

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

**Departamento de Economia, Contabilidade, Administração e
Secretariado**

ESTUDO DO PROCESSO DE TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA DO PROGRAMA ESPACIAL BRASILEIRO PARA A INDÚSTRIA NACIONAL: O CASO DO SEGMENTO VEÍCULO LANÇADOR DE SATÉLITES

Paulo Remi Guimarães Santos

Monografia apresentada ao Departamento de
Economia, Contabilidade, Administração e
Secretário Executivo da Universidade de Taubaté,
como parte dos requisitos para obtenção da
aprovação no Curso de MBA em Gerência de
Produção e Tecnologia

**Taubaté –SP
2001**

COMISSÃO JULGADORA

Data_____

Resultado_____

Prof. Dr. Edson Aparecida de Araújo Querido Oliveira

Assinatura_____

Prof. Dr. Francisco Cristóvão Lourenço de Melo

Assinatura_____

Prof. Dr. José Luis Gomes da Silva

Assinatura_____

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

Departamento de Economia, Contabilidade, Administração e

Secretário Executivo

ESTUDO DO PROCESSO DE TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA DO PROGRAMA ESPACIAL BRASILEIRO PARA A INDÚSTRIA NACIONAL: O CASO DO SEGMENTO VEÍCULO LANÇADOR DE SATÉLITES

Paulo Remi Guimarães Santos

Monografia apresentada ao Departamento de Economia, Contabilidade, Administração e Secretário Executivo da Universidade de Taubaté, como parte dos requisitos para obtenção da aprovação no Curso de MBA em Gerência de Produção e Tecnologia

Orientador: Prof. Dr. Edson A. A. Q. Oliveira

**Taubaté –SP
2001**

Dedico este trabalho

A meus pais, Alziro e Zizinha, que me deram o dom da vida, foram os meus maiores incentivadores e hoje no céu intercedem por mim.

À Maria Lúcia, querida esposa e companheira, cujos silêncios foram sempre tão eloqüentes e que em momento algum deixou de me apoiar em todas as ações de minha vida.

Ao Paulinho e Luiz Henrique, filhos queridos, companheiros inseparáveis e orgulhos de minha paternidade.

Ao Ely, Eny, Thais, Céres e Iedi, irmãos de sangue e amigos de todas as horas.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pai misericordioso, sempre presente em minha existência.

Ao Prof. Dr. Edson Aparecida Araújo Querido Oliveira, pela amizade, pela orientação segura e pelo incentivo que permitiram que eu cursasse o MBA e elaborasse essa monografia.

À Profª Drª Maria Júlia Ferreira Xavier Ribeiro, pelo apoio e conselhos esclarecedores que balizaram a elaboração dessa monografia.

À Profª Marina Buselli pelas orientações que me permitiram elaborar essa monografia dentro das normas vigentes.

Ao estagiário Alan Kenji Shibata pelas incontáveis informações que me muito me ajudaram nas minhas constantes dificuldades com meu computador.

A meus professores do curso, que ampliaram meus horizontes e me proporcionaram uma experiência fundamental para minha vida profissional.

À Universidade de Taubaté, pela oportunidade profissional e pelo apoio financeiro a mim concedido sob a forma de bolsa de estudo.

SUMÁRIO

GLOSSÁRIO	7
1. INTRODUÇÃO	10
1.1 Delimitação do Estudo	13
1.2 Relevância do Estudo	14
1.3 Tipo de pesquisa	16
1.4 Organização do Trabalho	16
2. O PROCESSO DA INOVAÇÃO TECNOLÓGICA	18
2.1 O Conceito de Inovação Tecnológica	18
2.2 A Transferência de Tecnologia	23
2.3 O Processo Interfuncional da Inovação	25
3. PARCERIAS TECNOLÓGICAS	31
3.1 As Categorias de Parcerias Tecnológicas	31
3.2 Os Processos de Aprendizado	33
3.3 Os Modelos de Relacionamento	35
3.4 Considerações sobre as Parcerias	42
4. PARCERIAS DE DESTAQUE: A PRODUÇÃO DO AÇO 300M NO PAÍS	44
4.1 O Projeto dos Envelopes Motores	44
4.2 Evolução Histórica dos Aços Especiais	45
4.3 Desenvolvimento do Aço 300M	46
4.4 Considerações sobre o Desenvolvimento do Aço 300M	51
5. CONCLUSÃO	53
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55

GLOSSÁRIO

Background information: conhecimento prévio adquirido por uma das partes antes da assinatura de um contrato, o que lhe dá um maior poder de barganha nas negociações.

Embargo tecnológico: meio defensivo produzido pelo Grupo dos Sete para impedir a transferência de tecnologias sensíveis para os países em desenvolvimento e para os países da antiga União Soviética, que não aderiram ao “Missile Technology Control Regime”.

Grupo dos Sete (G-7): grupo formado pelas sete nações mais desenvolvidas: Alemanha, Canadá, Estados Unidos, França, Itália, Japão e Reino Unido, criado para fazer uma contraposição aos países da antiga União Soviética.

Inovação tecnológica: processo pelo qual uma idéia ou invenção é transposta para a economia.

Míssil: foguete dirigido, projetado para fins militares, dotado de uma ogiva convencional ou nuclear.

MTCR (Missile Technology Control Regime): protocolo de intenções criado pelos países do G-7, para controlar a transferência de tecnologias sensíveis para os países em desenvolvimento, ou para países da antiga União Soviética, que não aderiram a esse protocolo.

Programa Espacial Brasileiro: programa do Governo Brasileiro que tem como objetivo nominal o projeto, desenvolvimento, construção e colocação em órbita de um satélite brasileiro, através de um foguete lançador (o Veículo Lançador de Satélites), também nacional.

Spin-off: produto ou processo produzido como conseqüência de uma pesquisa ou desenvolvimento, que não fazia parte do objetivo principal dessa pesquisa ou desenvolvimento.

Tecnologia sensível: tecnologia que pode ser usada para o desenvolvimento de qualquer artefato militar.

Transferência de tecnologia: processo pelo qual um conjunto de informações, conhecimentos, técnicas, máquinas e ferramentas é transmitido de um local, de um indivíduo ou de um grupo para outro, com a finalidade de ser usada na produção ou prestação de serviço.

Veículo Lançador de Satélites (VLS): foguete lançador de satélites convencional de quatro estágios, utilizando motores foguetes a propelente sólido, com capacidade de colocar satélites de 100 a 200 kg, em órbitas circulares, em altitudes de 250 a 1.000 km.

SANTOS, Paulo Remi Guimarães. *Estudo do processo de transferência de tecnologia do programa espacial brasileiro para a indústria nacional: o caso do segmento veículo lançador de satélites*. 2001, 55 f. Monografia (MBA em Gerência de Produção e Tecnologia) – Departamento de Economia, Contabilidade, Administração e Secretário Executivo, Universidade de Taubaté, Taubaté, 2001.

RESUMO

O processo de inovação tecnológica tem sido estudado na literatura mundial por muitos autores de renome. Dentre esses autores, alguns têm procurado definir esse processo como sendo um ciclo que envolve a invenção, a inovação e a utilização.

O presente trabalho procura mostrar que a esse ciclo deve ser acrescentada a difusão, que vem a ser a própria transferência de tecnologia, resumindo a inovação tecnológica na interação de três verbos: criar, difundir e usar.

Tomando como base essa proposta, o trabalho demonstra como o Projeto Veículo Lançador de Satélites do Centro Técnico Aeroespacial realizou esse processo de inovação tecnológica, ao interagir com empresas brasileiras, gerando *spin-offs* para a sociedade. São estudadas nove parcerias e é analisado o desenvolvimento do aço 300M, como exemplos de sucesso da interação entre um centro de pesquisa governamental com empresas privadas.

Palavras-chave: inovação tecnológica, transferência de tecnologia, Veículo Lançador de Satélites, Programa Espacial Brasileiro, integração universidade/centro de pesquisas/empresas, *spin-offs*.

1 INTRODUÇÃO

O início da pesquisa espacial brasileira remonta ao ano de 1961, quando o Presidente Jânio Quadros criou o Grupo de Organização da Comissão Nacional de Atividades Espaciais (GOCNAE) subordinado ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) – na época chamado de Conselho Nacional de Pesquisa - com o propósito de sugerir a política e o programa de envolvimento do Brasil em pesquisas espaciais. Esse Grupo instalou-se no Centro Técnico Aeroespacial, na época denominado Centro Técnico da Aeronáutica, em São José dos Campos e iniciou suas atividades com equipamentos cedidos pela *National Aeronautical and Space Administration* (NASA) e pesquisadores militares e civis do Ministério da Aeronáutica.

Mais tarde o Ministério da Aeronáutica criou o Grupo de Trabalho e de Estudos de Projetos Espaciais (GETEPE) a quem coube projetar e construir o Campo de Lançamento de Foguetes da Barreira do Inferno em 1965, em Natal, Rio Grande do Norte.

Em 1971 foi criada a Comissão Brasileira de Atividades Espaciais (COBAE), ligada ao Estado-Maior das Forças Armadas, que tinha como objetivo assessorar e orientar a política governamental no setor espacial. No início da década de 1980 foi criada a Missão Espacial Completa Brasileira (MECB). De acordo com Oliveira e Santos (2000, p. 31):

A MECB, primeira denominação do Programa Espacial Brasileiro, teve por objetivo nominal o projeto, o desenvolvimento, a construção e a colocação em órbita de um satélite brasileiro, através de um foguete lançador também nacional. Assim, o Programa foi dividido em diversos segmentos. O projeto, o desenvolvimento e a construção do satélite, bem como do sistema solo associado, e mais a integração, testes e a operação do mesmo ficou a cargo do Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE), órgão de P&D do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT). Atividades semelhantes em relação ao Veículo Lançador de Satélites

(VLS) e ao Segmento Solo ficaram sob responsabilidade do Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE), do Centro Técnico Aeroespacial (CTA), órgão de P&D do Ministério da Aeronáutica.

Nos seus primórdios, o Programa Espacial Brasileiro contou com o apoio da NASA e com a participação de vários países, destacando-se a França e a Alemanha. No entanto, por volta da primeira metade da década de 1980, essa cooperação internacional foi diminuindo por causa da pressão norte-americana, que temia sua possível implicação militar, até tornar-se um verdadeiro embargo tecnológico a partir de 1987, quando foi criado o *Missile Technology Control Regime – MTCR* (Regime de Controle de Tecnologia dos Mísseis) pelo Grupo dos Sete (G-7).

Santos (1999, p. 120) faz uma análise interessante do MTCR e do papel dos Estados Unidos nesse protocolo:

Seus membros, liderados pelos Estados Unidos, decidiram por em prática diretrizes restritivas aos processos de exportação de itens direta ou indiretamente relacionados a mísseis. A preocupação maior que motivou o G-7 à criação de tais regras foi a de reduzir, ou mesmo eliminar, a proliferação de mísseis com capacidade para transportar cargas superiores a 500 kg a distâncias maiores que 300 km.

O MTCR é um regime que funciona informalmente e os países membros comprometem-se a desenvolver um sistema de exportação que iniba, ou mesmo elimine, a possibilidade de transferência de itens sensíveis a países que tenham intenções de desenvolver mísseis, como os indicados acima.

Acompanha as diretrizes do MTCR uma lista de matérias-primas, tecnologias e equipamentos utilizados, direta ou indiretamente em programas missilísticos.

Atualmente, e unilateralmente, os EUA estão, à semelhança do que ocorre no Tratado de Não-Proliferação de Armas Nucleares, fazendo grande distinção entre os países que dominam e os que não dominam integralmente a tecnologia espacial e, como consequência, impondo, direta ou indiretamente, restrições aos programas dos países

emergentes, contrariando a filosofia de criação e as diretrizes do Regime. As razões do comportamento americano são muito mais de cunho estratégico-industriais-comerciais do que estratégico-militares, muito embora insistam em afirmar que a preocupação deles é com a proliferação de armas de destruição em massa e seus vetores.

Esse embargo atrasou significativamente o cronograma de implantação do VLS, e forçou o CTA a procurar parceiros nacionais para o desenvolvimento das tecnologias que, no planejamento inicial, seriam advindas do exterior, pois o Projeto VLS previa, uma grande cooperação com vários países desenvolvidos, por meio da compra de equipamentos, componentes e materiais necessários ao seu desenvolvimento. Com a ocorrência do embargo internacional, o CTA ficou numa situação difícil e precisou reescalonar o cronograma do Projeto, planejando o desenvolvimento e fabricação no país dos itens embargados.

Por essa razão, o Centro teve que passar por um aprendizado tecnológico de longo amadurecimento e com diversificadas etapas de capacitação nos campos do desenho técnico, cálculos de trajetória, propulsão, estruturas metálicas, estruturas em material conjugado, aerodinâmica, instrumentação, eletrônica, controle de vôo, química de propelentes, proteções térmicas, controle de qualidade, ensaios, rastreamento, lançamento de foguetes, operação de campos de lançamentos, projetos de instalações de apoio, projetos de equipamentos sofisticados, entre muitas outras atividades.

Para resolver esses problemas, o CTA procurou parcerias na Indústria Nacional, através de empresas, que aceitaram o desafio de desenvolver e posteriormente fabricar os itens necessários. Esse trabalho trouxe, para o CTA, experiência no processo de transferência de tecnologia e permitiu um crescimento na indústria nacional, criando capacidade para fabricação de itens com alto conteúdo tecnológico.

Essa capacitação trouxe como consequência a aplicação dos conhecimentos adquiridos em outros ramos da economia, beneficiando toda a sociedade brasileira. De fato, como argumentam Oliveira e Santos (2000, p. 30):

Os benefícios indiretos da aplicação da tecnologia espacial, em outros setores da economia, têm se mostrado muito importantes, em decorrência de os sistemas espaciais exigirem capacitação tecnológica de qualidade em várias áreas tecnológicas. Entretanto, o desenvolvimento de capacitação tecnológica para o setor espacial é lento e dispendioso e seus resultados, baseados na experiência internacional, só são obtidos e consolidados a longo prazo.

Finalmente, talvez, a mais importante contribuição da atividade espacial seja o acréscimo da cultura tecnológica advindo da formação e especialização técnica e científica dos recursos humanos em todos os níveis da indústria necessariamente envolvidos em programas dessa natureza.

Nota-se que esse fator, que trouxe um prejuízo significativo ao Projeto VLS, traduzindo-se em anos de atraso no cronograma e no dispêndio de recursos financeiros não previstos, proporcionou, por outro lado, a evolução de um processo de transferência de tecnologia de um centro de pesquisa para a indústria privada.

A análise de como as tecnologias necessárias ao Projeto VLS foram desenvolvidas com parceiros brasileiros e especialmente o estudo da efetivação da transferência dessas tecnologias para o parque industrial brasileiro, são os objetivos deste trabalho.

1.1 Delimitação do Estudo

O problema proposto será estudado a partir do momento em que foi criada a MECB (1978), até 1997 (ano em que foi lançado, sem sucesso, o primeiro protótipo do foguete).

Será feita uma análise do conceito de inovação tecnológica e conseqüentemente do processo de transferência. Será discutido, a seguir, o conceito de parceria tecnológica e analisados os tipos de parcerias conduzidas pelo CTA com empresas brasileiras.

1.2 Relevância do Estudo

As parcerias com empresas nacionais trouxeram para o parque industrial brasileiro um cabedal de conhecimento tecnológico que posteriormente foi incorporado a outros setores da economia, transformando-se nos “spin-offs” do Programa Espacial. Segundo Teracine (1999, p. 63):

O termo *spin-off* é freqüentemente entendido como uma definição de casos nos quais as tecnologias, desenvolvidas no contexto dos programas espaciais, são usadas em atividades fora desse setor. Tecnologias espaciais são então transferidas, e permitem às empresas receptoras se beneficiarem, ajudando-as a projetar e vender novos produtos ou serviços, ou modificar seus processos de produção, afim de melhorar sua eficiência. Esses efeitos se espalhando por toda a economia, através da venda de bens e serviços, compra de licenças, cópias, documentos técnicos ou científicos, e assim por diante, constituem-se na base do que é comumente chamado de efeitos econômicos de longo prazo dos programas espaciais.

Num sentido muito mais amplo, o termo *spin-off* cobre todas as maneiras pelas quais aquilo que foi aprendido por uma firma durante uma atividade, no caso o programa espacial, é usado por ela própria, ou por outra organização, noutro contexto. Dessa maneira o *spin-off* não fica restrito à transferência de tecnologia, podendo ser também considerados como *spin-offs*, a introdução de novos métodos de gerenciamento, a mudança de estruturas organizacionais, o fortalecimento da colaboração entre empresas, o uso daquilo feito em aplicações espaciais, como uma referência de marketing, a melhoria do nível de competência dos empregados, etc. Os *spin-offs* assim caracterizados constituem-se nos *efeitos econômicos indiretos* das atividades espaciais.

Sob esse mesmo aspecto Boscov (1996, p. 26) enfatiza o aparecimento de vários produtos que foram desenvolvidos para a produção de

lançadores nos países desenvolvidos, especialmente nos Estados Unidos, e que se constituíram em aplicações no dia a dia do cidadão comum:

- Materiais carbonosos para altas temperaturas, que hoje são utilizados como isolantes nas centrais nucleares para geração de energia elétrica assim como nos discos de freios de todos os aviões militares, comerciais de grande porte e nos carros de Fórmula 1 de todas as escurerias;
- *Teflon*, onde se exige mínimo de atrito e capacidade de vedação, utilizado correntemente em uso industrial e doméstico;
- Roupas para altas temperaturas, em vários setores industriais, assim como roupas para proteção na produção e manuseio de produtos químicos de alta toxicidade;
- Camada anti-reflexão, para televisores e óculos para proteção solar;
- Microchips para múltiplas aplicações. Hoje com 7 milhões de transistors, devendo passar brevemente para 14 milhões;
- Materiais compósitos de baixo peso e alta resistência, em fios/tecidos de *kevlar*, para coletes à prova de balas e blindagem de carros fortes;
- Materiais compósitos em tecido de carbono, cada vez mais presentes em partes estruturais de aviões e carros de Fórmula 1;
- Aços de ultra-alta-resistência, utilizados correntemente para blindagens, grandes eixos, trens de pouso para aviões e helicópteros;
- Camadas protetoras de plasmas de íons;
- Velcro, utilizado no fechamento de roupas, embalagens protetoras, calçados, suporte para folhas abrasivas;
- Resinas polibutadiênicas, para indústria de calçados e espumas de borracha;
- Materiais nobres produzidos nas condições de microgravidade;

Mais uma vez é bom lembrar que todos estes materiais foram inicialmente desenvolvidos para uso específico dos sistemas espaciais, e que, por efeito *boomerang*, acabaram encontrando aplicações na própria Terra, origem do desenvolvimento dos mesmos.

Da mesma maneira, o Programa Espacial Brasileiro contribuiu para introduzir no parque industrial do país processos e produtos que foram colocados à disposição da sociedade. É evidente que esses *spin-offs* são, ainda, poucos, mas já vão se tornando realidade.

Por essa razão, é importante proceder-se ao estudo de como essas tecnologias, desenvolvidas para um fim espacial, foram transferidas para o setor privado, pois, em sua grande maioria, elas foram bem sucedidas. São exemplos claros do relacionamento, com sucesso, do instituto de pesquisa com a empresa privada, que teve tantas tentativas fracassadas em nosso país.

1.3 Tipo de Pesquisa

Será feita uma pesquisa bibliográfica, analisando-se os livros e artigos publicados sobre inovação tecnológica e transferência de tecnologia.

Serão avaliados os trabalhos publicados sobre o Programa Espacial Brasileiro e os contratos de cooperação técnica e transferência de tecnologia firmados entre o CTA e empresas brasileiras, para o desenvolvimento do Veículo Lançador de Satélites.

Finalmente, serão realizadas entrevistas com os pesquisadores do CTA que trabalham no Projeto VLS e que conhecem a história do seu desenvolvimento.

1.4 Organização do Trabalho

O trabalho será iniciado com uma revisão do processo de inovação tecnológica e conseqüentemente da transferência de tecnologia, onde será apresentado um modelo de inovação elaborado pelo autor. Serão, também analisados os conceitos dos principais processos de aprendizagem propostos por Lemos (2000, p. 168), quais sejam: o *learning-by-searching*, o *learning-by-doing*, o *learning-by-using* e o *learning-by-interacting*.

Serão analisadas, a seguir, as parcerias tecnológicas do CTA com empresas brasileiras, utilizando-se uma divisão em categorias elaborada

por Lastres (1995, p. 12). Nesse capítulo serão, também, apresentados seis exemplos de parcerias bem sucedidas no desenvolvimento do Projeto VLS, enquadradas dentro dos processos de aprendizagem citados anteriormente.

Finalmente, no último capítulo será analisado o desenvolvimento do aço 300M, que pode ser considerado um marco no relacionamento centro de pesquisa/empresa, pois envolveu a atuação conjunta do CTA com as empresas ELETROMETAL (hoje VILLARES), USIMINAS, ACESITA e WOTAN, perseguindo um único objetivo.

2 O PROCESSO DA INOVAÇÃO TECNOLÓGICA

Muito se tem discutido, atualmente, sobre a natureza e as características da inovação tecnológica, objetivando conhecer o papel que ela desempenha na economia.

Para se entender sua influência no desenvolvimento do Projeto VLS, é importante entender o seu conceito, o conceito de transferência de tecnologia e o processo interfuncional da inovação. Por essa razão, pretende-se fazer nesse capítulo uma revisão do processo da inovação tecnológica, mostrando como esse processo foi empregado pelo Projeto VLS.

2.1 O Conceito de Inovação Tecnológica

Um dos principais fatores que compõem a inovação tecnológica é a tecnologia, que segundo Valeriano (1998, p. 29) é “o conjunto ordenado de conhecimentos científicos, técnicos, empíricos e intuitivos empregados no desenvolvimento, na produção, na comercialização e na utilização de bens ou serviços”.

Pode-se inferir dessa citação, que para se ter um conjunto ordenado de conhecimentos é necessário gerar o conhecimento, de onde se conclui que a tecnologia pressupõe a geração do conhecimento e, a seguir, a sua ordenação. Segundo Davenport e Prusak (1999, p. 70):

Uma forma costumeira de se gerar o conhecimento numa organização é formar unidades ou grupos para essa determinada finalidade. Departamentos de pesquisa e desenvolvimento são o exemplo-padrão. Seu objetivo é fazer surgir conhecimento novo – novas formas de se fazerem as coisas.

A interação tecnologia-P&D-conhecimento é confirmada por Valeriano (1998 p. 13), ao afirmar que pesquisa “é a busca sistematizada de conhecimentos científicos ou tecnológicos, conforme ela se situe na área da ciência ou da tecnologia”. Quando se faz, pois, pesquisa, busca-se o

conhecimento, que, como consequência, dá origem à tecnologia. Continuando, Valeriano (1998, p. 29) diz que:

Cada tecnologia que surge para competir e substituir uma outra passa por períodos de evolução e sucumbe ao término de sua vida útil. São ciclos que se sucedem continuamente, cada um encerrando a vida do predecessor, para mais adiante, ceder a vez a seu substituto.

O ciclo completo desta evolução comporta três fases: invenção, inovação e utilização.

que serão analisadas separadamente.

2.1.1 Invenção

Valeriano (1998, p. 29) afirma que: “a invenção é a centelha inicial, seja ela um conceito ou uma concepção, um esboço ou um modelo de um novo produto, processo, serviço. Ou até mesmo um considerável melhoramento daqueles já existentes”.

Edosomwan (1989, p. 3) esclarece ainda mais esse conceito, ao dizer que:

Invenção pode ser definida como a criação de uma nova idéia para um produto, processo ou serviço. Invenção é uma nova combinação de um conhecimento pré-existente que satisfaz um determinado desejo. Quando uma empresa produz um novo bem ou serviço ou usa um novo método ou *input*, a empresa produz uma mudança técnica. A primeira empresa a fazer uma determinada mudança técnica pode ser vista como a inventora e sua ação como invenção.

Pode-se ver, pois, que o primeiro passo para se chegar a uma invenção é o da concepção ou criação. Criar algo novo, ou criar um novo método ou *input*, ou, ainda, criar uma nova combinação de um conhecimento pré-existente. Ou seja, assim como a tecnologia pressupõe, no seu sentido

mais amplo, a pesquisa, a invenção pressupõe a necessidade da pesquisa tecnológica, que, como se sabe é a pesquisa que visa a resultados objetivos.

Roman e Puett Juniorr (1983, p. 250) estendem um pouco o conceito de invenção ao afirmarem que “invenção envolve a demonstração de uma nova idéia técnica por meio do projeto, desenvolvimento e teste de um exemplo de trabalho, que pode ser um processo, um produto ou um dispositivo”.

É interessante notar que, aparentemente, Roman e Puett Junior. (1983, p. 250) dão maior ênfase ao processo de demonstração do que ao processo de criação. No entanto, eles enfatizam, mais adiante, que:

Uma distinção muito mais simples entre a invenção e a inovação se resume aos verbos “conceber” e “usar”. Invenção envolve a concepção de uma idéia, enquanto que inovação é o uso, de onde a idéia ou invenção é direcionada para a economia.

2.1.2 Inovação

Chega-se, então, ao conceito de inovação, que segundo Valeriano (1998, p. 29):

É o processo pelo qual uma idéia ou invenção é transposta para a economia, ou seja, ela percorre o trajeto que vai desde esta idéia, fazendo uso de tecnologias existentes ou buscadas para tanto, até criar o novo produto, processo ou serviço e colocá-lo em disponibilidade para o consumo ou uso.

Analisando essa definição, pode-se ver que o processo de inovação divide-se em duas partes:

- “o uso de tecnologias existentes”, que pressupõe o conhecimento prévio, ou seja da informação, e
- “ou buscadas para tanto”, que pressupõe a criação, ou seja, necessidade da pesquisa tecnológica.

Essa dualidade, *conhecimento e criação* é enfatizada por Maciel (1999, p. 9), quando afirma que a inovação é considerada, “na sua acepção mais geral como introdução de conhecimento novo ou de novas combinações de conhecimentos existentes”. A dualidade fica mais clara, ainda, quando Maciel (1999, p.10) destaca que: “o sucesso, portanto, depende menos dos insumos materiais do que do conhecimento (informação) e da inventividade (criação)”.

Por outro lado, Roman e Puett Junior. (1983, p. 250) enfatizam a importância da invenção no processo ao afirmarem que:

A invenção é uma área separada e distinta da inovação, mas deve ser lembrado que a invenção é freqüentemente o prelúdio da inovação, que é, primariamente, um processo de conversão que leva à utilização.

Essa postura é, também, assumida por Betz (*apud* EDOSOMWAN, 1989, p. 4) ao afirmar que “a invenção tecnológica é o primeiro passo na inovação tecnológica”.

2.1.3 Utilização

O ciclo se fecha com o conceito de utilização que, de acordo com Valeriano (1998, p. 29): “completa o processo pela introdução do produto ou serviço na economia, até que ele seja suplantado por outro, oriundo do ciclo que vai substituí-lo”.

Roman e Puett Junior (1983, p. 161) enfatizam que:

A utilização da tecnologia segue a transferência da informação. A informação pode ser derivada como uma consequência da atividade direcionada pelo governo ou pela indústria privada. O conhecimento produzido pode ser convertido em produtos, processos ou serviços seja no setor público, seja no setor privado. É também possível que haja uma aplicação horizontal ou secundária da tecnologia. A tecnologia inicialmente desenvolvida para uma missão específica pode ser subseqüentemente modificada e usada em outras situações. A

utilização se estende além da transferência da informação porque ela é a aplicação da tecnologia à criação de um produto ou serviço adequado ao mercado.

Na mesma página esses autores apresentam uma relação das possibilidades para a existência da utilização, da qual foram tiradas as mais importantes:

- Organização e agrupamento dos resultados da P&D;
- Disseminação da informação;
- Identificação da necessidade e avaliação da tecnologia aplicável. Essa fase identifica possíveis usuários e requisitos tecnológicos de adoção;
- Correlação da necessidade com a tecnologia existente, com a participação do usuário;
- Análise do custo/benefício;
- Avaliação do mercado para verificar a utilização final; e
- Coordenação dos fornecedores e usuários no que se refere ao uso e características do suprimento

Uma das preocupações do CTA, durante o Projeto VLS, foi tornar as tecnologias, desenvolvidas internamente, acessíveis às empresas brasileiras, ou seja, o processo de utilização para um determinado produto ou processo foi sempre adequado à capacidade produtiva da empresa receptora.

Deve ser salientado, também, que um dos itens acima relacionados refere-se à disseminação da informação, que vem a ser na realidade a difusão da tecnologia, que, a nosso ver, é o ponto focal do processo de transferência de tecnologia, que será estudado a seguir.

2.2 A Transferência de Tecnologia

Para se chegar ao processo da transferência de tecnologia um novo conceito deve ser, pois, introduzido, qual seja o conceito de difusão da tecnologia. Segundo Roman e Puett Junior (1983, p. 250):

A difusão pode ocorrer em uma das seguintes maneiras: diretamente pelas pessoas, pela literatura, pela participação em congressos e trocando informações, pela compra direta de bens e serviços e por meio do licenciamento, *franchising*, co-produção, consórcios tecnológicos ou investimento direto.

Pode e deve, também, ocorrer a difusão por meio do registro de patentes que normalmente são geradas durante a inovação tecnológica. A geração de patentes é um processo que é altamente valorizado no países desenvolvidos, mas que no Brasil, infelizmente, é relegado a um segundo plano.

É importante salientar que Roman e Puett Jr. (1983, p. 159) afirmam, também, que:

Freqüentemente o conhecimento e a informação saindo de um ambiente direcionado para uma aplicação específica pode ser aplicado para situações semelhantes em outros ambientes com ou sem modificações ou podem ser usados em aplicações relacionadas. Isso é transferência de tecnologia.

A mudança tecnológica é ocasionada por um ciclo de invenção, inovação e difusão. A invenção envolve o desenvolvimento da idéia e do conhecimento; a inovação é a conversão do conhecimento para um produto ou processo úteis; a difusão é a aplicação final. Para razões de referência os termos transferência de tecnologia e difusão são usados como sinônimos (grifo nosso).

Depreende-se, pois, que há uma ligação tão estreita da difusão com a transferência de tecnologia, que esses conceitos se misturam e que, de acordo com esse autores, o modelo proposto por Valeriano (1998, p. 29), para

o ciclo completo da evolução tecnológica, pode ser ampliado para: invenção, inovação, difusão e utilização.

Resumindo, pode-se concluir que o processo de inovação tecnológica é fruto de três ações principais:

- criar,
- difundir, e
- usar,

que interagem entre si como demonstrado na Figura 1:

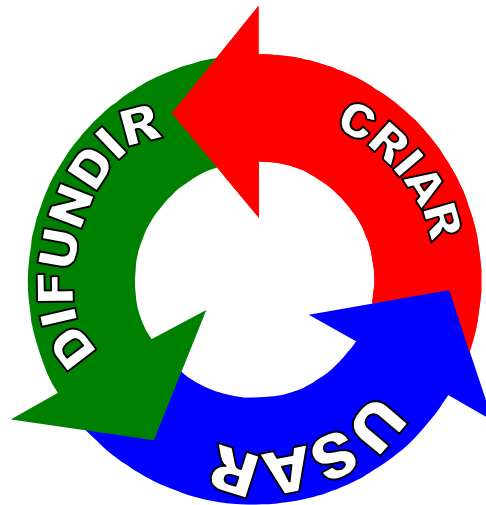


Figura 1 – A interação da inovação tecnológica

Fonte: Elaborado pelo autor

O Projeto VLS seguiu esse modelo pois através da P&D ele criou tecnologias inexistentes no País, que, a seguir, foram difundidas entre as empresas nacionais que a transformaram em produtos utilizados no Programa Espacial.

2.3 O Processo Interfuncional da Inovação

Como se viu anteriormente, a P&D gera o conhecimento que dá origem à tecnologia. Edosomwan (1989, p. 4) estende esse conceito ao afirmar que:

A inovação pode ser vista como um processo interfuncional consistindo de três áreas:

- pesquisa e desenvolvimento (P&D), que cria,
- manufatura, que produz, e
- marketing, que vende.

A função P&D preocupa-se com as pesquisas básica e aplicada e o desenvolvimento usa o resultado de tais pesquisas. O processo de manufatura transforma os *inputs* em *outputs*, baseado no conjunto de normas apresentadas no estágio de desenvolvimento. A função marketing ajuda a lançar o produto no mercado.

Esse modelo pode ser melhor visualizado na Figura 2, apresentada a seguir.

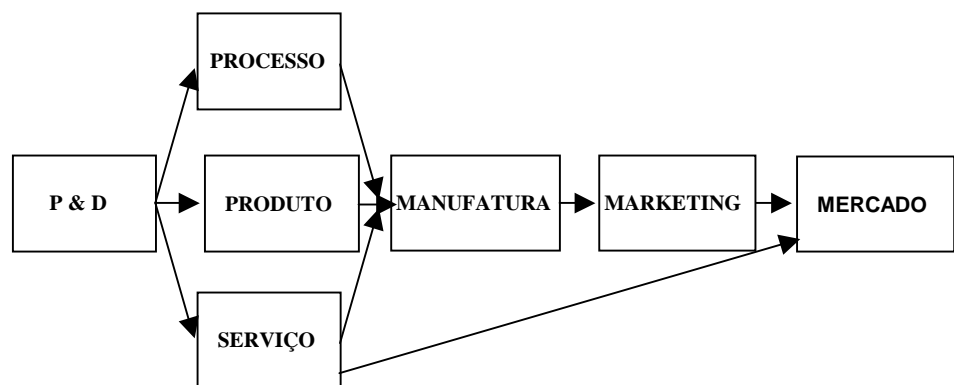


Figura 2 – Modelo do processo interfuncional de inovação

Fonte: Elaborado pelo autor

Roman e Puett Junior (1983, p. 253) apresentam uma outra visão, dividindo o modelo tecnológico em dois tipos de ciência: a ciência de pequena escala (*little science*) e a ciência de grande escala (*big science*).

Com relação à ciência de pequena escala Roman e Puett Junior (1983, p. 252) afirmam que:

Nas fases de pesquisa pura e aplicada, o esforço científico é conduzido, na maior parte, por equipes pequenas de cientistas. Essas fases iniciais são geralmente caracterizadas por uma alta taxa de fracassos, longos períodos de pesquisa, custos relativamente baixos; o trabalho é freqüentemente executado em universidades ou organizações não lucrativas e, predominantemente, por cientistas. Essas fases iniciais são, principalmente, geradoras de conhecimento ou orientadas para a invenção. Como a probabilidade de sucesso imediato, em termos de inovação comercial, é comparativamente pequena e o tempo de passagem para o mercado é grande, as empresas industriais tornam-se, geralmente, relutantes em investir pesadamente nessa fase da criação do conhecimento. No entanto, essa é uma fase vital no desenvolvimento da capacidade científica que impulsionará a descoberta futura. Essa área é, principalmente, a esfera de ação da universidade, do governo e das operações não lucrativas e o apoio governamental nessas fases é crítico para se estabelecer uma base científica nacional viável.

A ciência de grande escala é assim definida por eles:

Quanto mais perto a P&D se move em direção à tecnologia, maior se torna o custo. A pesquisa tecnológica geralmente é cara. Dependendo do produto final da pesquisa, ela pode ser realizada pelo governo, pela indústria ou pelo governo e indústria, debaixo de algum acordo de cooperação. Além disso, a realização de um determinado tipo de trabalho visando uma inovação, pode ser feita por organizações grandes ou pequenas, dependendo do trabalho a ser executado. Resumindo, o casamento indústria/governo e o tamanho organizacional dos sócios dependerão da natureza da tecnologia (p. 253).

Por outro lado, Velho e Pessoa Junior (1998, p. 2) definem a ciência de grande escala em termos quantitativos, estabelecendo que:

A *big science*, termo que poderia ser traduzido por “ciência de grande escala”, tem sido já há umas três décadas tópico de grande interesse na área de Estudos de Ciência e Tecnologia (*STS – Science and Technology Studies*). As razões para isso são que a *big science* (por vezes definida como qualquer projeto científico cuja construção custe mais do que US\$ 25 milhões) consome uma parte significativa do produto interno bruto de muitos países e, mais importante, implica alterações consideráveis na organização institucional, política e social do empreendimento científico.

À luz dessa dicotomia (ciência de pequena escala e ciência de grande escala), pode-se dizer que o Programa Espacial e, conseqüentemente, o Projeto VLS foi um dos poucos projetos brasileiros de ciência de grande escala, pelo seu tamanho e por suas características, como o foi, também, o Laboratório Nacional de Luz Síncroton, citado por Velho e Pessoa Junior (1998, p. 2 e 3) que continuam, afirmando que:

Apesar do aumento da literatura sobre *big science*, a maioria desses estudos tem se restringido à física de partículas nos Estados Unidos e, em menor grau, na Europa e Japão. Quase nenhum estudo desse tipo para países em desenvolvimento tem aparecido até agora, uma razão

óbvia sendo que as primeiras instalações de *big science* estão surgindo apenas agora nesses países. Mas o próprio fato de estes países estarem entrando na ciência de grande escala merece atenção. Por que, em uma época em que o investimento mundial em ciência diminuiu, um país em desenvolvimento e relativamente pobre como o Brasil, às voltas com dificuldades financeiras, decide investir milhões de dólares na construção de uma instalação de *big science*?

A postura desses autores vem valorizar ainda mais o Projeto VLS, pois significou uma tomada de posição do governo brasileiro, aceitando o desafio de desenvolver um veículo lançador de satélites, alocando para sua realização um considerável esforço de recursos humanos e financeiros, colocando-o na vanguarda dos projetos de ciência de grande escala no país.

No caso desse projeto, trabalhou-se mais com a pesquisa tecnológica, havendo mais desenvolvimento do que pesquisa propriamente dita. O grande mérito do Projeto, no entanto, foi seu aspecto interativo, em que muitos desenvolvimentos foram realizados em parcerias com empresas brasileiras. A necessidade dessa interação é muito bem assinalada por Lemos (2000, p. 161), quando afirma que:

Assim, é necessário considerar que uma empresa não inova sozinha, pois as fontes de informações, conhecimentos e inovação podem se localizar tanto dentro, como fora dela. O processo de inovação é, portanto, um processo interativo, realizado com a contribuição de variados agentes econômicos e sociais que possuem diferentes tipos de informações e conhecimentos. Essa interação se dá em vários níveis, entre diversos departamentos de uma mesma empresa, entre empresas distintas e com outras organizações, como aquelas de ensino e pesquisa. O arranjo das várias fontes de idéias, informações e conhecimentos passou, mais recentemente, a ser considerado uma importante maneira das firmas se capacitarem para gerar inovações e enfrentar mudanças, tendo em vista que a solução da maioria dos problemas tecnológicos implica no uso de conhecimentos de vários tipos.

Dessa forma, muitas inovações tecnológicas derivadas do Projeto VLS não se constituíram em inovações perante os países desenvolvidos que, de há muito, dominam essas tecnologia, mas para o parque industrial nacional foram desafios vencidos e, principalmente, conhecimentos adquiridos, que se tornaram inovadores porque foram adquiridos por experiência própria.

Lemos (2000, p. 168) corrobora esse fato dizendo que:

O processo de geração de conhecimentos e de inovação vai implicar, portanto, no desenvolvimento de capacitações científicas, tecnológicas e organizacionais e esforços substanciais de aprendizado com experiência própria, no processo de produção (*learning-by-doing*); comercialização e uso (*learning-by-using*); na busca incessante de novas soluções técnicas nas unidades de pesquisa e desenvolvimento ou em instâncias menos formais (*learning-by-searching*); e na interação com fontes externas, como fornecedores de insumos, componentes e equipamentos, licenciadores, licenciados, clientes, usuários, consultores, sócios, universidades, institutos de pesquisa, agências e laboratórios governamentais, entre outros (*learning-by-interacting*).

Dentre esses três processos, no entanto, o *learning-by-interacting* se destaca como sendo o mais importante, porque foi através dele que as empresas nacionais se capacitaram.

Esse destaque pode ser observado em Villaschi Filho (1999, p. 9 e 10), ao afirmar que:

Assim, para se melhor compreender a economia do aprendizado, há que ir um passo além das contribuições originais de Arrow (1962) e de Rosenberg (1976), para incorporar aquela de Lundvall (1988).

A razão para tal é que a ênfase dos dois primeiros estava nas inovações que decorrem do aprendizado nas relações intra-empresas, enquanto que Ludvall busca entender a aprendizagem que leva à inovação a partir de interações além do ambiente empresarial. Ou seja, ainda que não seja desprezível o *learning-by-doing* de Arrow e o *learning-by-using* de Rosenberg, há que se reconhecer que em tempos

de mudanças paradigmáticas como as vividas nessa *era do conhecimento*, o *learning-by-interacting* proposto por Lundvall, parece uma categoria de análise mais adequada para esclarecer os processos de aprendizagem que induzem/facilitam a inovação.

Sob esses aspectos, o Projeto VLS foi altamente interativo com as indústrias nacionais, pois muitos desenvolvimentos foram fruto de laborioso trabalho interno (*learning-by-searching*), que após sua consolidação foram repassados para a indústria (*learning-by-interacting*), enquanto que outros foram desenvolvidos na própria empresa (*learning-by-doing*), como consequência de parcerias tecnológicas.

Essa interação, que deu origem às parcerias com empresas nacionais, será analisada no capítulo seguinte.

3 PARCERIAS TECNOLÓGICAS

Conforme foi analisado, o embargo tecnológico imposto pelo G-7, dentro das normas do MTCR, acelerou o processo da busca de parcerias, por parte do CTA, com empresas nacionais. Dessa forma, muitas tecnologias que seriam adquiridas no exterior foram desenvolvidas no parque industrial nacional.

As parcerias tecnológicas geradas por essa interação foram altamente salutares para a indústria de nosso país, que assimilou e, em alguns casos, desenvolveu tecnologias altamente sofisticadas, elevando seu conhecimento tecnológico.

Pretende-se, nesse capítulo, analisar o conceito de parcerias tecnológicas, demonstrando, concomitantemente, como elas se inseriram no Projeto VLS.

3.1 As Categorias de Parcerias Tecnológicas

De acordo com Lastres (1995, p. 12) as parcerias tecnológicas podem ser classificadas da seguinte maneira:

- *joint ventures* e corporações de pesquisa;
- acordos conjuntos de P&D;
- acordos de intercâmbio de tecnologias;
- investimento direto;
- acordos de licenciamento;
- sub-contratação, divisão da produção e redes usuários-produtores;
- associações de pesquisa;
- programas de pesquisa conjuntos, financiados pelo governo;
- bancos de dados e redes para intercâmbio técnico e científico; e
- redes informais.

De uma maneira geral, pode-se dizer que o relacionamento do CTA com as empresas foi do tipo programas de pesquisa conjuntos financiados pelo governo, mas em muitas parcerias houve investimento direto, sub-

contratação e acordos conjuntos de P&D. Em alguns casos, porém, como nos processos de metalurgia a vácuo, houve transferência direta de tecnologia.

Lastres (1995, p. 13) apresenta, também, as principais vantagens e desvantagens das parcerias tecnológicas:

- Vantagens:
 - Reduzir significativamente os custos e os riscos envolvidos nos novos programas de P&D, assim como reduzir, minimizar e compartilhar incertezas em novas áreas de P&D.
 - Maior possibilidade de produzir efeitos sinérgicos devido à multidisciplinaridades de competências reunidas.
 - Diminuir o período entre invenção e inovação.
 - Explorar ao máximo a flexibilidade conferida pelo caráter de *network*, prescindindo portanto de investir permanentemente em corpo de pesquisa e laboratórios próprios em áreas exploratórias, onde as incertezas são enormes.
 - Monitorar mudanças e oportunidades tecnológicas e se capacitar minimamente para aproveitar novas possibilidades abertas.
 - Obter treinamento especializado de recursos humanos em áreas pioneiras.

- Desvantagens:
 - Desconfiança e receios mútuos que podem transformar a cooperação em jogo de soma negativa.
 - Tentativas das empresas em maximizar os conhecimentos que podem ser adquiridos e minimizar o que podem fornecer.
 - Propriedade intelectual. Reconhece-se também que as diferenças entre os vários sistemas de prioridades para patentes constitua-se num sério problema para cooperação internacional.

Com relação às vantagens alcançadas, as parcerias trouxeram redução significativa nos riscos envolvidos para os novos programas de P&D.

Conseguiu-se, também, obter treinamento especializado de recursos humanos em áreas pioneiras.

É importante salientar que, quando houve desenvolvimento conjunto, o CTA e as empresas parceiras gastaram muito tempo discutindo a propriedade industrial. Nesses casos, quando o desenvolvimento iria iniciar-se na empresa sem nenhum conhecimento prévio¹ por parte do CTA e da empresa, isto é não havia nenhum *background information* de ambas as partes a propriedade industrial era dividida em 50% para ambas as partes. Quando só uma das partes possuía o *background information*, ele era avaliado e mensurado de alguma maneira e colocado na mesa de negociações como uma vantagem (maior poder de barganha) para aumentar a porcentagem sobre a participação na propriedade industrial.

Após as discussões, a cláusula sobre a propriedade intelectual era escrita de comum acordo.

3.2 Os Processos de Aprendizado

O envolvimento de empresas nacionais no Projeto VLS percorreu um longo caminho que culminou com sólidas parcerias tecnológicas com o Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE) do CTA.

Deve-se ressaltar que o CTA procurou sempre tornar o parceiro nacional um participante ativo na solução dos problemas surgidos, integrando a tecnologia desenvolvida no processo produtivo da empresa.

Essa sistemática é ressaltada por Guimarães (2000, p. 125 e 126) ao afirmar que:

O processo de inserção num sistema tecnológico através de tecnologias adquiridas, pressupões, como vimos, uma seqüência de assimilação e aperfeiçoamento que tem que ser localizada em algum tipo de organização.

¹ Nos contratos internacionais o termo conhecimento prévio é muito bem definido por meio da expressão *background information* (vide Glossário).

O uso exclusivo de instituições de P&D para esse fim tem revelado resultados bastante limitados por várias razões, mas principalmente porque a tecnologia só tem significado se ela está envolvida no processo produtivo e, sobretudo, se ela é parte de sistemas tecnológicos interrelacionados em evoluções, gerando sinergias para processos de crescimento auto-sustentado.

O envolvimento das instituições de P&D nesse sentido só é eficaz no quadro de uma estreita interação com as empresas produtivas, formando um sistema de inovação compartilhado onde o fluxo tecnológico entre produtor e usuário se dê nos dois sentidos.

Por outro lado, uma das grandes preocupações do CTA durante a evolução do Projeto VLS foi acompanhar de perto, através dos Grupos de Acompanhamento e Gerenciamento (GAC), o grau de absorção, pela empresa parceira das inovações que estavam sendo desenvolvidas.

Davenport e Prusak (1999, p. 123) enfatizam a importância da absorção do conhecimento gerado, afirmando que:

A transferência do conhecimento envolve duas ações: transmissão (envio ou apresentação do conhecimento a um receptor potencial) e absorção por aquela pessoa ou grupo. Se o conhecimento não for absorvido, ele não terá sido transferido. A mera disponibilização do conhecimento não é transferência. O acesso é necessário, mas de forma alguma é insuficiente para garantir que o conhecimento será usado. O objetivo da transferência do conhecimento é melhorar a capacidade da organização de fazer as coisas e, portanto, aumentar o seu valor(grifo do autor).

Com certeza esse foi o grande papel do CTA com o seu Projeto VLS, pois o desenvolvimento conjunto com empresas nacionais de tecnologias inovadoras aumentou consideravelmente a capacidade tecnológica do parque industrial do País. Dessa forma, a transferência de tecnologia do CTA para as empresas nacionais pode ser resumida em três processos básicos:

- o *learning-by-searching*, realizado em sua fase inicial, internamente no CTA;
- o *learning-by-interacting*, resultado da interação do CTA com as empresas nacionais; e
- o *learning-by-doing*, realizado pelo CTA em conjuntamente com as empresas nacionais.

Quando havia um desenvolvimento e a seguir uma produção industrial ou quando o CTA simplesmente contratava a empresa para a produção de um determinado item, o CTA aplicava sempre o modelo da curva de aprendizado, para baratear o custo produto após o aprendizado adquirido pela empresa em sua produção.

3.3 Os Modelos de Relacionamento

Entende-se por modelos de relacionamento as contratações tecnológicas realizadas pelo CTA, com a finalidade de propiciar maior participação da indústria nacional no Projeto VLS.

Esses modelos de relacionamento com as empresa nacionais foram estudados por Oliveira e Santos (2000, p. 33 e 34) e por essa razão esse estudo foi tomado como base para a elaboração do presente item.

Foram também tomadas como base conversas do autor com Dolinsky² e a experiência do autor, que trabalhou durante 30 anos no CTA.

Os relacionamentos com as empresas foram baseados em dois tipos de desenvolvimentos realizados pelo CTA: desenvolvimentos realizados no CTA, independentes de terceiros e desenvolvimentos realizados pelo CTA em parceria com empresas brasileiras, que serão analisados separadamente a seguir.

² Entrevista pessoal

3.3.1 Desenvolvimentos realizados no CTA, independentes de terceiros

Como exemplos desse tipo de relacionamento serão citados três desenvolvimentos realizados no CTA, que, a seguir, foram repassados para a Indústria Nacional:

- Tecnologia de bobinagem de vasos de pressão em compósitos: Essa tecnologia foi desenvolvida inicialmente no IAE/CTA, que especificou e adquiriu as máquinas necessárias ao processo. A tecnologia e os equipamentos foram transferidos para a empresa COMPOSITE (atualmente CENIC), que realiza atualmente os desenvolvimentos especificados pelo CTA, como o motor S33. Esses desenvolvimentos são acompanhados e qualificados pelo Centro. Os produtos já qualificados, como é o caso do motor S44, os divergentes do VLS e as coifas são produzidos normalmente pela empresa.

É importante salientar que a COMPOSITE foi constituída inicialmente por ex-funcionários do CTA, ou seja a própria empresa pode ser considerada um *spin-off* do Projeto VLS.

- Tecnologia de produção de perclorato de amônio: O perclorato de amônio é o material oxidante constituinte (70% do peso) dos propelentes dos foguetes. O seu processo de fabricação foi totalmente desenvolvido no CTA, que chegou a implantar uma usina piloto semi-industrial para sua produção em caráter experimental. Para sua produção industrial, no entanto, foi assinado um contrato de transferência de tecnologia com a empresa ANDRADE GUTIERREZ. Essa empresa otimizou os processos envolvidos e hoje a produção está cargo da AEQ, que adquiriu os direitos de produção da ANDRADE GUTIERREZ, e já exporta esse produto, produzindo, como subproduto o ácido perclórico, até então totalmente importado pela indústria nacional.

Semelhantemente ao ocorrido com a COMPOSITE, a equipe que trabalhava no desenvolvimento do produto, no CTA, transferiu-se para a ANDRADE GUTIERREZ e hoje dirige a AEQ.

- Processo de soldagem TIG: o processo de soldagem de precisão TIG (*Tungsten Inert Gas Welding*), necessário para a soldagem dos envelopes motores metálicos foi totalmente desenvolvido no IAE/CTA e a seguir foi transferido para CONFAB. Transferiu-se, também, para essa empresa a técnica de soldagem por plasma. Ambas as transferências foram feitas sem ônus, porque foi feito em benefício dos produtos do Projeto VLS e por ter somente essa aplicação no País.

Nesse caso a transferência de tecnologia serviu para elevar o potencial tecnológico da empresa.

Esses tipos de relacionamento, de acordo com os modelos apresentados por Lastres (1995, p. 12), foi o de investimento direto. Nele passava-se da fase *learning-by-searching*, realizada internamente no CTA, para as fases *learning-by-doing* e *learning-by-using* (que compreendiam todo o processo de *learning-by-interacting*) realizadas pela empresa. Esse modelo foi o mais utilizado na execução do Projeto VLS, em virtude do baixo nível de maturidade do parque industrial brasileiro no engajamento da execução de projetos espaciais.

3.3.2 Desenvolvimentos realizados pelo CTA em parceria com empresas brasileiras

Serão apresentados seis exemplos desse tipo de parceria:

- Resina líquida reativa de polibutadieno: essa resina, que é usada como aglutinante nos propelentes sólidos, foi desenvolvida em cooperação com o Centro de Pesquisas (CENPES) da PETROBRÁS, com os

custos divididos por ambas as partes. Depois de algum tempo, como o CTA não estivesse conseguindo cumprir com suas obrigações no convênio, e em face do valor estratégico do produto, o acordo de cooperação foi renegociado e nesse ocasião o CTA abriu mão de seus direitos sobre patentes em troca da conclusão de todo o desenvolvimento com ônus total por parte da PETROBRÁS. O CTA continuou apenas com o apoio técnico referente às aplicações do produto.

Tempos mais tarde, o CTA trabalhou para convencer o Conselho de Segurança Nacional do Governo Brasileiro a recomendar à PETROBRÁS a implantação de uma unidade fabril na PETROFLEX, que hoje está privatizada e exporta o produto para os Estados Unidos, para ser usado na fabricação de propelentes e de rações animais.

- Tubos sem costura: foram desenvolvido tubos sem costura de alumínio de alta resistência, que era um produto não produzido no Brasil naquela época. O desenvolvimento foi feito em conjunto com a empresa TERMOMECÂNICA. Como consequência dessa parceria eliminou-se a dependência externa para a aquisição de foguetes bélicos de emprego aéreo, que passaram a ser produzidos tanto para uso interno como para o mercado de exportação. Além disso, a empresa usou a tecnologia obtida para fazer guias de válvulas de motores, que fez parte da sua pauta de exportação e de venda interna por muito tempo.

- Proteções térmicas rígidas: essas proteções são usadas na fabricação dos propulsores sólidos. Seu desenvolvimento inicial foi feito no IAE/CTA. A otimização do processo e o estudo do aumento das dimensões das proteções foram feitos em parceria com a empresa AMBALIT. Com a falência dessa empresa, a produção passou para uma outra empresa, a PLASTIFLOW, de propriedade de um antigo engenheiro da AMBALIT.

- Proteções térmicas elásticas: essas proteções são constituídas de lençóis de borracha utilizados como isolante térmico em

propulsores e juntas flexíveis aplicadas em sistemas de tubearias móveis. Foram desenvolvidas em parceria com a ELASTIC, que continua produzindo esses itens até hoje.

- Software de banco de controle: usado nos sistemas de controle e desenvolvido em parceria com a ATECH, empresa originária da ESCA.

Esse tipo de relacionamento envolvia os acordos de intercâmbio de tecnologia e os acordos conjuntos de P&D preconizados por Lastres (1995, p. 12), pois havia um trabalho conjunto de pesquisa, seguido de desenvolvimento. Neles era levado em consideração o *background information* de cada parceiro para se definir a cláusula de propriedade industrial. Ele compreendia um trabalho conjunto do CTA com as empresas, envolvendo o *learning-by-searching*, o *learning-by-doing* e o *learning-by-using* como partes integrantes do processo global de *learning-by-interacting*.

Pela análise dos dois tipo de relacionamento apresentados pode ser visto como os desenvolvimentos havidos no Projeto VLS foram sempre do tipo *learning-by-interacting* nos quais o CTA transferia ou adquiria conhecimento sempre em parceria com empresas nacionais. Esse processo envolveu a participação de 120 empresas brasileiras, que através dessa interação puderam, de alguma maneira, dar um salto tecnológico em seus processos produtivos. A Figura 3, na página seguinte apresenta as principais empresas participantes do Projeto VLS, com suas respectivas funções.

3.3.3 Seleção das empresas

Ao ser identificada uma necessidade do CTA eram ativados os procedimentos para a seleção das empresas que preenchiam os requisitos legais e técnicos-científicos para execução dessa necessidade. Para produtos

ou serviços que exigiam novos desenvolvimentos tecnológicos, era efetuado um levantamento das possíveis empresas, melhor qualificadas tecnicamente, que poderiam participar de uma parceria tecnológica. Se existisse mais de uma empresa que preenchesse os requisitos exigidos era feita uma licitação de acordo com a Lei 8.666 ou adotava-se o princípio da notória especialização previsto nesta lei.

Figura 3 – Participação de algumas indústrias brasileiras no Projeto VLS
Fonte: CTA (2001)

Entretanto, a maioria dessas empresas era contratada por possuir notória especialização em uma determinada área tecnológica, após análise por órgãos de fomento industrial competentes do Ministério da Aeronáutica ou de outras instituições reconhecidas e aceitas pelo CTA.

3.3.4 Fatores relevantes

Os fatores mais relevantes na análise de uma proposta de parceria eram:

- antecedentes técnicos das empresas;
- estabilidade administrativa e econômica;
- vocação para trabalhos com alta tecnologia;
- interesse pelo programa; e
- disponibilidade para investir e correr riscos.

Na maioria das vezes, mesmo numa empresa qualificada, era necessário criar recursos humanos especializados, desenvolver ferramentas, processos e sistemas de qualidade capazes de garantir o atendimento às necessidades do CTA. O atendimento às especificações e aos requisitos de qualidade era fruto de trabalho contínuo. Para tanto, era importante a escolha de uma empresa sólida, pois o recomeço de um trabalho junto a uma outra, por desistência da primeira selecionada, acarretava atrasos, aumentava os custos e, principalmente, causava o desgaste da organização.

Além disso, foram considerados os seguintes aspectos:

- o parque industrial brasileiro é pequeno e atrasado tecnologicamente, sendo necessária seleção de empresa em alguns nichos tecnológicos existentes; e
- o tamanho dos lotes de produtos que o CTA necessitava era pequeno para estimular as empresas a diversificarem sua linha de produção para concorrer à licitação.

3.3.5 Execução dos contratos

Após a definição da empresa parceira e celebrado o contrato, a sua execução era acompanhada através do estabelecimento de *milestones* ou objetivos intermediários, cujo cumprimento indicava as possibilidades do

sucesso final do objetivo proposto inicialmente. Também, o cumprimento e aceitação desses *milestones* eram utilizados como requisitos para os pagamentos das parcelas do preço do contrato.

O acompanhamento efetivo do contrato se dava pelo Grupo de Acompanhamento e Gerenciamento, composto por integrantes do CTA e da empresa contratada. A empresa ficava, também, obrigada, pelas cláusulas contratuais a fornecer relatórios periódicos de andamento do projeto e dos custos incorridos.

3.4 Considerações sobre as Parcerias

Neste capítulo foi feita uma análise das parcerias tecnológicas, culminando com a apresentação dos dois modelos de relacionamento do CTA com as empresa nacionais. Para maior esclarecimento foram selecionados três exemplos característicos do primeiro tipo de desenvolvimento e seis exemplos do segundo tipo, dentro de um universo de 120 empresas, que trabalharam em conjunto com o CTA.

Essas parcerias foram realizadas por um grande fator motivador, que foi a necessidade do CTA em desenvolver os produtos e processos do VLS dentro do parque industrial brasileiro. Roman e Puett Junior (1983, p. 163) enfatizam que:

A identificação da necessidade, estimulada pela demanda efetiva proporciona o ímpeto para unir as pessoas e a informação. No processo de difusão, ligações induzidas pela necessidade são formadas entre o inovador, os produtores e os usuários. Essas ligações são importantes para a transferência de tecnologia.

Foi dentro desse tipo de ligações “induzidas pela necessidade” que o CTA trabalhou em parceria com as empresas brasileiras e, como já foi dito anteriormente, essa necessidade foi gerada pelo embargo tecnológico que se tornou, assim, o agente motivador desse relacionamento bem sucedido.

No Capítulo 4 será analisado, com maiores detalhes, um exemplo de parceria que se destacou pelo seu aspecto pioneiro e pela sua magnitude: o desenvolvimento do aço 300M.

4 PARCERIA DE DESTAQUE: A PRODUÇÃO DO AÇO 300M NO PAÍS

O desenvolvimento do aço 300M para emprego espacial e o domínio do ciclo seu tratamento térmico foi estudado por Boscov (1998, p. 1-53) e foi tomado como base para a elaboração do presente capítulo.

Esse desenvolvimento foi tomado como exemplo porque representa uma interação bem sucedida do CTA com quatro empresas brasileiras: a ELETROMETAL (hoje VILLARES), a USIMINAS, a ACESITA e a WOTAN, que também interagiram entre si. Essa interação foi responsável pelo domínio das seguintes tecnologias:

- processo de fusão sob escória eletrocondutora, para a produção dos lingotes do aço 300M;
- processo de forjamento dos lingotes, para a obtenção das platinas a serem laminadas;
- processos de laminação das platinas; e
- ciclo de tratamento térmico dos envelopes motores em 300M.

Paralelamente a essa interação com as empresas citadas, o CTA trabalhou em conjunto com a empresa alemã AICHELIN (que não respeitou o embargo proposto pelos Estados Unidos) no projeto do forno para o tratamento térmico dos envelopes motores.

Pelo seu caráter pioneiro e multidisciplinar, o desenvolvimento do aço 300M pode ser considerado como uma vitória da cooperação de uma entidade governamental com a iniciativa privada.

4.1 O Projeto dos Envelopes Motores

O programa de foguetes desenvolvidos pelo Ministério da Aeronáutica optou, desde seu início, pelo emprego de sistemas propulsivos usando propelentes sólidos. Essa opção impôs que fossem desenvolvidas estruturas metálicas que tinham como função alojar os blocos de propelentes

sólidos, constituindo-se no corpo do foguete. Essas estruturas receberam o nome técnico de envelopes motores, em virtude de serem projetadas e otimizadas para minimização de sua massa, pois constituem-se em peso morto do sistema propulsivo.

Para que se obtenha um peso morto mínimo do propulsor é necessário que sejam utilizadas ligas metálicas que permitam preencher uma série de parâmetros da engenharia mecânica. Satisfazer todos esses parâmetros em um única liga metálica é praticamente inviável e isso fez com que fossem desenvolvidas ligas metálicas que pudessem associar principalmente alta resistência mecânica, boa soldabilidade e uma tenacidade adequada após realização do tratamento térmico de têmpera e revenimento.

No início do Programa Espacial, o CTA defrontava-se com dois problemas envolvendo o projeto dos envelopes motores: que liga metálica empregar e como realizar seu tratamento térmico, que é regido por parâmetros bem definidos para cada tipo de liga.

Será apresentado, a seguir, como o CTA trabalhou com empresas privadas para escolher o aço adequado, aprender como produzi-lo e dominar seu ciclo de tratamento térmico, não perdendo de vista a capacidade técnica do parque industrial nacional

4.2 Evolução Histórica dos Aços Especiais

As ligas metálicas evoluíram a partir dos clássicos aços-carbono da década de 1950, de baixa resistência mecânica e péssima soldabilidade para as ligadas tratadas termicamente com alta resistência mecânica, no final da década de 1960, por imposição absoluta dos programas espaciais, principalmente os de cunho militar, na área dos mísseis balísticos intercontinentais nos Estados Unidos, União Soviética e França. Essa evolução ocorreu partindo das primitivas ligas de ferro/carbono, passando por uma série de combinações até chegar-se às ligas com ausência de carbono e com alto teor de cobalto, denominadas *Maraging*, bem como às ligas à base de titânio.

Nos Estados Unidos, durante a década de 1960 foram feitas tentativas frustradas de se construir os envelopes motores dos propulsores destinados aos mísseis balísticos intercontinentais *Polaris* e *Minuteman* com o aço 300M. Optou-se pelo uso do aço D6-AC, cujo uso estendeu-se a quase todos os propulsores carregados com propelentes sólidos.

Na comunidade europeia, após tentativa frustrada de se empregar o aço VASCOJET 1000, foi decidido usar o aço 4340 modificado, o *Maraging* e a liga de titânio 6Al4V.

Todas essas ligas apresentam vantagens e inconveniências e sua escolha depende da capacidade de se produzi-las industrialmente com qualidade confiável, qualidade essa que pressupõe a confiabilidade de os propulsores serem estocados por longos períodos de tempo.

Esse era o cenário no início da década de 1970, quando o CTA deveria selecionar qual a melhor liga a ser empregada em sua família de foguetes SONDA, que seria a família precursora do Veículo Lançador de Satélites, e, conseqüentemente, da liga para o próprio Veículo Lançador de Satélites.

4.3 Desenvolvimento do Aço 300M

No início da década de 1970 as aciarias brasileiras já possuíam o domínio da tecnologia de produção de aço pelo processos convencionais, mas desconheciam as técnicas que usavam fusão sob vácuo. Essas técnicas eram as que permitiam a obtenção das principais ligas empregadas nos envelopes motores dos propulsores de foguetes.

Nessa época o CTA sabia que iria precisar de ligas especiais para seus foguetes e não vislumbrava no parque industrial nacional quem aceitasse o desafio de desenvolver e dominar as técnicas da metalurgia em vácuo. Para resolver esse impasse a direção do Centro deu um passo arrojado, ao montar um Laboratório de Vacuometalurgia em sua Divisão de Materiais, onde seriam estudadas as principais técnicas de fusão sob vácuo:

- fusão por indução a vácuo;
- refusão a arco sob vácuo;
- refusão sob escória eletrocondutora; e
- fusão por feixe de elétrons.

Dentre esses processos, o mais importante para o Programa Espacial era a refusão sob escória eletrocondutora (conhecido em inglês como processo *electro-slag*) que apresentava uma série de vantagens na obtenção das ligas metálicas, dentre as quais uma melhor qualidade para emprego espacial.

Para conseguir o domínio da tecnologia de obtenção de lingotes por esse processo o CTA assinou um convênio de intercâmbio técnico-científico com a ELETROMETAL, que previa as seguintes atividades:

- estágio e treinamento de pessoal da ELETROMETAL nas instalações do Laboratório de Vacuometalurgia do CTA;
- assessoramento técnico do CTA no programa de implantação da tecnologia de refusão sob escória eletrocondutora na empresa;
- assessoramento técnico do CTA na análise dos problemas de fabricação e refino de ligas metálicas, pela empresa;
- intercâmbio de informações e conhecimentos entre as partes conveniadas;
- utilização, pela empresa, dos equipamentos de fusão a vácuo e demais facilidades do Laboratório para treinamento do seu pessoal; e
- atendimento pela empresa das solicitações do CTA, dentro de sua linha de pesquisas.

Esse programa permitiu à ELETROMETAL dominar, em escala de laboratório, as técnicas de fusão sob vácuo, especialmente a da refusão sob escória eletrocondutora. O domínio dessas técnicas trouxe para a empresa um

salto tecnológico expressivo pois de uma pequena aciaria que, produzia utensílios de pequeno porte para a lavoura, ela passou a ser a maior produtora de aços especiais do país, produzindo, aços inoxidáveis para aplicações gerais, aços inoxidáveis para implantes cirúrgicos, aços para construção mecânica, aços ferramentas para trabalho a frio, aços ferramentas para moldes plásticos, aços rápidos, ligas resistentes à corrosão em temperatura ambiente e em altas temperaturas, ligas para resistência elétrica, ligas de expansão controlada, ligas para termopares e metais refratários.

Em consequência do sucesso desse intercâmbio, e objetivando resolver o problema da produção de aços especiais no país, foi firmado em 1975 um acordo entre o CTA e a ELETROMETAL, financiado pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico (BNDE), com duração de dois anos, visando o domínio da tecnologia de produção desses aços em escala industrial.

Como parte desse programa de intercâmbio foi tomada a decisão de se desenvolver o aço 300M, para atender às necessidades do programa de desenvolvimento dos envelopes motores para os lançadores do Programa Espacial Brasileiro.

Pode ser visto que nesse período de obtenção de conhecimento das técnicas de fusão sob vácuo, desenvolvidas no Laboratório de Vacuometurgia, o trabalho conjunto do CTA com a ELETROMETAL, englobou as fases de *learning-by-searching* e *learning-by-doing* concomitantemente com a fase *learning-by-interacting*, pois a experiência da empresa na fusão de aços convencionais muito ajudou no aprendizado conjunto. Essa foi uma parceria que contou muito com o *background information* de cada parte.

Com relação ao acordo assinado em 1975, em que ambas as partes partiram para o domínio das técnicas em escala industrial, eliminou-se a fase *learning-by-searching*, partindo-se para a fase *learning-by-doing*, continuando dentro de um processo de *learning-by-interacting*. Esse acordo caracteriza-se também como um programa de pesquisa conjunto financiado pelo governo, conforme citado por Lastres (1995, p. 12).

4.3.1 Produção industrial de aço 300M no país

Uma vez tomada a decisão de desenvolver os envelopes motores com o aço 300M foi iniciado o estudo de sua laminação no país, num programa conjunto CTA/ELETROMETAL/USIMINAS/ACESITA.

Esse programa foi iniciado em março de 1976, quando o CTA e a USIMINAS assinaram um acordo de cooperação para levantar os parâmetros básicos da laminação do aço 300M produzido na ELETROMETAL, de maneira a permitir a realização dessa operação em escala industrial na ACESITA. Os trabalhos no Laboratório de Pesquisas da USIMINAS foram iniciados em setembro de 1976 e encerraram-se em abril de 1977, com a finalidade de se conhecer o comportamento do aço durante o processo de laminação a quente, bem como a influência da operação nas características finais do aço laminado.

Ao término dos trabalhos chegou-se à conclusão que os processo de laminação estava dominado em escala de laboratório e que era viável sua laminação em escala industrial, a ser realizada na ACESITA. A primeira laminação industrial foi realizada no início de 1979 no laminador marca Trio, atualmente desativado, da empresa. Os resultados foram satisfatórios, dentro do campo de tolerância especificado para as espessuras. Essas chapas permitiram a fabricação de cinco envelopes motores integralmente em aço 300M, utilizados para testes em banco de ensaios e de dois vôos do foguete Sonda IV, todos com sucesso.

Animada com esses resultados, a ACESITA decidiu comprar um novo laminador marca Steckel, no qual, a partir de junho de 1980, foram realizadas todos os processo de laminação do aço 300M. A empresa constatou que esse aço comportava-se de maneira análoga aos aços inoxidáveis, e o considerou viável para a produção industrial, tanto assim que, após mais de uma década de operação de laminação desse aço, nunca houve rejeição de qualquer bobina, fechando assim o ciclo de produção do aço 300M no país.

4.3.2 Tratamento térmico do aço 300M

Para concluir o ciclo de produção do aço 300M havia necessidade de se conhecer o ciclo do seu tratamento térmico, tratamento esse necessário para dar resistência mecânica adequada aos envelopes motores a serem produzidos.

Como não havia no país fornos com capacidade de realização de tratamento térmico de têmpera em atmosfera controlada, o CTA decidiu consultar empresas na França, Inglaterra e Estados Unidos.

Foi escolhida a empresa LINDBERG Corp. dos Estados Unidos, que realizou os tratamentos térmicos dos envelopes motores destinados ao foguete Sonda IV e dos envelopes motores destinados ao VLS em três campanhas distintas, apresentadas a seguir:

- 1ª Campanha: realizada em 1982, nas instalações da empresa em Los Angeles, para o tratamento térmico de quatro envelopes motores em aço 300M
- 2ª Campanha: realizada em 1985, em Chicago, com o tratamento térmico de nove envelopes motores em aço 300M; e
- 3ª Campanha: realizada parcialmente em 1990, em Los Angeles; nessa campanha foi tratado somente o primeiro lote de sete estruturas, devido ao embargo imposto pelo Departamento de Estado dos Estados Unidos, que impediu que a empresa continuasse a realizar o trabalho acordado e impediu, também, que ela devolvesse os sete envelopes motores ao CTA, num caso claro de confisco. Foram necessárias gestões diplomáticas do Ministério do Exterior brasileiro, junto ao Governo Americano, para que todos os envelopes fossem devolvidos ao CTA.

Esse embargo foi a primeira vez que os americanos atuaram acintosamente contra o Programa Espacial Brasileiro, pois sua ação anterior era de pressão sobre os países signatários do MTCR.

Mais uma vez aqui deve ser salientada a visão do CTA, pois temeroso de que a pressão americana se transformasse em um embargo, como realmente acabou acontecendo, o Centro vinha estudando, desde 1982, o ciclo de tratamento térmico para peças menores com a empresa WOTAN, com fornos projetados pela empresa alemã AICHELIN. Com os trabalhos desenvolvidos com essa empresa nos tratamentos térmicos realizados com dois envelopes motores menores, foi comprovada a viabilidade de se realizar os tratamentos térmicos, em forno tipo poço, dos envelopes motores construídos em aço 300M. Por essa razão, foram iniciados em 1982, os estudos para a realização do projeto e implantação de um forno similar, porém com capacidade para tratar envelopes motores de 1,5 m de diâmetro e comprimento de 7,0 m, para atender às necessidades dos envelopes motores do VLS. É evidente que a implantação desse forno tornou-se imprescindível após o embargo decretado pelos Estados Unidos.

Esse forno foi finalmente implantado na empresa ELETROMETAL, com projeto original da empresa alemã AICHELIN, e nele vem sendo realizado o tratamento térmico dos envelopes motores do VLS.

4.4 Considerações sobre o Desenvolvimento do Aço 300M

O desenvolvimento do aço 300M pode ser considerado um exemplo do sucesso da cooperação entre empresa e universidade. A título de análise, podem ser destacados os seguintes fatores nessa cooperação:

- a visão da Direção do CTA que, no início da década de 1970, intuiu que havia necessidade de se dominar (*learning-by-searching*) os processos de metalurgia sob vácuo, pois esses processos seriam vitais para a produção dos aços especiais necessários ao Programa Espacial;
- o trabalho perfeito de transferência dessa tecnologia para a empresa ELETROMETAL, que também teve a visão de aceitar

esse desafio e apostar no sucesso de tecnologias totalmente desconhecidas no país;

- trabalho de pesquisa conjunto do CTA com a USIMINAS (*learning-by-searching* concomitante com o *learning-by-interacting*) para levantar os parâmetros necessários à laminação do aço produzido pela ELETROMETAL (deve ser salientado que nesse caso houve também um processo de *learning-by-interacting* entre a ELETROMETAL e a USIMINAS, que trabalharam em conjunto, sob a mediação do CTA);
- a transferência de tecnologia do processo de laminação do aço, desenvolvido pelo CTA/ELETROMETAL/USIMINAS, para a ACESITA, que num processo de *learning-by-doing* dominou o processo de laminação do aço em escala industrial; e
- a transferência de conhecimento do ciclo de tratamento térmico de uma empresa americana, a LINDBERG, para o CTA, que a adaptou para ser usada no forno AICHELIN da ELETROMETAL (nesse caso louve-se a negociação realizada pelo CTA com a empresa americana, negociação essa que não se limitou a comprar serviço mas a conhecer o ciclo de tratamento térmico).

Essa interação harmoniosa levou empresas brasileiras a aumentar seu cabedal de conhecimentos tecnológicos e introduziu no país técnicas de produção de aços especiais, que se não fossem o Programa Espacial Brasileiro, seriam ainda desconhecidas dos produtores de aço brasileiros. O desenvolvimento do aço 300M foi um dos maiores *spin-offs* deixados por esse Programa no Brasil, com reflexos tecnológicos e econômicos significativos.

5 CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo fazer uma análise de como o Projeto VLS do CTA, movido pelo embargo tecnológico imposto pelas nações desenvolvidas ao Programa Espacial Brasileiro, desenvolveu parcerias com o setor industrial brasileiro, que resultaram em bem sucedidas transferências de tecnologia para este setor. Para se entender como ocorreram essas transferências foram estudados os conceitos básicos do processo completo da inovação tecnológica.

Uma das conclusões do trabalho foi a de que a inovação tecnológica é fruto da integração de três ações principais: criar, difundir e usar e sob esse aspecto, o desenvolvimento do Projeto VLS foi um processo de inovação tecnológica.

Nele a ação de criação, ocorreu nas tecnologias adquiridas por meio do *learning-by-searching*, quer realizadas no CTA, independentemente de terceiros, quer realizadas em parcerias.

A ação de difusão se traduziu na transferência de tecnologia que ocorreu nos desenvolvimentos realizados independentemente de terceiros, dentre os quais foram estudados: a tecnologia de bobinagem de vasos de pressão em compósitos, a tecnologia de produção de perclorato de amônio e o processo de soldagem TIG, que, em alguns casos, deram origem a empresas com alto conhecimento tecnológico e, em outros casos, aumentaram o potencial tecnológico das empresas.

Finalmente, a ação de utilização, que se traduziu nos diversos componentes produzidos, que integraram o Veículo Lançador de Satélites.

Outro aspecto destacado pelo trabalho foi a análise da ação interativa do CTA com as empresas brasileiras, nas quais foram desenvolvidos os processos de *learning-by-searching*, *learning-by-doing* e *learning-by-using*, todos sob a égide do *learning-by-interacting*.

Dentre as ações interativas, o desenvolvimento do aço 300M foi, sem dúvida, o de maior sucesso pois nele houve, pela primeira e talvez única vez, no País a integração total entre quatro empresas brasileiras com um

centro de pesquisa, na qual as cinco instituições (o CTA e as quatro empresas) trabalharam visando um objetivo comum.

Deve ser salientado que esse desenvolvimento contrariou as expectativas de alguns consultores estrangeiros, que chegaram a desaconselhar o CTA a seguir essa linha de ação, pois nenhuma nação desenvolvida, detentora de um programa espacial, usava esse aço nos envelopes motores dos seus lançadores. Esse desenvolvimento veio a coroar todo o trabalho de parceria do CTA com as empresas brasileiras.

Pôde ser visto na presente monografia que o Projeto VLS contribuiu para o engrandecimento tecnológico das empresas brasileiras. Esse engrandecimento traduziu-se em *spin-offs* do Programa Espacial para a sociedade brasileira, como foi o caso do domínio da tecnologia de bobinagem em compósitos, que permitiu a fabricação de vasos de pressão para aplicações não espaciais, o perclorato de amônio, que tem como sub-produto o ácido perclórico, utilizado na indústria de munições e as resinas de polibutadieno empregadas nas proteções térmicas rígidas.

Os exemplos apresentados, um total de nove, além do desenvolvimento do aço 300M, constituem uma amostra pequena, porém significativa, dentro de um universo de 120 empresas, que de alguma maneira estão usufruindo dos *spin-offs* do Programa Espacial Brasileiro.

Essa foi a grande contribuição do Projeto VLS ao parque industrial nacional, ao apresentar à sociedade brasileira um modelo bem sucedido de parceria entre um centro de pesquisa governamental e empresas privadas, e ao legar para essa mesma sociedade produtos que foram incorporados ao dia a dia do cidadão comum.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOSCOV, J. Veículos: Tecnologias Desenvolvidas e Utilizadas. In: 1º CURSO DE TECNOLOGIA ESPACIAL, 1996, Brasília. Apostila ... AGÊNCIA ESPACIAL BRASILEIRA.

BOSCOV, J. Tratamento Térmico de Envelopes Motores Construídos com Aço 300M, RELATÓRIO TÉCNICO, p. 1-54, nov. 1998.

DAVENPORT, T.H.; PRUSAK, L. *Conhecimento Empresarial*, 1. ed. Rio de Janeiro: Campus; São Paulo: Publifolha, 1999.

DOLINSKY, M. (informação verbal), set. 2001.

EDOSOMWAN, J. A. *Integrating Innovation and Technology Management* 1. ed. New York: John Wiley & Sons, 1989.

GUIMARÃES, F. C. M. S. A Política de Incentivo à Inovação *Parcerias Estratégicas* n. 9, p.120-128, out. 2000.

LASTRES, M. H. M. Cooperação Tecnológica – Panorama Internacional. In: CURSO DE GESTÃO DE PROJETOS DE PESQUISA COOPERATIVA, fev, 1995. Apostila ... FBTS.

LEMOS, C. Inovação na Era do Conhecimento *Parcerias Estratégicas* n. 8, p. 157-179, maio 2000.

MACIEL, M. L. Pensando a Inovação no Brasil *Humanidades*, n. 45, p. 7-14, 1º semestre, 1999.

OLIVEIRA, E. A. A. Q. SANTOS, P. R. G. Gestão das Parcerias Tecnológicas no Setor Espacial Brasileiro *Revista Ciências Humanas*, v. 6, n. 1, p. 29-41, jan./jun. 2000.

ROMAN, D. D.; PUETT JUNIOR, J. E. *International Business and Technological Innovation*, 1. ed. New York: Elsevier Science Publishing Co., 1983.

SANTOS, R. O Programa Nacional de Atividades Espaciais Frente aos Embargos Tecnológicos *Parcerias Estratégicas*, n. 7, p. 117-130, out. 1999.

TERACINE, E. B. Os Benefícios Sócio-Econômicos das Atividades Espaciais no Brasil, *Parcerias Estratégicas*, n. 7, p. 43-71, out. 1999.

VALERIANO, D. L. *Gerência em Projetos - Pesquisa, Desenvolvimento e Engenharia* 1. ed. São Paulo: Makron Books, 1998.

VELHO, L. ; PESSOA JUNIOR, O. *O Processo Decisório na Implantação do Laboratório Nacional de Luz Síncrotron* Textos para Discussão N° 23, Departamento de Política Científica e Tecnológica, Instituto de Geociências, UNICAMP, 1998.

VILLASCHI FILHO, A. Interação e o Aprender para Inovar – Temas para o Caso Universidade/Empresa *Revista de Engenharia, Ciência e Tecnologia*, n.10, p. 8-12, maio/jun. 1999.

ABSTRACT

The technological innovation process has been studied by many well-known authors. Among these authors some have defined this process as a cycle that embodies the invention, the innovation and the use.

This paper intends to show that one can add the diffusion to this cycle, that is to say the technology transfer itself. Therefore the technological innovation can be condensed into the interaction of three verbs: to create, to diffuse and to use.

Assuming this proposition, this paper shows how the Aerospace Technical Center Satellite Vehicle Launcher Project performed a technological innovation process by the interaction with Brazilian companies, producing spin-offs to society.

The paper studies nine types of partnerships and analyses the 300M steel development, as success examples of the integration between a governmental research center and private companies.

Key words: technological innovation, technology transfer, Satellite Vehicle Launcher Project, research centers/companies integration, spin offs.

