que investir em processos consolidados de redução direta não geraria a ela uma vantagem competitiva. Portanto, ela começou a analisar outros processos, sendo que a primeira opção recaiu sobre a tecnologia Iron Carbide. Mesmo tendo adquirido uma licença para construir uma planta Iron Carbide em 1992, a North Star Steel desistiu do investimento, em função dos receios que tinha sobre a sua viabilidade tecnológica.

A North Star Steel manifestou interesse pelo projeto Tecnored em 1996. No ano subsequente, passou a investir no desenvolvimento do processo, o que veio a totalizar cerca de US\$ 3 milhões. Como contrapartida deste investimento, a North Star Steel passou a deter os seguintes direitos: a) isenção do pagamento de *royalties* quanto ao uso da tecnologia Tecnored na construção da primeira planta industrial; b) isenção de *royalties* na construção de outras plantas, com capacidade de até 1 milhão de toneladas anuais; c) direito de receber 50% dos *royalties* relativos às plantas Tecnored a serem instaladas nos EUA. O prazo contratual fixado para que essa planta Tecnored na usina de Beaumont entrasse em operação fora o começo do ano de 1999.

Desde o interesse da North Star Steel pela tecnologia Tecnored, registraram-se importantes alterações de rumo quanto à implantação da primeira planta industrial Tecnored. Em primeiro lugar, desistiu-se da construção da primeira planta em Beaumont. Isso implicou a perda dos direitos que a North Star Steel detinha em contrapartida aos US\$ 3 milhões investidos no desenvolvimento do processo. Na verdade, considerou-se que seria mais prudente construir a primeira planta no Brasil, por uma série de motivos: a) o custo de construção é mais barato no país do que nos EUA, principalmente após a desvalorização cambial de janeiro de 1999; b) a maior proximidade com os pesquisadores que tinham desenvolvido a tecnologia; c) a menor distância frente às fontes de minério de ferro. Assim, a localização da primeira planta industrial Tecnored passou ser Ponta de Ubu, Espírito Santo, onde a Samarco opera duas plantas de pelotização, além de possuir um porto próprio.

A quinta e última fase do projeto Tecnored iniciou-se em junho de 2000, com a entrada da North Star Steel no controle acionário dele. Em outubro do mesmo ano, foi constituída a empresa norte-americana StarTec, controladora integral da Tecnored Tecnologia de Auto-Redução Ltda. Desde então, o controle acionário da StarTec é dividido entre a North Star Steel (50%) e a Tecno-Logos (50%). A North Star Steel detém ainda 100% das ações da Liquifer, denominação da primeira planta industrial Tecnored a ser instalada em Ponta de Ubu. Essa planta está projetada para uma capacidade de 150 mil toneladas anuais, sendo que a mineradora Samarco possui uma opção de compra de 50% das ações da Liquifer, após esta entrar em operação.

De fato, em junho de 2000, foi assinado um memorando de intenções entre a North Star Steel, a StarTec/Tecnored e a Samarco, que deu origem à Liquifer. Por esse acordo, estabeleceu-se o comodato não-oneroso do terreno, a venda de matérias-primas a preços definidos e a prestação de serviços, envolvendo, inclusive, laboratórios. Uma das grandes vantagens da parceria com a Samarco para a Liquifer é o abastecimento de finos de minério de ferro, carvão moído e energia elétrica, bem como as instalações portuárias. Para a Samarco, além da venda de finos de minério de ferro, ela pode consumir o gás gerado na

planta Tecnored como substituto do óleo combustível nas plantas de pelletização. A Samarco também ganhou o direito de isenção de *royalties* para qualquer planta Tecnored que venha a construir em Ponta de Ubu. Adicionalmente, conforme já mencionado, a Samarco possui também uma opção de compra de 50% das ações da Liquifer.

É importante ressaltar que, com o passar do tempo, a posição da North Star Steel em relação ao projeto também se modificou, à semelhança do que tinha ocorrido com a Caemi. Se, antes (que correspondeu à quarta fase do projeto Tecnored), a preocupação era com o abastecimento dos seus fornos elétricos com ferro-gusa, agora, a tônica (quinta fase) é utilizar a tecnologia Tecnored como um meio de modificar a forma de comercialização de minério de ferro no mundo. Embora os empreendedores do projeto Tecnored já possuíssem essa visão desde meados da década de 1980, quando se buscou a associação com empresas de mineração de ferro no lugar de empresas siderúrgicas, ela somente ganhou *momentum* a partir de 2000.

A premissa subjacente quanto à mudança da forma de comercialização do minério de ferro é que, atualmente, de cada 250 mil toneladas de minério de ferro exportadas do Brasil ou Austrália para os países consumidores, de fato, estão sendo transportadas apenas 150 mil toneladas de unidades de ferro, pois 100 mil toneladas podem ser consideradas perdas, sendo 76 mil toneladas de oxigênio, 20 mil toneladas de água e 4 mil toneladas de escória (MANN, 2001). Assim, a idéia é exportar unidades de ferro “puras”, fornecendo-as sob a forma de ferro líquido para as siderúrgicas, tal como se verifica atualmente em relação ao suprimento de oxigênio. Se essa concepção for bem sucedida, a fronteira de negócios entre a mineração de ferro e a siderurgia se alteraria. Assim, a atividade de redução de minério de ferro, que hoje é uma atribuição das empresas siderúrgicas, seria repassada a outras empresas, muito provavelmente mineradoras ou *joint-ventures* de mineradoras, *trading companies* e siderúrgicas. Numa palavra: *“This [Tecnored] low-cost and low investment approach will for sure help bringing ultimately into reality the spin-off of ironmaking from the core of the steel making business”* (CONTRUCCI, 1998, p. 14).

De acordo com cronograma original, a Liquifer entraria em operação em junho de 2002, com uma capacidade instalada de 150 mil toneladas e um custo estimado de US\$ 22,5 milhões. Todavia, tendo em vista a retração da lucratividade da siderurgia norte-americana e do conglomerado Cargill, este decidiu paralisar o projeto Liquifer em maio de 2001. A decisão da alta administração da Cargill é de que o projeto somente deve ser levado a diante mediante a associação com algum parceiro que arque, por exemplo, com 50% do investimento. Até o presente momento, a North Star Steel investiu cerca de US\$ 2,2 milhões na Liquifer, mas já teria despendido mais de US\$ 5 milhões no projeto Tecnored, ao se considerarem os gastos com desenvolvimento da tecnologia.

Em dezembro de 2001, a situação da Liquifer e, por conseguinte, da tecnologia Tecnored era de grande indefinição. Apesar da licença ambiental já ter sido concedida e o processo de escolha dos fornecedores dos equipamentos já ter sido concluído, o projeto Liquifer continuava paralisado. É bem verdade que, de um lado, os parceiros atuais (Tecno-Logos, North Star Steel e Samarco, embora a última ainda não participe acionariamente) compartilham a visão de que uma tecnologia alternativa ao alto-forno pode alterar o modo de comercialização de minério de ferro no mundo. De outro, a Samarco espera que a Liquifer entre em operação e apresente um bom desempenho operacional e financeiro, para exercer a sua opção de compra de 50%. Ou seja, ela aguarda que a North Star Steel arque com o risco tecnológico da primeira planta. Essa decisão é fortemente relacionada ao fato de que 50% da Samarco são controlados pela BHP, que teve uma experiência recente insatisfatória com o processo Finmet. Contudo a Cargill também está na expectativa de que algum parceiro aceite dividir o risco tecnológico com ela. Em suma, as posições atuais tanto da Cargill quanto da Samarco acabaram gerando um círculo vicioso, de difícil superação.

3. Desenvolvimento Tecnológico e a Questão do Financiamento Governamental

Segundo D'ABREU (2001, pp. 54-55), no Brasil, os primeiros estudos sobre auto-redução remontam aos meados da década de 1950 e início dos anos 1960. Nessa época, os primeiros resultados experimentais obtidos a partir de pelotas auto-redutoras foram relatados pelo Prof. Carlos Dias Brosch, da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP). Daquele momento até os testes preliminares realizados no primeiro equipamento-piloto da empresa Tecnored, em meados da década de 1980, mais de vinte anos foram decorridos.

Em termos de periodização do desenvolvimento tecnológico do projeto Tecnored, COSTA *et alii* (2001) diferenciam quatro fases principais: a) o estágio piloto (1980-1988); b) a viabilização do investimento tecnológico (1988-1996); c) o *scale-up* (1996-1999); d) a primeira planta industrial. A primeira fase corresponde ao período que antecedeu a constituição da empresa Tecnored, em 1988. Como já citado, a ênfase dessa fase foi a tentativa de utilização de pelotas auto-redutoras nos fornos cubilô da Fundação Tupy e no uso dos finos de minérios de ferro da CVRD e MBR para a produção de pelotas auto-redutoras.

Embora essa primeira fase do desenvolvimento tecnológico possa ter sido importante para os desdobramentos futuros, sem margem de dúvidas, as etapas subseqüentes foram muito mais relevantes. *Grosso modo*, as características primordiais dos segundo (1988-1996) e terceiro estágios (1996-1999) do desenvolvimento tecnológico do projeto foram, respectivamente, o desenvolvimento do forno Tecnored e a ampliação da planta-piloto.

O forno Tecnored foi, de fato, desenvolvido durante o período 1988-1996. Sem pormenorizar questões técnicas em relação ao processo, o que extrapolaria o escopo deste estudo de caso, ele utiliza matérias-primas como finos de minério e carvão, resíduos, lamas e pós, dispensando o uso de oxigênio. Segundo os pesquisadores envolvidos no projeto, isso é possível face às características diferenciadas do forno Tecnored, que contém, basicamente, uma cuba superior, uma zona de fusão, e, em seguida, a cuba inferior, pela qual se vaza o metal líquido e a escória, num regime operacional muito similar ao de um alto-forno.

Uma grande vantagem do processo Tecnored seria o baixo tempo de residência (de aproximadamente 30 minutos) em comparação com altos-fornos (5 a 6 horas) e Iron Carbide (de 16 a 20 horas). Reforçando o argumento, segundo os pesquisadores, as principais vantagens do processo Tecnored são: a) carga auto-redutora, que permite a drástica redução do tempo de residência; b) o baixo tamanho do forno (de 2 metros de altura), que dispensa o uso do coque consumido em altos-fornos (de 25 a 30 metros); c) a possibilidade de consumir finos de minério de ferro e de carvão, inclusive, os provenientes de rejeitos das próprias usinas siderúrgicas; d) o processo de aglomeração ser a frio, não possuindo uma fase de queima; e) a possibilidade de aproveitamento de equipamentos periféricos do alto-forno; f) os processos de fusão e redução são separados fisicamente.

Na verdade, durante a segunda fase do desenvolvimento tecnológico do projeto, foram desenvolvidas três versões do forno Tecnored: *smelter*, *DRI finisher* e *melter*. O forno redutor-derretedor (*smelter*), que representa a principal versão do processo Tecnored, visa à fabricação de ferro-gusa. Ele foi desenvolvido durante os anos de 1988 a 1996, sendo que, inicialmente, os recursos investidos foram provenientes da venda de tecnologia para a empresa indiana Electrosteel. As duas outras versões do forno Tecnored possuem funções mais específicas, sendo uma para o derretimento de pré-reduzido (*DRI finisher*) e outra para o derretimento de sucata (*melter*). Para desenvolver esta versão *DRI finisher*, a Tecnored firmou um acordo de cooperação tecnológica com a empresa siderúrgica argentina Siderca, nos anos de 1994 a 1996. A Tecnored recorreu a um outro acordo de cooperação tecnológica para desenvolver a versão *melter*, nesse caso, com a montadora de automóveis italiana Fiat, entre 1994 e 1995. Portanto, ratifica-se a proeminência do uso de alianças estratégicas para o desenvolvimento da tecnologia Tecnored, embora com níveis distintos de importância.

A terceira fase do desenvolvimento da tecnologia Tecnored (1996-1999) teve como prioridade reduzir os riscos do *scale-up* de uma planta-piloto de 2 para outra de 20 toneladas por hora. Para isso, foi desenvolvido um módulo de verdadeira grandeza, de tal forma que se o experimento de um módulo desse certo, seria necessário apenas replicá-lo. Assim, os pesquisadores advogam que uma das principais vantagens do forno Tecnored é a sua modularidade. O módulo de verdadeira grandeza, concluído no primeiro trimestre de 1998, foi utilizado para testes de matérias-primas durante o resto de 1998 e 1999 (CONTRUCCI, 1999, p. 8). Adicionalmente, foram feitas algumas inovações incrementais, como a adoção de briquetes auto-redutores (antes, contemplava apenas pelotas) e o melhoramento do desenho interno do forno, permitindo uma clara direção do fluxo gasoso.

Em junho de 2000, com o fim das experiências, a planta-piloto Tecnored foi desativada. Estava previsto que ela seria transplantada para a Ponta de Ubu, até janeiro de 2002, de tal forma a retomar os experimentos, sendo que as prioridades atuais do programa tecnológico da Tecnored são desenvolver novas versões do processo. Todavia, o início da quarta etapa de desenvolvimento tecnológico está à espera da conclusão da construção da primeira planta industrial, cuja situação já foi discutida na seção anterior.

Outra questão importante refere-se ao fato de que a Tecnored é uma empresa de engenharia, que não possui (e nem pretende possuir) instalações destinadas à fabricação de equipamentos. Ou seja, a venda de um forno Tecnored é *turn-key*, com a empresa encarregando-se tanto da escolha dos fornecedores quanto da contratação dos equipamentos junto aos fabricantes de bens de capital. Nesse sentido, a empresa acabou engendrando um sistema que congregasse esses fabricantes de equipamentos, o que constitui uma outra forma de aliança estratégica, agora baseada numa relação de sub-contratação. O Quadro 3 mostra quais são essas empresas, detalhando, inclusive, sua participação em cada forno Tecnored.

QUADRO 3:
EMPRESAS A SEREM SUB-CONTRATADAS PARA A FABRICAÇÃO DO FORNO
TECNORED

Equipamento	Função	Empresa	Localização
Forno Tecnored	Engenharia Construtiva e de Detalhe	ATSI Engineering	Amherst e Pittsburgh, EUA
	Construção Metálica	Asvotec	Monte-Mor, SP
	Painéis Refrigerados e Ventaneiras	Cecal	Lorena, SP
	Refratários	Magnesita	Contagem, MG
Pacotes Periféricos	Aquecedor de Ar	Asvotec (tecnologia Alstom)	Monte-Mor, SP
	Limpeza de Gases	Asvotec (tecnologia Delta-Ducon)	Monte-Mor, SP
	Queima Residual dos Gases (<i>Flare</i>)	Asvotec	Monte-Mor, SP
	Mistura/Dosagem	Eirich	Jandira, SP
	Briquetagem	Köppern	Düsseldorf, Alemanha
	Secagem	Albrecht	Joinville, SC

Fonte: Tecnored

Um segundo objetivo desta seção é discutir qual foi o apoio governamental ao desenvolvimento do processo Tecnored. Em linhas gerais, o projeto contou com vários tipos de apoio e em momentos distintos. Contudo, em termos de intensidade, pode-se afirmar que esses apoios foram decrescentes ao longo do tempo, o que é compreensível e justificável do ponto de vista da atuação estatal. Mais ainda, de um lado, a complexa montagem de parcerias estratégicas constituiu uma alternativa à falta de incentivo governamental a uma tecnologia radical, desenvolvida durante muitos anos e de elevado risco. Por outro lado, a maioria dos

recursos foi recebida pelos parceiros da empresa Tecnored, ou seja, o apoio governamental foi indireto. Se isso é verdade, então, as alianças estratégicas cumpriram um segundo papel, no sentido de conseguir levantar recursos que não estavam disponíveis a uma pequena empresa de engenharia. Numa palavra, as alianças estratégicas tornaram-se imprescindíveis para o desenvolvimento da tecnologia Tecnored não apenas para suprir a falta de apoio governamental, mas, paradoxalmente, para conseguir por meio dos parceiros levantar alguns dos recursos estatais disponíveis.

O maior apoio governamental ao projeto Tecnored concentrou-se no período 1975-1983, portanto, precedendo o seu próprio início, que remonta a 1980. De fato, por sugestão de José Pelúcio Ferreira, então presidente da Finep, a Fundação Tupy começou, em 1975, os estudos preliminares para a instalação do CPqD. Não apenas esses estudos, bem com a própria construção do CPqD da Fundação Tupy em Joinville, durante o biênio 1976-1977, foram financiados pela Finep. Essa instituição adicionalmente financiou a Fundação Tupy em 1980, quando se iniciaram os convênios entre ela e a Setepla-Tecnometal. Três anos mais tarde, a Fundação Tupy obteve um outro financiamento da Finep, agora, para cobrir o custo de operação por 5 anos da planta-piloto de produção de pelotas auto-redutoras e o cubilô de ar quente. Esses diversos financiamentos que foram concedidos à Fundação Tupy foram da ordem de até US\$ 5 milhões.

Durante a primeira fase da trajetória empresarial do projeto Tecnored (1980-1988), além dos financiamentos à Fundação Tupy, deve-se registrar o fato de que foi promovido um aporte de capital de risco FIBASE/BNDES na empresa Tecnometal, de forma que ela se fundisse com outra consultoria, Setepla, dando origem, em 1980, à Setepla-Tecnometal. O objetivo desse aporte era consolidar a capacitação em engenharia básica metalúrgica e estudos de auto-redução.

As segunda e terceira fases do projeto Tecnored, do ponto de vista empresarial, cobrem o período 1988-2002. Esses anos foram marcados pela redução da intensidade do apoio governamental ao projeto, embora mantendo a característica do incentivo às empresas-parceiras. Foram contabilizados quatro tipos de ajudas governamentais, sendo a primeira relativa a um financiamento, em 1991, da Finep para que a Companhia Ferro-Ligas do Amapá (pertencente ao grupo Caemi) investisse no desenvolvimento do processo Tecnored com vistas à fabricação de ferro-cromo. Outro apoio governamental constituiu-se de financiamentos da Finep à empresa Logos, em 1995 e em 1997, que, por sua vez detém 50% da Tecno-Logos e, que naquela época, controlava 37% da Tecnored. Estima-se que os valores desses dois financiamentos tenham sido da ordem de US\$ 300 mil.

Os outros dois apoios governamentais à tecnologia Tecnored foram associados a projetos desenvolvidos por Universidades. O primeiro tratou-se de recursos recebidos do Programa de Capacitação de Recursos Humanos para Atividades Estratégicas (RHAE), do Ministério da Ciência e Tecnologia. Como se depreende da sua denominação, o objetivo desse programa é apoiar de forma institucional ou interinstitucional projetos para a capacitação de recursos humanos, quando vinculados: a) a linhas de pesquisa tecnológica; b) ao desenvolvimento de processos produtivos; c) aos serviços tecnológicos e de gestão. O projeto RHAE financiou um projeto envolvendo a Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio) e a Tecnored, que teve como principal finalidade o desenvolvimento do modelamento matemático do forno Tecnored. Iniciado na primeira metade da década de 1990, ele chegou a ser renovado uma vez e envolveu não apenas professores da PUC-Rio e da EPUSP, como proporcionou a elaboração de três dissertações de mestrado.

Em 1997, no âmbito da Rede Cooperativa de Pesquisa (RECOPE), foi aprovado um convênio de cooperação tecnológica entre a PUC-Rio, a Tecnored e a Companhia Siderúrgica de Tubarão (CST), embora esta última apenas para o desenvolvimento do aproveitamento de resíduos. Três dissertações de mestrado já foram defendidas, estando em andamento, em

dezembro de 2001, mais duas dissertações de mestrado e outra de doutorado, todas no âmbito do Projeto RECOPE, na PUC-Rio. Do orçamento total do projeto (US\$ 275 mil), cerca de 90% já foram liberados, o que serviu para a montagem de um laboratório de auto-redução na PUC-Rio. Assim, não apenas se ratifica a longa cooperação entre a Tecnored e essa instituição de ensino, mas o fato de que os apoios governamentais ao desenvolvimento do processo foram basicamente indiretos, concedidos a parceiros do projeto e não propriamente à empresa Tecnored.

Entretanto, durante o ano de 2001, a Tecnored tentou alterar esse padrão de apoio governamental, ao solicitar para si um financiamento, com retorno variável, junto à Finep. No mês de junho, a empresa entrou com a solicitação formal de financiamento, que está orçado em aproximadamente US\$ 2,8 milhões, correspondente a 73% dos investimentos propostos pela empresa. Segundo as informações disponíveis em dezembro de 2001, esse pedido de financiamento ainda estava sendo analisado pela Finep.

4. Considerações Finais

A longa e complexa trajetória da tecnologia Tecnored traz à luz várias questões relevantes. A primeira, e mais importante delas, foi a capacidade de construir várias alianças estratégicas, que se constituíram no principal suporte financeiro do seu desenvolvimento. Essas alianças estratégicas foram das mais diversas naturezas, passando por convênios de cooperação tecnológica, *joint-ventures* e relações de sub-contratação para a futura produção de equipamentos. Não é exagerado afirmar que os empreendedores que vêm desenvolvendo esse novo processo produtivo tiveram pelo menos dois grandes atributos: a persistência e a capacidade de atração de parceiros para o projeto.

É bem verdade que, no desenvolvimento de uma tecnologia alternativa ao alto-forno, esses atributos não são exclusivos da Tecnored. Quanto se observa o perfil empresarial das companhias envolvidas nos processos listados no Quadro 1, constata-se que ele vai desde empresas gigantes dedicadas à fabricação de equipamentos metalúrgicos (Vöest-Alpine e SMS Demag), passando por empresas com um foco mais restrito de atuação, mas que fazem parte de grandes conglomerados (Lurgi e Midrex), até chegar a empresas de engenharia, que se confundem com os processos que desenvolveram (Tecnored e Iron Carbide). Com relação a esta última, Frank Stephens Jr. trabalhou mais de 20 anos antes de ter a primeira planta Iron Carbide construída. Stephens Jr. também buscou uma aliança estratégica, tanto que, atualmente, 49% da Iron Carbide Holdings pertence à empresa australiana Ion Ltd. Entretanto a grande peculiaridade da Tecnored é a recorrente troca de parceiros e a diversidade dos formatos das alianças estratégicas firmadas. Afinal de contas, não é qualquer firma de pequeno porte que conseguiu desenvolver convênios e acordos de cooperação tecnológica, *joint-ventures* e acordos de sub-contratação com várias empresas e instituições não apenas brasileiras, mas também internacionais.

É, então, importante discutir quais os desdobramentos dessas alianças estratégicas para o projeto. Parece evidente que a principal motivação para levar a cabo essas alianças foi a falta de mecanismos alternativos na economia brasileira para financiar projetos tecnológicos radicais, com longo tempo de maturação e alto risco. Essa deficiência não se refere apenas aos organismos oficiais de fomento, mas também ao *venture capital* privado. Assim, as alianças estratégicas no projeto Tecnored foram, mais do que tudo, um mecanismo de financiamento, mas que até o momento não foram suficientes para concretizar a construção e operação da primeira planta industrial. Adicionalmente, como apontado na terceira seção, as alianças estratégicas com empresas de maior porte e mesmo com universidades serviram como uma forma de captar indiretamente recursos para o projeto. Em suma, as alianças estratégicas

foram, ao mesmo tempo, um mecanismo de contornar a falta de financiamento e de ter acesso indiretamente aos financiamentos oficiais.

Se, de um lado, as alianças estratégicas foram condições *sine qua non* para o prosseguimento do desenvolvimento do projeto Tecnored, de outro lado, é possível observar uma relevante desvantagem: a complexidade da estrutura de negócios. É provável que já se tenham investido uns US\$ 20 milhões no processo Tecnored ao longo de vinte anos de história. Se a dimensão do negócio não é grande, a estrutura patrimonial é relativamente complexa, envolvendo as *joint-ventures* Tecno-Logos, StarTec e Tecnored e a futura planta industrial Liquifer (na qual uma terceira empresa possui uma opção de compra de 50% das ações). Essa complexidade também é apreendida, quando se observa para quantas empresas foram concedidas a isenção de *royalties* relativa ao uso da tecnologia (ainda estão em vigência, os acordos com Santinvest, Fundação Tupy e Caemi). Talvez um problema ainda maior seja o fato de que as alianças estratégicas foram firmadas com grandes empresas, que acabam redefinindo os rumos e o ritmo do projeto, tendo em vista os seus recorrentes processos de reestruturação produtiva e corporativa.

É interessante observar que, de um lado, a experiência da Tecnored pode ser considerada singular, conforme comentado acima. Por outro, esta trajetória reproduz a evidência internacional, uma vez que alianças estratégicas vêm sendo marcadas por grandes dificuldades e por freqüentes rupturas. De acordo com HITT *et alii* (2001, p. 362), estima-se 2/3 de todas as alianças possuam problemas sérios nos dois primeiros anos de vida e que a taxa de fracasso das alianças chegue a 70%. Portanto, a recorrência das rupturas das alianças estratégicas que marcou o projeto Tecnored é mais uma evidência desta tendência.

Em dezembro de 2001, o projeto Tecnored vivia um momento de grande indefinição. No que tange ao prosseguimento da primeira planta industrial, denominada de Liquifer, a North Star Steel esperava encontrar um sócio para construir a planta. A Samarco, por sua vez, a parceira mais óbvia desta empreitada, esperava que a planta ficasse pronta e apresentasse bons resultados antes de exercer a opção de compra de 50% da Liquifer. Esses comportamentos são uma demonstração de que, na avaliação dessas empresas, persiste o risco tecnológico do *scale up*, aliado ao fato de que os resultados iniciais de outros processos alternativos ao alto-forno foram pouco ou nada animadores. O pedido de financiamento da Tecnored junto à Finep, que poderia servir como um “empréstimo ponte”, até que a decisão definitiva quanto à continuidade da Liquifer fosse tomada, ainda estava em julgamento. Em suma, o projeto Tecnored vivia novamente um momento de inflexão, no qual as alianças estratégicas e o apoio governamental, mais uma vez, eram os protagonistas.

Referências Bibliográficas

- AISI (2001). *Steel Industry Technology Roadmap*. Washington DC, AISI, dezembro;
- BARNETT, D. F. (2001). Double Ought-One, Healthy There Are None. *XVI Steel Success Strategies*. New York, American Metal Market and World Steel Dynamics, junho;
- CONTRUCCI, M. (1998). Ironmaking: the next spin-off. *Mini, Market, and Integrated Mills of the Future Conference*. Tampa, Gorham / Intertech Conferences, outubro;
- CONTRUCCI, M. (1999). Tecnored Process: first industrial plant. *Mini and Integrated Mills in the New Millennium*. Atlanta, Gorham / Intertech Conferences, novembro;
- COSTA, P.H.C. *et alii* (2001). Tecnologia Tecnored: um grande salto de produtividade na indústria siderúrgica. *Simpósio Siderurgia no Século XXI*. São Paulo, Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais e Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, junho;
- D'ABREU, J.C. (2001). Auto-redução, um caso brasileiro de sucesso. *Metalurgia & Materiais*, v. 57, n. 506, pp. 52-55;

- DE PAULA, G. M. (1998). *Privatização e Estrutura de Mercado na Indústria Siderúrgica Mundial*. Rio de Janeiro, Instituto de Economia / UFRJ (Tese de Doutorado);
- DE PAULA, G. M. (2001). Inovação Tecnológica na Siderurgia Brasileira: contexto internacional, tendências recentes e proposição de uma estratégia tecnológica. *Documentos Técnicos Setoriais*, Finep, janeiro;
- FURTADO, M.A.T *et alii* (2000). A gestão de pesquisa e desenvolvimento em empresas siderúrgicas privatizadas. *Revista de Administração*, v. 35, n. 1, pp. 51-62;
- HITT, M.A. *et alii* (2001). *Strategic Management: competitiveness and globalization (concepts and cases)*. 4ed, Cincinnati, South-Western College Publishing;
- MANN, R. (2001). TecnoRed Ironmaking: a new technology creates a new business model for the steelmaker. *XVI Steel Success Strategies*. New York, American Metal Market and World Steel Dynamics, junho;
- PINHO, M. S. (2001). *Reestruturação Produtiva e Inserção Internacional da Siderurgia Brasileira*. Campinas, Instituto de Economia / Unicamp (Tese de Doutorado);
- SAAB, M.W. & R.S. SAMPAIO (1995). Metodologia de Avaliação Econômica dos Novos Processos de Produção de Ferro Primário. *26º Seminário de Redução de Matérias-Primas Siderúrgicas*. Belo Horizonte, Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, pp. 41-61, novembro;
- U.S. DEPARTMENT OF ENERGY (2000). *Ironmaking Process Alternatives Screening Study*. Vol 1: Summary Report. Washington DC, U.S. Department of Energy / Lockwood Greene, outubro;

* Para a elaboração deste estudo de caso, além das referências bibliográficas citadas, foram realizadas entrevistas, durante os meses de novembro e dezembro de 2001, com os seguintes especialistas: Marcos Contrucci, Pedro Henrique Carpinetti Costa, Edmar Saul Marcheze e V.K. Lakshmanan (TecnoRed), Prof. Dr. José Carlos D'Abreu (Departamento de Ciência dos Materiais e Metalurgia, PUC-Rio), Luis Montenegro Chaves Filho (que trabalhou na Fundição Tupy), Carlos Augusto Gomes (Minerações Brasileiras Reunidas, MBR), Robert Mann (North Star Steel/StarTec Iron) e Gilson Teodoro Arantes (Samarco Mineração). O autor agradece o apoio financeiro da Financiadora de Estudos e Projetos (Finep).

i Os produtos da indústria de mineração de ferro são segmentados em dois tipos: não-aglomerados e aglomerados. Na primeira classificação, incluem-se: a) *granulados (lump)*: produtos com granulometria entre 6 e 30 mm e, comumente, com menos de 20% de finos, usados para adição direta no alto-forno ou no módulo de redução direta; b) *sinter feed*: pequenas partículas de minério, usualmente inferiores a 6 mm, empregados na sinterização; c) *pellet feed*: finos para pelletização, geralmente, muito finos, com granulometria abaixo de 0,1 mm. Pelotas são produtos aglomerados, cuja granulometria varia entre 8 e 18 mm.

ii Uma aliança estratégica é definida como uma parceria entre firmas, que combinam seus recursos, capacitações e competências essenciais para atingir objetivos mútuos em termos de *design*, manufatura ou distribuição de bens e serviços (HITT *et alii*, 2001, p. 362). As alianças podem ou não envolver participação acionária. Alguns dos principais formatos dessas parcerias são: *joint-ventures*, consórcios (de comercialização / exportação), pesquisas cooperativas e *franchising*.