

PAPEL E CAMINHOS DA CIÊNCIA E DA TECNOLOGIA BRASILEIRAS NA
BUSCA DE INOVAÇÃO

Hugo Villela de Miranda

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DA COORDENAÇÃO DOS
PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS EM
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO.

Aprovada por:

Prof. Michel Jean-Marie Thiollent, D.Sc.

Prof. Marcos do Couto Bezerra Cavalcanti, D.Sc.

Prof. José Soares Coutinho Filho, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

JUNHO DE 2008

MIRANDA, HUGO VILLELA DE

Papel e caminhos da ciência e da tecnologia brasileiras na busca de inovação [Rio de Janeiro] 2008

VII, 134 p. 29,7 cm (COPPE/UFRJ, M.Sc., Engenharia de Produção, 2008)

Dissertação - Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE

1. Inovação tecnológica
2. Tecnologia e meio ambiente
3. Financiamento à inovação
4. Tecnologia e bem estar social

I. COPPE/UFRJ II. Título (série)

“Quando os problemas são muito complexos os desafios são apaixonantes”

Dom Helder Câmara

Resumo da Dissertação apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

PAPEL E CAMINHOS DA CIÊNCIA E DA TECNOLOGIA BRASILEIRAS NA
BUSCA DE INOVAÇÃO

Hugo Villela de Miranda

Junho/2008

Orientador: Michel Jean-Marie Thiollent

Programa: Engenharia de Produção

Este trabalho busca analisar o ambiente de inovação existente na cidade do Rio de Janeiro. Ele tem como foco estudar quais são os entraves à transformação da tecnologia produzida nos laboratórios da COPPE, na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), em inovação tecnológica. Esse trabalho procurou identificar tecnologias com as características de sustentabilidade que cumprisse três pontos principais de análise: Rentabilidade ou sustentabilidade econômica: tecnologias com projeção de retorno de capital compatível com os anseios do mercado para esse tipo de empreendimento; Sustentabilidade ambiental: tecnologias que tragam vantagens ambientais em relação às tecnologias similares ou com mesmo fim atualmente adotadas no mercado; Tecnologias socialmente corretas.

Abstract of dissertation presented to COPPE/UFRJ as partial fulfillment of the requirements to obtain the degree of Master of Science (M.Sc.)

THE ROLE AND PATHWAYS OF THE BRAZILIAN SCIENCE AND
TECHNOLOGY UPON AIMING TO BE TRANSFORMED INTO INNOVATION

Hugo Villela de Miranda

June/2008

Advisor: Michel Jean-Marie Thiollent

Department: Industrial Engineering

This thesis work has the objective to analyze the environment for innovation in the city of Rio de Janeiro. The study focus on the barriers to the transformation of technology produced in laboratories belonging to COPPE, at the Federal University of Rio de Janeiro (UFRJ), into technological innovation. The study made an effort to identify technologies with the characteristics of sustainability that meet three main points of analysis: Profit or economic sustainability: technologies able to give a return of capital consistent with the desires of the market for the type of enterprise designed; Environmental sustainability: technologies that bring environmental advantages compared to similar technologies or even with currently adopted ones in the market; Socially appropriate technologies.

Índice

1	Objetivos	1
2	Revisão Bibliográfica.....	3
2.1	Principais Correntes Teóricas sobre a Inovação	4
2.2	Políticas Públicas para Promoção da Inovação.....	10
2.3	A Regulamentação e o Incentivo à Inovação.....	15
2.4	A proteção do conhecimento intelectual	26
2.5	Considerações Finais.....	29
3	Proposição de modelos para inovação tecnológica universitária	31
3.1	Modelo Organizacional de Inovação na COPPE/UFRJ: Atual e Proposição	32
3.2	Modelo para o Transbordamento de Inovações por Unidade Laboratorial: Caso do Laboratório de Hidrogênio da COPPE/UFRJ	43
4	Técnicas Experimentais e Resultados.....	53
4.1	A preparação do equipamento de Sievert para transferência tecnológica	57
4.2	Ônibus Híbrido a Hidrogênio	68
4.3	Reator de Pirólise a Plasma.....	82
4.4	A busca de viabilização de recursos para aplicação das tecnologias na sociedade.....	89
5	Discussão.....	99
5.1	O desenvolvimento do aparelho de Sievert	101
5.2	O desenvolvimento da pesquisa de viabilidades para o Ônibus a Hidrogênio e para o reator de Pirólise a Plasma.....	104
6	Conclusões.....	111
7	Referências bibliográficas	117
7.1	Lista de patentes consultadas.....	121
7.2	Anexos I - Projeto apresentado a Finep para a primeira fase do edital subvenção econômica 1/2007	123
7.3	Anexo II - Carta resposta ao envio do projeto Finep Subvenção Econômica 1/2007 .	134

Índice de Imagens

Ilustração 1 - Modelo Organizacional de Pesquisa em Engenharias na COPPE/UFRJ (Atual).	39
Ilustração 2 - Formação de Novas Linhas de Pesquisa	40
Ilustração 3 - Modelo Organizacional de Pesquisa em Engenharias na COPPE/UFRJ (proposto)	42
Ilustração 4 - Modelo de Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia a partir do LabH2 ..	52
Ilustração 5 - Design Final para o Equipamento de Sievert.....	61
Ilustração 6 - Desenho básico de linhas de gases e reatores	64
Ilustração 7 - Desenho de partes da linha de gases em escala real do equipamento	66
Ilustração 8 - Arranjo Institucional / Empresarial da Pesquisa sobre o Ônibus Híbrido a Hidrogênio no LabH2	70
Ilustração 9 - Conceitos de abastecimento para veículos a hidrogênio.....	77
Ilustração 10 - Estrutura de distribuição de hidrogênio.....	81
Ilustração 11 - Arranjo Institucional/Empresarial da Pesquisa sobre PaCOS no LabH2.....	93

Índice de tabelas

Tabela 1 - Histórico dos Principais Programas de Inovação Tecnológica.....	16
Tabela 2 - Nova Base Legal de Fomento à Atividade de P&D	22
Tabela 3 – Descrição e Primeiro Instrumento de comparação entre Tecnologias em desenvolvimento	46
Tabela 4 - Características de alguns modelos de ônibus movido a hidrogênio	71
Tabela 5 - Tecnologia e empresas desenvolvedoras	71
Tabela 6 - Comparação dos métodos de produção de H2.....	85
Tabela 7 - Custo de produção do hidrogênio pela Pirólise a Plasma do metano considerando retorno com a venda do carbono, para uma usina com capacidade de 166,67 kg/hora de H2. 87	

Índice de Gráficos

Gráfico 1 - Artigos de Autores Brasileiros Publicados em Revistas Internacionais Números Absolutos e Participação Internacional (1981 a 2001)	14
Gráfico 2 - Doutores e Mestres Titulados no Brasil - Números Absolutos (1987 a 2001).....	15
Gráfico 3 - Dispendio Real do Governo Federal do Brasil (MEC+MCT) e dos Estados Unidos (USA) em C&T - 1980 a 1997.	21
Gráfico 4 - Cenários de penetração para veículos movidos a hidrogênio na Europa	75
Gráfico 7 - <i>Break-even</i> para um produtor / transportador na Europa, conceito 1, 2 e 3, alta absorção, cenário 1.....	79
Gráfico 8 - <i>Break-even</i> para apenas um distribuidor na Europa, conceito 1, 2 e 3, alta	79

1 Objetivos

O objetivo da dissertação é analisar o ambiente de inovação existente na cidade do Rio de Janeiro. Tendo como foco estudar quais são os entraves à transformação de tecnologia produzida nos laboratórios da COPPE, na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), em inovação tecnológica.

Tendo em vista os padrões de desenvolvimento das, hoje, sociedades industrializadas, busca-se um modelo que contemple não só a viabilização econômico-financeira da transformação de ciência e tecnologia em inovação, ou seja, em produtos, processos e serviços, mas também a transformação de tecnologia em novas iniciativas sustentáveis socialmente e ambientalmente.

A geração de valor e possibilidade de ganho é medida pela capacidade de uma tecnologia se inserir em uma cadeia produtiva ou em um modelo de negócios sem que esta cause danos a populações ou indivíduos que as utilizam ou ao meio em que está inserida. Isto trará uma nova equação para a medição de probabilidade de sucesso de uma inovação.

Esse trabalho procurou identificar tecnologias com as características de sustentabilidade que cumprisse três pontos principais de análise:

- Rentabilidade ou sustentabilidade econômica: tecnologias com projeção de retorno de capital compatível com os anseios do mercado para esse tipo de empreendimento;
- Sustentabilidade ambiental: tecnologias que tragam vantagem ambientais em relação às tecnologias similares ou com mesmo fim atualmente adotadas no mercado;
- Socialmente corretas: tecnologias que não exponham em nenhum ponto de sua cadeia de produção os seres humanos a trabalho em condições degradantes ou nocivas a saúde.

Assim, segundo a hipótese adotada nesse trabalho, uma tecnologia só poderá se tornar uma inovação e se inserir na sociedade do século XXI se estiver apta a cumprir os requisitos acima mencionados. Esses devem constar das estratégias de investidores e bancos de fomento ou de *venture capital*¹, como fator de melhoria das oportunidades de sucesso de uma empresa ou tecnologia nascente. Busca-se com esse trabalho, principalmente, estudar e construir mecanismos capazes de viabilizar a saída para uso social das tecnologias que cumprirem os requisitos mencionados anteriormente, em benefício da sociedade brasileira.

¹ Termo comumente usado para referir-se a empresas de gestão de recursos, tendo como objetivo realizar investimentos em empresas, adquirindo assim parte de seu capital social, potencializando e ajudando a empresa a ter um crescimento mais acelerado, de modo a aumentar o valor de mercado da mesma para, após certo período de tempo, realizar a venda da participação adquirida e auferir lucros.

2 Revisão Bibliográfica

Na elaboração da revisão bibliográfica optou-se por uma divisão em cinco tópicos, buscando formar uma compreensão do desenvolvimento teórico existente, que tem influência direta sobre os trabalhos de pesquisa realizados ao longo da tese, havendo ainda um levantamento das ações institucionais que impactam na elaboração das rotas de desenvolvimento tecnológico projetadas para cada esfera institucional na UFRJ.

No tópico inicial da revisão – Principais Correntes Teóricas sobre a Inovação – buscou-se o levantamento das principais correntes de pensamento sobre inovação que tiveram impacto direto na elaboração dos trabalhos de pesquisa, formando o entendimento sobre o que é inovação e como esta é tratada no decorrer das pesquisas.

Buscando a compreensão dos esforços institucionais, no segundo tópico – Políticas Públicas para Promoção da Inovação – entende-se como importante a existência de um levantamento do histórico de políticas públicas até a formação atual que permite ao Brasil iniciar um esforço de promoção de inovação tecnológica na sociedade;

Algumas decisões políticas na história recente brasileira permitiram a criação de instituições que trazem uma série de oportunidades antes vistas apenas em países desenvolvidos. Dessa forma, no tópico – A Regulamentação e o Incentivo à Inovação – foi realizada uma revisão das principais leis e ações institucionais recentes que alteraram o tratamento institucional dado ao tema e construíram as bases sob as quais se apoiam os esforços públicos e privados de inovação tecnológica;

Entendendo que a descoberta de novos produtos e processos no mundo atual necessita de uma série de cuidados quanto à proteção e gestão das informações, no tópico – A Proteção do Conhecimento Intelectual – realiza-se uma discussão com base na literatura sobre as reais capacidades de proteção de conhecimento intelectual e sua

relação com a gestão dos capitais intangíveis nas instituições de pesquisa e nas empresas de base tecnológica;

Com o tópico – Considerações Finais – faz-se uma breve discussão sobre os temas abordados nos tópicos anteriores, buscando sintetizar o que foi discutido à luz dos objetivos esperados para a realização da pesquisa.

2.1 Principais Correntes Teóricas sobre a Inovação

O ser humano é um ser criativo, buscando entender o mundo à sua volta e alterá-lo de acordo com suas necessidades e tem a capacidade de solucionar problemas complexos. Na área de pesquisa e desenvolvimento não é diferente. No entanto, observa-se um abismo entre a transformação dos conhecimentos construídos pela pesquisa básica e sua aplicação em tecnologias, sendo que esta ponte entre tecnologia básica e aplicada não é entendida como uma etapa do processo de pesquisa. Acredita-se que um dos motivos para essa situação é a relativa novidade do estudo dos métodos de pesquisa e seus impactos na sociedade. Neste sentido, é proveitoso observar que a noção de soluções científicas aplicadas a problemas reais, sendo esse um processo coordenado e difundido surge apenas a partir da Segunda Guerra Mundial (1939-1945), emergindo assim, o conceito de inovação.

É possível definir inovação e processos de fomento ou busca de inovação tecnológica segundo alguns consensos reunidos e apresentados em Cassiolato e Szapiro (2000):

- “A inovação constitui-se em processo de busca e aprendizado e, na medida em que depende de interações, é socialmente determinada e fortemente influenciada por formatos institucionais e organizacionais específicos, tais como: diversidade regional, especificidades locais etc.;
- Nem todos os agentes ou atores da inovação tecnológica têm a mesma capacidade de transferir, incorporar ou apreender tecnologicamente, já que dependem de aprendizados anteriores,

assim como da própria capacidade de esquecer e reaprender tecnologias;

· Existem importantes diferenças entre sistemas de inovação de países, regiões, organizações, em função de cada contexto social, político e institucional. As próprias diferenças regionais do Brasil são exemplos de diversidades existentes em função dos diversos contextos nacionais” (Cassiolato e Szapiro 2002, página 6, com pequenas adaptações feitas pelo autor).

É interessante ainda ressaltar que boa parte das pesquisas e das definições apresentadas por Cassiolato e Lastres (2000), encontram ressonância no Manual de Oslo (1997), que define inovação tecnológica como:

“A inovação tecnológica compreende a introdução de produtos ou processos tecnologicamente novos e melhorias significativas que tenham sido implementadas em produtos e processos existentes. Considera-se uma inovação tecnológica de produto ou processo aquela que tenha sido implementada e introduzida no mercado - inovação de produto - ou utilizada no processo de produção - inovação de processo-” (OCDE, Manual de Oslo, 1997. p. 35).

A inovação se diferencia ainda segundo o tipo ou a forma que se apresenta. Segundo Teece (2000), a inovação pode ser apenas uma inovação incremental, ou seja, ela resolve um problema em parte de um sistema de produção ou de um produto, fazendo com que esse se torne de alguma forma melhor, porém o produto final tem características parecidas e não há uma mudança de paradigma: não há a introdução de algo muito diferente que passa a estabelecer outro padrão. Uma inovação que estabelece o novo padrão de produção, de consumo ou mesmo de processo pode ser considerada uma inovação disruptiva, uma inovação que passa a produzir uma forma completamente nova de se fazer determinada ação.

A inovação incremental é mais comum de se encontrar no cotidiano das empresas e instituições. Ela tem a característica de resolver determinado problema de um processo que continua muito parecido com o que estava anteriormente em prática. O Manual de Oslo chama a atenção para o fato de que mesmo após a introdução de novas

tecnologias o antigo método continua competindo através de inovações incrementais, como demonstra o trecho a seguir:

“A mudança técnica está longe de ser suave. Novas tecnologias competem com as tecnologias estabelecidas e, em muitos casos, as substituem. Esses processos de difusão tecnológica são freqüentemente prolongados e envolvem, via de regra, o aprimoramento incremental, tanto das novas tecnologias, como das já estabelecidas. Na turbulência que se segue, novas empresas substituem as existentes que tenham menos capacidade de ajustar-se. A mudança técnica gera uma redistribuição de recursos, inclusive mão de obra, entre setores e entre empresas. Como observa Schumpeter, a mudança técnica pode significar destruição criativa. Pode também envolver vantagem mútua e apoio entre concorrentes, ou entre fornecedores, produtores e clientes”² (OCDE, Manual Oslo, 1997. p. 33-34) .

A inovação disruptiva tem uma característica completamente diferente; ao estabelecer um novo padrão para certo mercado ela normalmente introduz ou fortalece determinadas empresas e pode fazer com que as fatias de controle de mercado se invertam. Por definição, uma inovação disruptiva tem a característica de ser algo inesperado pelo mercado, podendo demandar um grande período de adaptação para as instituições que operam nesse mercado. A permanência ou não de uma empresa em determinado mercado que sofre a introdução de tal inovação pode, na maioria dos casos, depender da agilidade dessas em seguir ou mesmo se adaptar a essa inovação, e conseguir manter sua base de clientes ou sua fatia de mercado pouco alterada.

A inovação passou a chamar mais atenção pelo seu potencial transformador apenas após a Segunda Grande Guerra, como demonstra Drucker (1986), e essa importância até hoje não é percebida por parte dos atores sociais brasileiros, que não têm qualquer contato com centros de pesquisa e desenvolvimento (P&D).

“Até antes de 1880, a invenção era misteriosa; os livros do início do século XIX mencionavam o momento de genialidade para o evento da invenção. O inventor era uma figura romântica e ridícula e que ficava trancada em uma pequena sala ‘criando coisas’. Por volta de 1914, quando a Primeira Grande Guerra começou,

² A referencia a Schumpeter no trecho citado tem como base o texto: Schumpeter, J. (1934), *The Theory of Economic Development*, Harvard University Press, Cambridge Massachusetts.

‘invenção’ tornou-se ‘pesquisa’, uma atividade objetiva e sistemática que podia ser planejada e organizada com uma alta taxa de previsibilidade do tempo a ser dedicado e dos resultados pretendidos (Drucker, 1986, p.34)”.

O Brasil tem concentrado em suas universidades a maior parte da produção do conhecimento científico, porém, segundo Marcos Cavalcanti³ esta produção está institucionalmente voltada para o intercâmbio entre pesquisadores, o que pode ser observado pelos parâmetros de avaliação de produção acadêmica. Esta avaliação, no Brasil, se dá através da quantidade e qualidade das publicações científicas, realizadas pelos diversos órgãos estatais. Já no caso da produção de patentes, não observa-se tal tipo de incentivo: para efeito de bolsas e de verbas de incentivo à pesquisa a existência de patentes tem pouca relevância. Há que se destacar as experiências bem sucedidas nesta área, realizadas em diversos países, como exemplo pode-se destacar a Coreia do Sul, onde o governo estabeleceu políticas que permitem que o processo de depósito de patentes seja custeado e incentivado pelo Estado.

É possível encontrar evidências da necessidade de um ambiente social favorável à inovação nos trabalhos de Putnam (2000), Cooke e Wills (1999), entre outros. Essa questão tem especial importância para países em desenvolvimento como o caso brasileiro. Esses países, comumente, não têm enraizado em seu corpo social uma cultura de inovação.

Putnam (2000), que estudou o processo de descentralização da administração estatal na Itália e a formação em diversas áreas do país de instituições regionais, deu uma importante contribuição ao tema quando encontrou na estrutura social de cada região fatores que, segundo ele, levavam ao desenvolvimento ou subdesenvolvimento. Sua maior preocupação era descobrir as razões do melhor desempenho de alguns governos democráticos e o completo fracasso de outros. Esta total disparidade era visível na comparação entre os governos do Sul e do Norte da Itália, onde Putnam analisou empiricamente suas hipóteses. Essas instituições regionais recém formadas passaram a cumprir atribuições similares nos estados do norte e do sul. Observou-se que

³ Posição defendida em apresentações da disciplina Inteligência Empresarial, no dia 12 de abril, no primeiro período letivo do ano de 2006, na Universidade Federal do Rio de Janeiro, para o curso de mestrado em Engenharia de Produção.

apesar de receber menos verbas, os estados do norte apresentavam um desenvolvimento econômico e social maior e suas instituições funcionavam bem, ao contrário do que ocorria no sul, que apesar de receber uma parcela substancialmente maior de recursos continuava com instituições ineficientes, não sendo apenas o grande fluxo de recursos financeiros suficientes para reverter a situação de subdesenvolvimento em que se encontrava. Através do estudo desta dicotomia, ele comprovou a importância do que denominou de comportamento cívico e a formação de uma comunidade cívica para a consolidação de instituições sólidas e o fortalecimento da democracia em termos gerais.

Esses estudos deram a base empírica para o conceito de ‘capital social’. Esse passa a ser entendido e conceituado como um conjunto de traços culturais característicos de uma comunidade que contribuem para fazer com que os seus membros se tornem propensos a colaborar no sentido de encontrar soluções a problemas de interesse comum. Incluem-se no capital social, por exemplo, as redes de relações interpessoais e o sentimento de confiança entre os indivíduos que constituem essa comunidade. A formação de laços de confiança entre os indivíduos de uma comunidade diminui o sentimento de risco na formação de empreendimentos coletivos.

Coock e Wills (1999) apontam a existência de uma relação semelhante de confiança e busca de objetivos comuns como um dos fatores essenciais para a formação de redes de desenvolvimento de ciência tecnologia e inovação.

O uso do termo tem variado muito de acordo com as influências de cada autor e dos objetivos em que este é empregado. Dessa forma, é necessário definir o que seria capital social, sendo para isso interessante retomar as referências anteriores sobre o assunto, colocando, rapidamente em confronto diferentes abordagens sobre o tema para que seja possível fundamentar o entendimento que se busca no texto.

Destaca-se inicialmente a visão de Loury (1976) que define capital social como sendo o resultado natural da ocorrência de uma relação entre indivíduos que buscam o desenvolvimento de habilidades ou elementos específicos. Essa linha de pensamento coloca a questão dos desejos individuais como motores para o desenvolvimento das interações e a formação do capital social.

Segundo James Coleman (1990) seria uma característica estrutural da sociedade que facilita as ações produtivas do indivíduo. Já Bourdieu (1992), compreende capital social como sendo o resultado de interação em uma rede durável, que produz um grupo coeso ou os recursos individuais que resultam dessa interação. Considera esta interação embasada em reconhecimento mútuo dos indivíduos.

Num claro contraponto à visão individualista de Loury (1976), Putnam (1997), como foi demonstrado acima, defende que o capital social busca atender não só os anseios dos indivíduos, mas acima de tudo, forma as bases para a obtenção de conquistas coletivas e o trabalho cooperativo.

Trabalhos mais recentes seguem a mesma linha de argumentação apresentada em Putnam; definem capital social a partir da presença, em uma dada região, de uma rede de interação entre os indivíduos, que os permite empreender ações conjuntas. É possível observar essa definição em Menegasso (2006), onde capital social é entendido de uma forma mais ampla:

“O capital social se compõe de variáveis políticas e sociais que, em maior ou menor grau, sustentam a capacidade de articulação de uma comunidade ou região, em prol da construção do seu bem estar. É importante ter presente que essas organizações sociais e a rede social que elas formam são uma das mais importantes dimensões desse capital, assim como o são confiança e solidariedade; ação coletiva e cooperação; informação e comunicação; coesão e inclusão social; e poder e ação política. Estudos recentes indicam que as formas em rede que as organizações sociais assumem são um dos pilares do desenvolvimento sustentável de qualquer comunidade”. (Menegasso, 2006)

Após um longo apanhado de diversas formas de se entender o capital social, tanto nos autores que forjaram o conceito quanto às influências mais recentes, concluem ser possível diferenciar o “capital social” do “capital humano”, como defendem Cooke e Wills (1999). É possível afirmar que a inovação é um processo fortemente apoiado na cooperação de vários atores sociais, portanto o estudo da influência do capital social em uma iniciativa de inovação torna-se importante. Assim, torna-se interessante diferenciar capital humano, que seria usualmente atribuído a um indivíduo, com suas habilidades e competências; do capital social, formado na interação dos diversos indivíduos que

compõem um grupo social. Esse capital social pode ser construído naturalmente, como afirma Loury (1976), que o definiu como sendo uma relação social que ocorre naturalmente e que promove ou ajuda a promover o desenvolvimento de habilidades valiosas ou características.

A transformação da tecnologia em inovação depende, portanto, de uma forte interação entre diversos atores sociais, tendo o Estado um papel relevante. Dessa forma, o modelo de gestão da inovação proposto por Etzkowitz e Leydesdorff (1996), onde se coloca o conceito da “Triple Helix” (Tríplice Hélice), reconhece a interação Universidade – Empresa – Governo como a base da geração de inovação no mundo contemporâneo. Servindo ainda como motor do crescimento econômico, esses autores entendem o papel das universidades e do governo como importantes agentes para proporcionar na sociedade a solução de problemas e injeção de competitividade e expansão da economia.

Torna-se cada vez mais importante um estudo das diversas experiências que existem no Brasil e a forma com que a questão é tratada nos países mais desenvolvidos, para, partindo-se de um panorama amplo, discutir qual seria o modelo de desenvolvimento tecnológico que mais se adapta às peculiaridades do país. Dessa forma, o modelo de desenvolvimento econômico e social do país continuará tendo grande influência da grande indústria e da agricultura, setores estabelecidos, que têm hoje e que continuarão tendo no futuro, grande importância. Esse modelo deve abarcar também uma estratégia que dê a possibilidade da nação se firmar em igualdade de condições com as potências desenvolvidas, através de um dinâmico setor de desenvolvimento e produção de soluções de alta tecnologia para a sociedade, baseada principalmente na produção e gestão do conhecimento científico e tecnológico.

2.2 Políticas Públicas para Promoção da Inovação

A atuação do Estado na promoção da inovação foi vista de diferentes formas pela comunidade científica ao longo dos anos. Segundo Pereira (2006), existe uma

parcela da comunidade científica que discorda de uma política de inovação promovida pelo Estado. Esta corrente argumenta que deve existir liberdade para o pesquisador escolher sua linha de pesquisa, restando ao poder público o financiamento das atividades. Outra defende o investimento em pesquisa e desenvolvimento em sinergia com as empresas e instituições públicas e privadas, buscando a realização de pesquisas básicas e aplicadas, porém com vistas ao desenvolvimento de uma determinada linha de pesquisa que projete uma gama de aplicações futuras.

Essas discussões no Brasil, segundo Resende e Vedovello (2005), têm como marco inicial das políticas públicas federais a “elaboração e implementação do I Plano Nacional de Desenvolvimento (I PND, 1972/74) e do I Plano Básico de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (PBDCT, 1973/74)” (Resende, 2005), tendo ainda influenciado as atividades da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), fundada “em maio de 1948 por um grupo de cientistas e de amigos da ciência, nos moldes das que já existem em outros países. A Ata de Fundação já contava com 265 sócios e desde então o número tem crescido ininterruptamente.” (História SBPC, 2008). E esta teve um importante papel na promoção de uma maior interação entre os pesquisadores brasileiros através de seus encontros e seminários periódicos, tendo uma característica importante:

“A SBPC, como suas congêneres, a americana, a argentina, a britânica e a francesa, não é uma agremiação de técnicos e cientistas. Nenhuma qualificação técnica é exigida para a admissão como sócio, mas tão somente o desejo de contribuir de algum modo para o Progresso da Ciência no País” (História SBPC, 2008).

Essas instituições e a difusão da filosofia produzida por esses grupos promovem a estrutura na qual ocorre a criação em 31 de novembro de 1975 do Sistema Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (SNDCT). Este era coordenado pelo Conselho de Ciência e Tecnologia (CCT), posteriormente assumindo a atual denominação: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Com o apoio do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), a Finep, gestora dos recursos do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Ciência e da Tecnologia (FNDCT), implementou um programa com objetivo de prover equipamentos e infra-estrutura de

pesquisa em algumas universidades do país. Observou-se que na década de 1980 uma grande parte das ações de promoção da pesquisa visava à substituição de importações.

No âmbito dessas discussões se desenvolveram diversas iniciativas com o objetivo de criar as condições para o desenvolvimento e promoção da inovação, estas tiveram diferentes pontos de vista e abordagens ao longo do tempo. Em 1980 surgiu a Associação Brasileira das Instituições de Pesquisa Tecnológica (Abipti), tendo como missão o apoio às “entidades de pesquisa tecnológica, aos planos e programas governamentais cujo foco era a substituição das importações” (Abipti, 2008).

Ainda em 80, sob a liderança da Fundação Instituto de Administração da Universidade de São Paulo, foram realizadas reuniões periódicas com atores da indústria que, em 1984 culminaram na formação da Associação Nacional de Pesquisas e Desenvolvimento das Empresas Industriais (ANPEI), atualmente Associação Nacional de P,D&E das Empresas Inovadoras.

Já em 1985, Lundvall pregava a necessidade de se estruturar e fomentar a formação de Sistemas Nacionais de Inovação (SNI). Segundo Villaschi (2005) [apud. Andersen e Lunadvall (1988), Freeman (1987)], o “estudo das interações entre os atores econômicos, sociais e políticos que fortalecem ou restringem suas capacidades de aprendizado e pesquisa e, como resultado, aumentam ou inibem o desenvolvimento, a divulgação e o uso de inovações em uma determinada nação.” (Villaschi, 2005, p. 3). Dessa forma, ele aponta que o sistema nacional de inovação, dependendo de sua formação e dinâmicas internas, pode contribuir para o avanço da ciência, tecnologia e inovação ou pode criar entraves ao seu desenvolvimento, tendo um importante papel as organizações não governamentais e as ações da comunidade científica nacional.

Lundvall et all. (2001), destacam que quando a idéia de uma abordagem baseada na construção do conceito de Sistema Nacional de Inovação surgiu em meados dos anos 80 ninguém esperava que este fosse um conceito difundido como é atualmente. Ele aponta que atualmente essa definição é parte integrante das perspectivas analíticas de organismos internacionais como: OECD, Comissão Européia e UNCTAD, e, apesar de certa relutância do Banco Mundial e do Fundo Monetário Internacional (FMI), aonde a absorção do conceito está sendo mais lenta.

Além das organizações não governamentais e do início das ações de empresários e pesquisadores no sentido de promover uma política nacional voltada para a pesquisa e desenvolvimento científico e tecnológico, surgiram no Brasil instituições em centros públicos de pesquisa com o objetivo de suprir as necessidades dos setores produtivos em desenvolvimento baseado em P&D. Neste ambiente, destaca-se a COPPE – antiga Coordenação dos Programas de Pós-graduação de em Engenharia, com o nome atual de Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia - que surgiu ainda na década de 60, tendo uma filosofia diferente da adotada à época, pois contava com professores em regime de tempo integral e com dedicação exclusiva, política adotada pelo MEC apenas na década de 80⁴. Ainda em 1970 é criada a COPPETEC, que passa a ter uma relação muito próxima à indústria, contribuindo significativamente com os avanços nas áreas de exploração de petróleo.

Segundo Villachi (2005), a partir da identificação de alguns elementos do Sistema Nacional de Inovação Brasileiro (SNIB) no início da década de 80, havia uma expectativa de que as transformações apoiadas na nova constituição de 1988 e do processo de interação entre “empresas locais, estrangeiras e estatais, que vinha funcionando, poderia ser uma indicação positiva de possibilidades para o SNIB aproveitar algumas ‘janelas de oportunidades’ que estavam sendo abertas pelo emergente paradigma técnico-econômico (PTE)” (pág. 4).

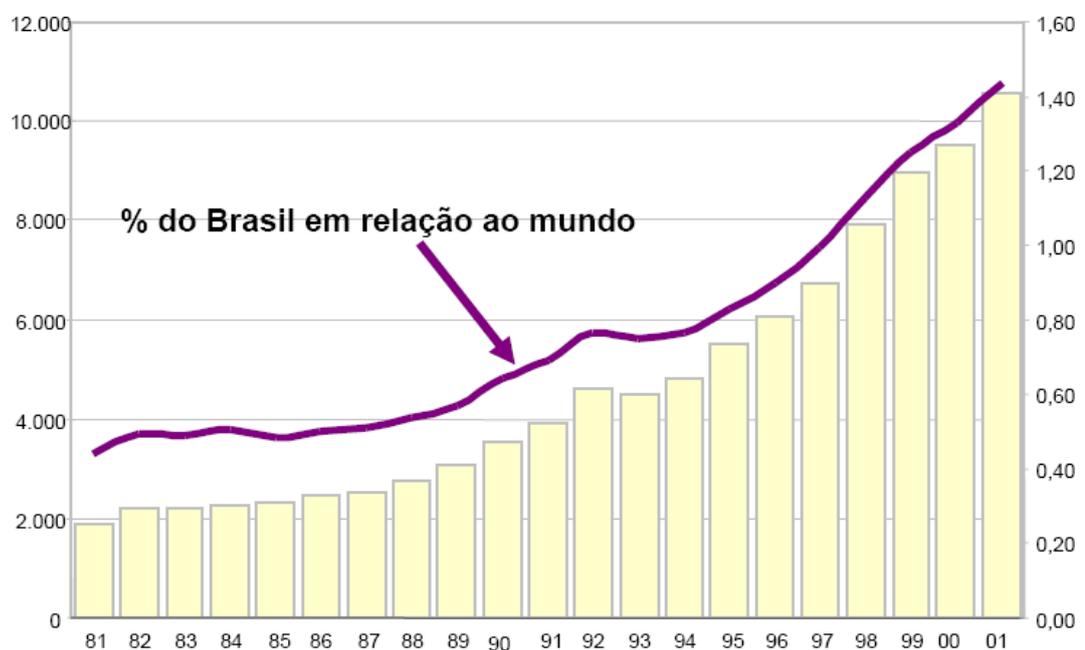
Segundo ele, essas expectativas não se confirmaram “no domínio institucional e uma forte crença nas forças do mercado por parte das autoridades governamentais levou o país à adoção de “não-políticas” industriais e tecnológicas como sua política de desenvolvimento econômico” (Villachi 2005). Um fator importante foi a questão da regulação legal para dar suporte e segurança aos investimentos em áreas intensivas em tecnologia, o que vai começar a mudar somente com as discussões e a implantação de uma série de instrumentos legais de incentivo à inovação, tais como os fundos setoriais, a lei de informática e a lei da inovação.

Segundo Pacheco (2007), a política de incentivo à P&D nas universidades públicas permitiu um considerável avanço na qualidade da pesquisa aqui realizada e na

⁴ Essas informações sobre a COPPE podem ser encontradas em <http://www.coppe.ufrj.br>, acessado no dia 15/11/2007.

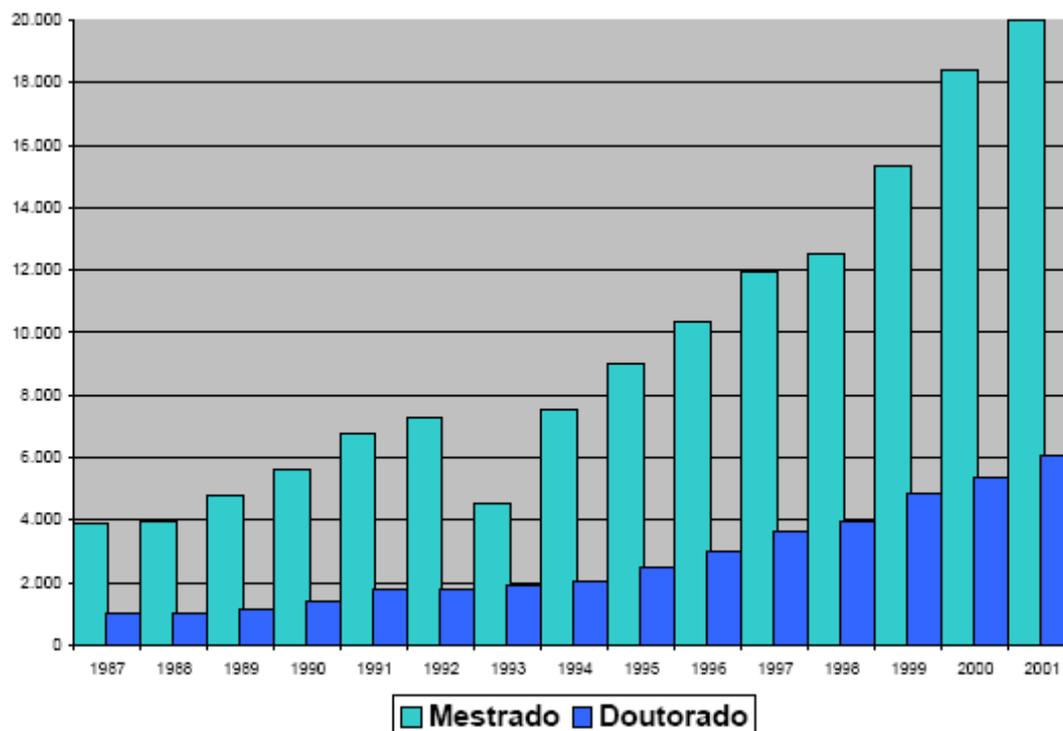
quantidade e qualidade dos recursos humanos formados. Isso pode ser observado nos gráficos 01 e 02, onde é possível observar um grande aumento da participação brasileira, porém, essa não foi acompanhada de um aumento igual na produção de patentes ou no desenvolvimento de empresas de base tecnológica. “A fragilidade do lado empresarial da política tecnológica brasileira não tem causa única e está associado ao elevado grau de transnacionalização da economia e à dinâmica da substituição de importações.” (Pacheco, 2007, pág. 9).

Gráfico 1 - Artigos de Autores Brasileiros Publicados em Revistas Internacionais Números Absolutos e Participação Internacional (1981 a 2001)



Fonte: Pacheco (2007), pág. 8.

Gráfico 2 - Doutores e Mestres Titulados no Brasil - Números Absolutos (1987 a 2001)



Fonte: Pacheco, 2007, pág. 8.

O levantamento dos dados de produção científica e de publicações, em conjunto com as forças que realizavam pressão por um marco regulatório, formou as bases para um ambiente de incentivo à inovação, tendo como marco inicial a criação dos fundos setoriais. Esse movimento de regulação para promoção de incentivos à inovação tecnológica se iniciou nos países desenvolvidos baseado no entendimento, por parte desses governos, de que o desenvolvimento das pesquisas em C&T necessitava de um maior apoio governamental através de financiamentos diretos e de sólido arcabouço legal que garanta a sua perenidade. Assim, o apoio a programas de pesquisa científico-tecnológico de longo prazo torna-se essencial para a estratégia de desenvolvimento de nações desenvolvidas.

2.3 A Regulamentação e o Incentivo à Inovação

A busca de regulamentação e da criação de uma base de sustentação para o sistema de inovação brasileiro, segundo Pereira (2006), advinha da constatação de que

“havia no Sistema Nacional de Inovação inconstância de fluxos financeiros, ausência de importantes agentes do processo inovativo – a destacar o setor industrial – e falta de eficiência na gestão das atividades promovidas” (Pereira, 2006, pág 75).

Essas interrupções e a falta de uma política mais bem definida que permitisse incluir, no processo de desenvolvimento científico e tecnológico, diversos atores sociais, tais como empresas, indústrias e organizações não governamentais de forma mais ampla e direta, contrastava com as experiências observadas em outros países tais como os Estados Unidos, Inglaterra etc.. Nesses países, movimentos governamentais de regulação e incentivo à inovação, por meio de programas setoriais de apoio, atingiram importantes resultados.

A divisão do esforço de inovação tecnológica já era defendida por Pavitt (1984) e contava com algumas experiências internacionais, onde se destacam as iniciativas apresentadas na tabela 01.

Tabela 1 - Histórico dos Principais Programas de Inovação Tecnológica

Programa	País/Bloco Econômico	Ano de criação
<i>Fifth Generation Project</i>	Japão	1982
<i>Small Business Innovation Research Program (SBIR)</i>	Estados Unidos	1982
<i>Alvey Program</i>	Reino Unido	1983
<i>La Filière Électronique</i>	França	1983
<i>PADCT</i>	Brasil	1983
<i>Finish Programme for R&D in TI (FINPRIT)</i>	Estados Unidos	1984
<i>ESPRIT 1</i>	Comunidade Européia	1983
<i>Informationstechnik</i>	Alemanha	1984
<i>Advanced Communication for Europe- RACE</i>	Comunidade Européia	1985
<i>ESPRIT 2</i>	Comunidade Européia	1987
<i>Sematech Programme</i>	Estados Unidos	1988
<i>Concerted Projects</i>	Espanha	1988
<i>Fonds de Soutien aux Hydrocarbures</i>	França	1994

<i>Support for innovation in the oil and gas industry</i>	Reino Unido	1995
Demo 2000	Noruega	1999
Fundos Setoriais	Brasil	1999
Lei de inovação	Brasil	2004

Fonte: Pereira e Figueiredo (2006), com adaptações feitas pelo autor.

A experiência japonesa com o programa *The Fifth Generation Computer Systems Project* (FGCS), iniciado em 1982, fruto dos esforços do Ministério Japonês de Comércio e Indústria Internacional, tendo como objetivo o desenvolvimento de sistemas computacionais, buscando defender a indústria japonesa de telecomunicações da concorrência Européia e Americana.

Outro exemplo, que desenvolve mecanismos parecidos com os criados posteriormente nos fundos setoriais pode ser encontrado nos E.U.A., a partir de 1982, com o *Small Business Innovation Research Program* (SBIR), um programa que busca encorajar e prover recursos financeiros a empresas de base tecnológica que se situem nos Estados Unidos e que possam contribuir para necessidades específicas apontadas por seus diversos Departamentos e Agências. Assim, os Departamentos de: Agricultura, Comércio, Defesa, Educação, Energia, Saúde e Serviços Sociais, Segurança Nacional, Transportes e as Agências Federais de Proteção Animal, NASA e a Fundação Nacional de Ciências⁵, são obrigados a reservar, a cada ano fiscal, uma percentagem de seus orçamentos de P&D para a aplicação em pequenas empresas de base tecnológica que contemplem os tópicos e metas das referidas agências e departamentos para os anos seguintes. Essa percentagem foi estabelecida inicialmente em 0,2% do faturamento das agências que ultrapassassem US\$ 100.000.000,00, havendo um aumento gradual ao longo dos quatro anos seguintes até atingir 1,25% do orçamento para P&D. Atualmente esse percentual chega a 2,5% do orçamento dos órgãos. Isso garante uma fonte de financiamento e viabilização comercial de uma série de desenvolvimentos científicos e tecnológicos nacionais em empresas americanas.

⁵ Os nomes dos Departamentos e Agências foram traduzidos pelo autor, sendo a nomenclatura em inglês respectivamente: *Department of Agriculture; Department of Commerce; Department of Defense; Department of Education; Department of Energy; Department of Health and Human Services; Department of Homeland Security; Department of Transportation; Environmental Protection Agency; National Aeronautics and Space Administration; National Science Foundation.*

Atualmente, o programa garante às pequenas empresas que têm seus projetos aprovados de acordo com o grau de inovação, o mérito técnico e o futuro potencial de mercado, a entrada em um programa com três fases⁶:

- Fase I – é a fase de avaliação de viabilidade. Nesta fase são concedidos até US\$ 100.000,00 por aproximadamente 6 meses para a averiguação da viabilidade técnica ou as variáveis que influenciam a viabilidade do projeto
- Fase II – provê até US\$ 750.000,00 para até 2 anos, com o objetivo de dar continuidade a Fase I. Durante esse tempo, o trabalho de pesquisa e desenvolvimento é realizado e o desenvolvedor avalia o potencial de comercialização. Apenas os projetos considerados vencedores na Fase I podem atingir a Fase II.
- A Fase III – é a fase em que a pesquisa laboratorial se move do laboratório para o mercado. Não há fundos do SBIR para essa fase, porém é incentivada a busca de agentes do mercado privado e outras agências governamentais.

É interessante citar o primeiro parágrafo da lei americana 97-219 de 1982, onde fica claro o movimento de apoio direto à inovação nas empresas, promovido pela lei e, nos parágrafos subsequentes a percepção de que esse ato teria uma influência direta no desenvolvimento econômico e social da nação.

“Para alterar o Small Business Act de reforçar o papel das pequenas e inovadoras, e jovens empresas através de financiamento federal para pesquisa e desenvolvimento, e para utilizar as pesquisas e desenvolvimentos Federais como uma base para a inovação tecnológica, para satisfazer as necessidades da Agência e contribuir para o crescimento e a força econômica da nação. (...) SEC. 2. (a) O Congresso considera que - (...) (1) a inovação tecnológica cria postos de trabalho, aumenta a produtividade, a concorrência, o crescimento econômico, e é um valioso instrumento para regular a inflação e o déficit da balança de pagamentos dos Estados Unidos; (2); as pequenas empresas são a principal fonte de importantes inovações da Nação; a maior parte

⁶ Traduzidas pelo autor do site do programa *Small Business Innovation Research Program (SBIR)*, em 15 de março de 2008, <http://www.sba.gov/SBIR/indexsbir-sttr.html#sbir>.

das pesquisas e desenvolvimentos realizados com fundos federais destinam-se a grandes empresas, universidades, laboratórios governamentais, e (3) as pequenas empresas estão entre as mais eficazes em termos de custos de pesquisa e desenvolvimento e são particularmente capazes de desenvolver pesquisa e desenvolvimento gerando resultados em novos produtos. " (Public Law 97-219, 1982, traduzido pelo autor)

A lei SBIR e os programas dela advindos continuam ativos até hoje e as estatísticas de investimentos do ano de 2007 demonstram um volume de recursos aplicados em pequenas empresas de base tecnológica de US\$ 497.074.058,00 em empresas com projetos na Fase I, e US\$ 1.517.511.849,00 contemplando projetos na Fase II, totalizando um montante de recursos investidos no fomento de inovação tecnológica em empresas de US\$ 2.014.585.907,00.

A iniciativa americana foi seguida pelo governo inglês ao estabelecer um programa de incentivo à inovação, o *Alvey Program*. Este tinha como objetivo promover o fortalecimento do setor de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC). Segundo Pereira e Figueiredo (2006), o programa teve como motivação a resposta ao programa lançado pelo governo japonês um ano antes.

O *Alvey Program* teve um modelo de financiamento conjunto entre estado e iniciativa privada. Foram investidos recursos na promoção de P&D em tecnologias básicas para formação das bases de desenvolvimento futuro da indústria britânica de informática e telecomunicações. Esse esforço teve início como resultado dos esforços de John Alvey, diretor sênior de tecnologia para Telecomunicações Britânicas. Em setembro de 1982, o comitê britânico de telecomunicações decidiu propor um programa de cinco anos para pesquisas avançadas em TICs ao custo de 350 milhões de libras esterlinas – dos quais 200 milhões em recursos públicos e 150 milhões financiados pela indústria britânica.

Esse programa se dividiu em cinco principais áreas: VILSI (*Very Large-Scale Integrated*) Circuitos Eletrônicos com Grande Escala de Integração, engenharia de *software*, interface homem-máquina, sistemas inteligentes baseados em conhecimento (ou seja, inteligência artificial), e *design* computacional assistido.

Apesar de muitas críticas sobre a alocação dos recursos e os poucos resultados práticos atingidos, o programa teve o mérito de mudar toda a base de ação governamental em relação ao financiamento público de P&D e pesquisa universitária; a partir de então a colaboração industrial passava a ser normal ao invés de uma exceção.

Pereira e Figueiredo (2006) apontam o lançamento de diversos outros programas na França, Alemanha, EUA e na Comunidade Européia, como apontado na tabela 1. Desses destaca-se o programa ESPRIT, que “foi formulado como um programa integrado de projetos de P&D industrial, coordenado pelo Diretório Geral da Indústria, da Comissão Européia. Faz parte da política de integração não só de diferentes setores como também de diversos países europeus para o desenvolvimento de pesquisas e de tecnologia” (Pereira e Figueiredo, 2006, pág 76)

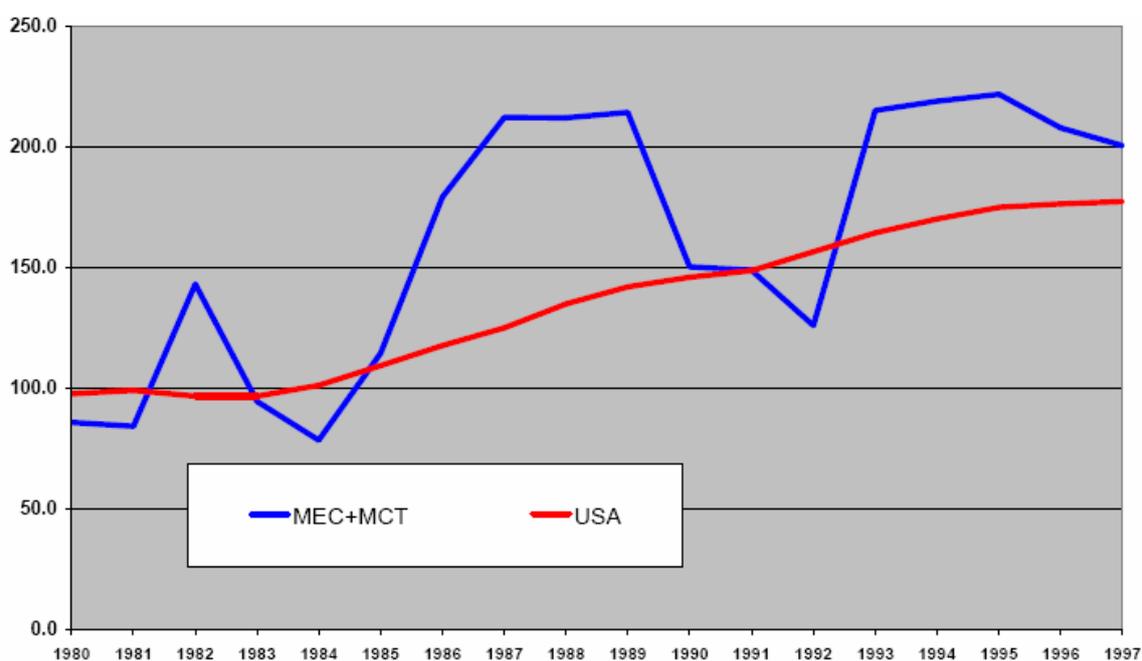
Nessas iniciativas inclui-se a criação do FNDCT, porém no Brasil ainda não havia sido criado um fundo de fomento em P&D específico para setores estratégicos, isso começa apenas com a criação em 1997, e operação em 1999, do CTPetro, o Fundo Setorial do Petróleo. Este fundo foi criado pela Lei nº 9.478, que criou a Agência Nacional do Petróleo, um órgão com relativa autonomia, que tem a missão de controlar o setor, sendo vinculada ao Ministério de Minas e Energia, porém dispendo de relativa autonomia. A Agência Nacional do Petróleo teve o seu nome mudado em 2005, por meio da Lei nº 11.097, para Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis.

O fundo setorial CTPetro permitia a inversão da tendência de descontinuidade dos investimentos em C&T. É possível observar através do trabalho de Pacheco (2007) a inconstância dos dispêndios públicos em C&T no Brasil. Essa inconstância leva uma clara dificuldade de planejamento de pesquisa e obtenção de resultados satisfatórios, apresentada no gráfico 3, devido principalmente ao fato de que a maioria dos projetos de P&D necessitam de planejamentos de longo prazo. Essa descontinuidade fica clara ao se observar um quadro comparativo da evolução dos investimentos em P&D no Brasil e nos EUA, no período de 1980 a 1997. Busca-se para tal comparação observar o movimento de aumento e diminuição do percentual de investimentos, sabendo que em termos de valores absolutos essa comparação não seria possível. A clara

descontinuidade dos investimentos brasileiros frente à regularidade encontrada nos EUA, produz impacto direto na capacidade de planejamento de indivíduos e instituições. Acredita-se, assim, que uma política de investimentos contínuos, mesmo que de menor volume financeiro global, tenha melhores resultados que políticas descontinuadas.

Gráfico 3 - Dispendio Real do Governo Federal do Brasil (MEC+MCT) e dos Estados Unidos (USA) em C&T - 1980 a 1997.

Números Índice (Média 1980/85 = 100,0)



Fonte: Pacheco 2007 (apud. Ministério de Ciência e Tecnologia, “A Aceleração do Esforço Nacional de C&T”, 1999).

Segundo Carlos Américo Pacheco, ex-secretário executivo do Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT), de 1999 a 2002, a questão da criação de mecanismos que permitissem uma maior segurança e continuidade de investimentos no desenvolvimento de P&D em setores chave da economia já era um consenso dentro do MCT em 1999. Esse fato é reforçado atualmente pela elaboração do Plano Plurianual (PPA) em que seu “diagnóstico deixava clara a necessidade do que foi identificado como ‘a construção de

um novo padrão de financiamento” (Pacheco, 2007). As ferramentas para a execução de investimentos de longo prazo foram construídas através dos fundos setoriais. A tabela 02 apresenta um resumo das leis que constituíram o novo arcabouço legal de incentivo à inovação tecnológica.

Tabela 2 - Nova Base Legal de Fomento à Atividade de P&D

Regulamento	Data	Finalidade	Fonte de financiamento
Lei nº9.478	06/08/97	Institui CTPetro -Fundo Setorial do Petróleo	25% da parcela do valor dos <i>royalties</i> que exceder a 5% da produção de petróleo e gás natural (Finep 2008)
Lei nº9.991	24/07/00	Institui CTenerg -Fundo Setorial de Energia	0,75% a 1% sobre o faturamento líquido de empresas concessionárias de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica. (Finep 2008)
Lei nº9.992	24/07/00	Institui CTTransp - Fundo Setorial de Transportes	10% da receita arrecadada pelo Departamento Nacional de Estradas de Rodagem - DNER - em contratos firmados com operadoras de telefonia, empresas de comunicações e similares, que utilizem a infra-estrutura de serviços de transporte terrestre da União. (Finep 2008)
Lei nº9.993	24/07/00	Institui CTHidro -Fundo Setorial de Recursos Hídricos	4% da compensação financeira atualmente recolhida pelas empresas geradoras de energia elétrica (equivalente a 6% do valor da produção de geração de energia elétrica). (Finep 2008)
Lei nº9.994	24/07/00	Institui CTEspacial - Fundo Setorial de Atividades Espaciais	25% das receitas de utilização de posições orbitais; 25% das receitas auferidas pela União relativas a lançamentos; 25% das receitas auferidas pela União relativas à comercialização dos dados e imagens obtidos por meio de rastreamento, telemédias e controle de foguetes e satélites; e o total da receita auferida pela Agência Espacial Brasileira (AEB), decorrente da concessão de licenças e autorizações. (Finep 2008)
Lei nº10.052	28/11/00	Institui FUNTTEL - Fundo Setorial de Telecomunicações	0,5% sobre o faturamento líquido das empresas prestadoras de serviços de telecomunicações e contribuição de 1% sobre a arrecadação bruta de eventos participativos realizados por meio de ligações telefônicas, além de um patrimônio inicial resultante da transferência de R\$ 100 milhões do Fundo de Fiscalização das Telecomunicações (FISTEL). (Finep 2008)
Lei nº10.168	29/12/00	Institui o FVA -Fundo Verde Amarelo	50% da Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico – CIDE.
Lei nº10.176	11/01/01	Institui o CTInfo -Fundo Setorial de Informática e renova incentivos para o setor de informática, alterando a Lei nº8.248/1.991	as empresas de desenvolvimento ou produção de bens e serviços de informática e automação que recebem incentivos fiscais da Lei de Informática deverão repassar no mínimo 0,5% de seu faturamento bruto. (Finep 2008)
MP nº2.199-14	24/08/01	Autoriza, até o limite de 5 %, despesas administrativas do Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – FNDCT	

MP nº2.159-70	24/08/01	Altera o Fundo Verde Amarelo e reduz o Imposto de Renda (IR) para remessas ao exterior que pagam a contribuição do FVA	
Lei nº10.197	19/12/01	Institui CTInfra -Fundo de Infra-estrutura para Pesquisa	20% dos recursos destinados a cada Fundo de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico. (Finep 2008)
Lei nº10.332	19/12/01	Amplia a base de cálculo da contribuição do Fundo Verde Amarelo (FVA)	
Lei nº10.332	19/12/01	Institui CTBio -Fundo Setorial de Biotecnologia	7,5% da Contribuição de Intervenção de Domínio Econômico - CIDE
Lei nº10.332	19/12/01	Institui CTAgro -Fundo Setorial de Agronegócios	17,5% da Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico - CIDE
Lei nº10.332	19/12/01	Institui CTSaude -Fundo Setorial de Saúde	17,5% da Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico - CIDE
Lei nº10.332	19/12/01	Institui CTAero – Fundo Setorial Aeronáutico	7,5% da Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico - CIDE
Lei nº10.973	02/12/2004	Lei de inovação – institui a atuação de centros de pesquisa públicos para a realização de pesquisas em cooperação com empresas privadas, promove incentivos à inovação, permite o investimento de recursos públicos na forma de subvenção econômica em empresas privadas.	
Decreto nº. 5563,	13.10.2005	Regulamenta a lei 10973, permitindo a promoção de ações de cooperação para o desenvolvimento científico tecnológico entre estatais e empresas.	

Fonte: Pacheco (2007), páginas 14 e 15, com adaptações realizadas pelo autor.

O grande esforço de regulamentação realizado entre 1999 e 2002, incluindo-se neste a lei que cria o CTPetro, de 1997, teve como grande mérito a instituição de uma série de instrumentos legais que permitem um direcionamento perene de recursos para o desenvolvimento científico e tecnológico. Este torna possível um planejamento de longo prazo, focando no desenvolvimento compartimentado sob a forma de setores, porém essa lei não dá conta da questão da relação dos centros de pesquisas públicos, que representam a maioria dos centros de P&D no Brasil. Essa situação muda apenas com a Lei nº10.973, a chamada lei da inovação tecnológica.

A lei da inovação tecnológica trata de uma série de questões práticas necessárias à viabilização dos projetos de pesquisa e desenvolvimento em cooperação com agentes privados. O texto busca colocar um ordenamento legal para a atuação do poder público incentivando a inovação tecnológica. Essa tentativa fica clara quando se observa a redação do seu artigo 3º: “A União, os Estados, o Distrito Federal, os Municípios e as respectivas agências de fomento poderão estimular e apoiar a constituição de alianças estratégicas e o desenvolvimento de projetos de cooperação envolvendo empresas nacionais, ICT e organizações de direito privado sem fins lucrativos voltadas para atividades de pesquisa e desenvolvimento, que objetivem a geração de produtos e processos inovadores.”(lei nº10.973, artigo 3º). Contando com uma série de

regulamentações, tratam do interesse dos órgãos públicos em pesquisas realizadas em suas estruturas de P&D, donde destacam-se alguns pontos relevantes durante a realização das pesquisas para a elaboração da tese.

A regulamentação do uso de infra-estrutura de universidades e centros de pesquisa governamentais por empresas mediante pagamento e desde que esta atividade não venha a interferir nas atividades do órgão. Esta era uma demanda antiga, pois as universidades possuem uma infra-estrutura de pesquisa muito grande e muito bem estruturada.

Uma ferramenta importante foi a permissão e regulação da atuação da União e suas entidades e fundações na participação do capital social de empresas inovadoras de base tecnológica, ainda que minoritariamente. Essa ação concebe a base legal para que a FINEP e outros órgãos como as fundações universitárias e ICTs possam investir diretamente em empresas que consideram promissoras. Um fruto disso é o novo programa feito pela FINEP para investir em empresas inovadoras através de fundos de capital semente e anjo⁷ ou mesmo de *Private Equity*⁸, onde os volumes de recursos são maiores para empreendimentos de médio e grande porte. Essas questões são tratadas no artigo 5º. da lei, que trata ainda da questão da participação na propriedade intelectual, onde fica definido que essa participação deve observar a mesma proporção da participação no capital social da empresa.

A Lei de Inovação Tecnológica recebeu muitas críticas, principalmente devido a maior abertura para a interação entre universidade e empresa. Essas críticas estão presentes sob o argumento que, ao se permitir a universidade pública uma atuação mais em cooperação ou consonância com empresas, as mesmas estariam deixando a esfera pública e ganhando características de organizações privadas. Esse tipo de argumentação

⁷ Capital semente ou anjo – se dá de três formas: a primeira é através de investimento realizado por conhecidos e ou parentes em negócio nascente com objetivo de capitalizar o empreendedor e viabilizar o negócio; a segunda se dá através de empresas especializadas em investir em negócios nascentes, como o mesmo modelo de fundos de *venture capital*, porém com investimento menor e em um estágio inicial do negócio, buscando a participação a longo prazo ou o investimento a médio prazo, objetivando a venda para o mercado financeiro ou uma grande empresa concorrente; a terceira forma é o investimento por parte de órgãos públicos de fomento, buscando capitalizar empresas que estejam alinhadas com objetivos nacionais permanentes ou mesmo de governo.

⁸ Fundos de investimento em empresas privadas, tendo como objetivo a aquisição de parte do capital e a viabilização de um crescimento acelerado. A valorização do investimento se dá através da valorização da empresa e a futura venda da participação adquirida, obtendo lucros.

pode ser percebido em LEHER (2004), quando este observa a utilização de infraestrutura de laboratórios e pesquisa como a submissão do público às “forças do capitalismo”, essa percepção fica clara no trecho destacado a seguir:

“o Projeto de Lei de Inovação Tecnológica, originalmente de autoria de Cardoso e redimensionado pelo atual governo. As universidades serão inseridas no moinho satânico da reprodução do capital, colocando à disposição laboratórios, equipamentos e, principalmente, pessoal para iniciativas empresariais, como se as empresas locais estivessem demandando a produção de tecnologias e, ainda mais inverossímil, como se as inovações tecnológicas nascessem nas universidades. Em troca, as instituições receberiam alguma compensação econômica por parte das empresas, desde que abram mão de seu caráter público e não-mercantil. Em suma, é a institucionalização do ‘capitalismo acadêmico’.” (LEHER, pág 875-876)

Existe a crítica de que essas interações com empresas direcionariam a pesquisa universitária para a busca de tecnologias aplicadas à indústria ou ao setor privado, privilegiando a pesquisa aplicada em detrimento da pesquisa básica. Essa argumentação de privilégio da pesquisa aplicada se baseia na preocupação de que caso só existam pesquisas sendo realizadas para aplicações práticas a pesquisa que rompe “paradigmas” e produz novos campos de conhecimento ficaria empobrecida no Brasil.

Essa linha de análise contrasta com as pesquisas e a observação prática realizadas por Silva (2007), que apresenta alguns casos de cooperações realizadas no departamento de Engenharia Metalúrgica da UFMG. Essas interações tiveram início na década de 1970. Com o esforço de modernização da indústria, o Brasil importou diversos equipamentos com tecnologia avançada para a época, porém esses muitas vezes esbarravam em peculiaridades de sua aplicação no hemisfério sul, ficando claro “que havia sérias dificuldades em fazer operar aqui as receitas trazidas.” (Silva, pág 434).

Silva destaca que, após o estudo de duas tecnologias importadas pela Usiminas foi possível “abrir os pacotes tecnológicos”, ou seja, entender os princípios de funcionamento das tecnologias. Esses estudos permitiram não só o conhecimento de novas tecnologias como, destaca, introduziu as bases tecnológicas para o desenvolvimento de pesquisas básicas e aplicadas. Hoje, a interação com a indústria

permitiu a universidade desenvolver processos produtivos de ponta, que são base de algumas indústrias siderúrgicas do Estado de Minas Gerais, tendo sido interessante a constatação de que essas empresas têm uma grande força competitiva para exportação. Em entrevista realizada com Silva, no “Seminário Talentos para Inovação⁹”, realizado pela Associação Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), este destacou que essas interações permitiram, ao contrário do que se imagina, um forte conteúdo de pesquisa básica que correu em paralelo com as pesquisas aplicadas, tendo permitido ainda o desenvolvimento no Brasil de tecnologias de ponta e indústrias com avançadas tecnologias nacionais. Houve casos em que processos desenvolvidos aqui permitiram a geração de patentes e a inserção de produtos brasileiros em mercados de países desenvolvidos em substituição a produtos por eles produzidos, devido principalmente a vantagens tecnológicas desenvolvidas no Brasil e não a questões de competitividade em custos de produção, como normalmente observa-se nesses casos.

2.4 A proteção do conhecimento intelectual

A proteção do conhecimento intelectual foi concretizada através da Convenção da União de Paris (CUP) de 1883, promulgada pelo senado brasileiro em 1884 na forma do Decreto n. 9233¹⁰. A partir dessa convenção, os termos que regem o direito de propriedade intelectual vêm sendo alterados de acordo com o desenvolvimento econômico e tecnológico mundial, via acordos internacionais multilaterais.

Sob forte influência da indústria de fármacos, químicos, biotecnologia, *software* e microeletrônica, os Estados Unidos conseguiram incluir na Rodada do Uruguai a questão da propriedade intelectual. Nesta foi assinado o acordo Aspectos dos Direitos

⁹ O “Seminário Talentos Para Inovação” ocorreu na cidade de São Paulo – SP – no dia 30 de novembro de 2007, das 14:00 horas às 17:30, a entrevista com Evando Mirra de Paula e Silva foi realizada no mesmo dia, após a realização do seminário.

¹⁰ O referido decreto está disponível na página do Senado Federal no endereço eletrônico: <http://www6.senado.gov.br/legislacao/ListaPublicacoes.action?id=74813> , acessado em 01/03/2008 às 16:33h.

de Propriedade Intelectual Relacionados ao Comércio (TRIPS¹¹), em 1994, e a Organização Mundial do Comércio (OMC), em janeiro de 1995.

Segundo Chaves et. all. (2007), a assinatura dos acordos TRIPS e da OMC, criaram uma situação diferente, estabelece regras mais rígidas, e “não reconhece a liberdade de cada país membro de adotar um arcabouço legislativo que favoreça o seu desenvolvimento tecnológico”(pág. 259), tendo o poder de estabelecer sanções aos países membros que descumprirem o tratado, fato que não ocorria com a CUP, porém, estabelece uma série de mecanismos que permitem, em casos especiais, principalmente os relacionados a saúde pública, a utilização ou quebra da patente, ou mesmo seu licenciamento para terceiros por iniciativa do Estado.

A análise cuidadosa dos processos de patenteamento e de busca de proteção legal através desse sistema demonstra as grandes falhas ou mitos que normalmente o cientista ou inventores têm quanto a esse sistema de proteção do capital intelectual.

É possível notar que essas constatações já eram possíveis na década de 80, um dos principais textos sobre o assunto é o de David J. Teece (1986), que defende que a patente não necessariamente irá proteger de um concorrente o pesquisador ou cientista que produziu uma inovação. Segundo Teece:

“It has long been known that patents do not work in practice as they do in theory. Rarely, if ever, do patents confer perfect appropriability, although they do afford considerable protection on new chemical products and rather simple mechanical inventions. Many patents can be ‘invented around’ at modest costs. They are especially ineffective at process innovations.”(Teece, pg 287)

Que pode ser traduzido como: "Sabe-se há muito tempo que as patentes não funcionam, na prática, tal como na teoria. Raramente, ou mesmo nunca, as patentes conferem uma perfeita apropriação, apesar de oferecem proteção considerável sobre os novos produtos químicos e invenções mecânicas relativamente simples. Muitas patentes podem ser 'inventadas de traz para frente', a custos modestos. Estas são particularmente ineficazes em inovações de processo”.

¹¹ A sigla TRIPS refere-se ao termo em inglês “*Agreement on Trade-Related Aspects of Intellectual Property Rights*”,

A decisão por patenteamento tem ainda que levar em conta a questão da abertura, ainda que parcial, de informação ao mercado. Após a deposição do pedido de patente esta se torna pública e passa a estar disponível para estudo em outros laboratórios e empresas no mundo. É possível observar em diversos estudos que a manutenção da propriedade intelectual em disputas legais requer ainda um considerável dispêndio de recursos financeiros. Segundo Teece:

“Often patents provide little protection because the legal requirements for upholding their validity or for proving their infringement are high.” (Teece, pg 287)

Devido a essas dificuldades, para certas tecnologias, no processo de patenteamento é comum observar uma opção por proteger uma inovação, na indústria, na forma de segredo industrial.

Segundo Teece, esse tipo de proteção do conhecimento só é possível se o inventor puder manter o segredo após o lançamento do produto no mercado. Existem ainda duas formas em que esse tipo de conhecimento pode ser classificado, podendo ser tácito ou codificado. Sendo um conhecimento tácito, a dificuldade de uma cópia perfeita torna-se maior. Por definição, esse conhecimento depende de um rito de introdução, tornado difícil a sua obtenção sem que antes se tenha uma grande inserção nas etapas do processo produtivo. Uma alusão interessante a esse tipo de conhecimento pode ser encontrada no exemplo apresentado por Cavalcanti¹²; segundo ele o caso de um chefe de cozinha pode ilustrar perfeitamente o conceito de capital intangível. Isto porque o profissional que sabe misturar os diversos alimentos e temperos de modo a produzir um determinado sabor específico e único, caso esse chefe de cozinha seja questionado sobre a proporção dos elementos que compõem o prato, este dirá, um punhado disso mais uma colher daquilo. A questão relevante é que, muitas vezes a forma com que cada substância da receita é adicionada e incorporada ao produto final alteram sua composição, forma e sabor. Dessa forma, o conhecimento tácito pode ser transmitido a um aprendiz, mas dificilmente será incorporado rapidamente por uma simples análise dos ingredientes.

¹² Esse exemplo foi apresentado no curso de mestrado em Engenharia de Produção, na disciplina Inteligência Empresarial, ministrada na COPPE/UFRJ sob o código COP775, no primeiro período de 2006.

Assim a proteção do conhecimento intelectual passa necessariamente por diversas estratégias dependendo do tipo de conhecimento produzido e dos objetivos futuros almejados para a tecnologia.

2.5 Considerações Finais

A lei de inovação passa a regulamentar o uso de recursos públicos de pesquisa, como instalações de testes e uso de equipamentos. Essas cooperações sempre aconteceram, mas em menor volume e apenas em casos em que havia um contado direto entre os interessados e o pesquisador, através de redes informais. O caso apresentado na reunião da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) do dia 30 de novembro de 2007¹³, sobre Empresas como a Bematech, que atua no setor automação bancária, é um exemplo vivo dessa parceria bem feita, porém em uma época onde não havia ainda nenhum incentivo e apoio à ação.

A empresa Bematech começou seus desenvolvimentos apoiada no uso de equipamentos e da estrutura universitária da instituição em que seus fundadores cursaram a pós-graduação. Segundo seus fundadores, essa oportunidade, obtida apenas devido à rede de contatos informal, permitiu o desenvolvimento de uma empresa de tecnologia que atualmente domina alguns mercados de tecnologia, notoriamente o de mini-impressoras, contando com mais de 1300 funcionários¹⁴. A análise dos desenvolvimentos das legislações e da produção do conhecimento científico no estrangeiro e no Brasil, apresentada anteriormente, demonstram que a busca por arcabouços legal e institucional que incentivem a inovação é uma agenda há muito discutida em países desenvolvidos e, apesar de algumas louváveis exceções, só veio a ser implementada de forma efetiva no país a partir dos fundos setoriais e, mais recentemente, da lei de inovação.

¹³ Este caso foi apresentado durante o I Workshop - Talentos para Inovação em Engenharia, realizado nos dias 23 e 24 de maio de 2007, no Hotel Estanplaza Paulista - Alameda Jaú, 497 Cerqueira César - São Paulo - SP.

¹⁴ Dados obtidos no endereço eletrônico da empresa no dia 16/02/2008: <http://www.bematech.com.br/ri/index.htm>.

Cabe ainda ressaltar que os avanços alcançados com a instituição dessas leis podem ser inócuos se não houver arranjos social e institucional que dêem suporte a elas, ou seja, um “capital social”, utilizando aí o mesmo conceito desenvolvido por Putnam (2000), onde é necessário haver uma maior cooperação e participação dos indivíduos na vida comunitária. É importante ainda ressaltar a questão da proteção do conhecimento intelectual. Tal qual apresentado anteriormente, o Brasil é um dos partícipes nas discussões e acordos internacionais desde o início das discussões marcadas pelo Acordo CUP de 1884, porém, devido a diversos fatores, o tema não foi disseminado na sociedade, principalmente na comunidade acadêmica. Um indicador desse quadro é a quantidade de patentes depositadas por universidades. Na COPPE/UFRJ, a quantidade de patentes depositadas no período de 2000 a 2008 já supera em muito a quantidade de patentes depositadas em toda a história anterior da instituição¹⁵, que foi criada em 1964.

O desenvolvimento de um dinâmico setor de inovação e produção de conhecimento e tecnologias úteis à sociedade começa a despontar com os apoios oferecidos pelos fundos setoriais, pelo arcabouço legal criado e através de novos arranjos institucionais motivados pelos fatores anteriores.

O presente trabalho busca avançar no estudo desses fatores com o foco na transferência ou transbordamento tecnológico. Usa-se o termo transbordamento em referência aos avanços tecnológicos desenvolvidos na Escola de Sagres¹⁶, em Portugal, que criou uma estratégia para expandir o reino português e converter algumas das fraquezas portuguesas à época em vantagens estratégicas. Nessa pesquisa busca-se a compreensão do ambiente de inovação tecnológica na UFRJ com o objetivo de entender os processos que podem gerar um ambiente propício à criação de empresas *spin-off*, fazendo com que o caso da Bematech, citado anteriormente, deixe de ser uma exceção através de mecanismos de melhor interação e transferência tecnológica. Pretende-se ainda que haja uma interação produtiva com grandes empresas brasileiras, que possam ter o mesmo apoio da universidade que a Petrobras teve da UFRJ, em seus projetos de prospecção e produção de petróleo na costa marinha carioca e no beneficiamento do

¹⁵ Dados fornecidos por Ricardo Silva Pereira, coordenador da Agência de Inovação Tecnológica da UFRJ, no dia 18/04/2008.

¹⁶ Responsável direto pelo planejamento e execução da expansão marítima realizada pelo Estado português. Maiores informações podem ser encontradas em Pinto (2006).

mesmo. Observa-se que tanto a Bematech quanto a Petrobras, guardadas as proporções, geraram grandes empresas que hoje trazem benefícios diretos à sociedade brasileira, através de melhorias sociais, econômicas e, espera-se que, futuramente também ambientais¹⁷, na medida que cresce a preocupação com essas questões na sociedade.

3 Proposição de modelos para inovação tecnológica universitária

O período inicial de pesquisa de campo na Universidade permitiu uma visão geral da organização institucional na área de engenharia da UFRJ e dos projetos de inovação tecnológica em desenvolvimento. Estas observações deixaram claro que há na universidade duas instâncias importantes para o desenvolvimento de novas tecnologias. Estas incluem a fundação de apoio, no caso a Fundação COPPETEC, com ações em consonância com os departamentos, as áreas administrativas da universidade, e os laboratórios que organizam seus projetos com uma relativa autonomia em relação à direção, estando esses inseridos na COPPE, instituição responsável pelas atividades de pós-graduação em engenharia da Universidade.

O mapeamento da estrutura de inovação na engenharia da UFRJ e a proposição de alterações nesse modelo, para potencializar a geração de empresas ou empreendimentos *spin-offs*, adota uma abordagem em consonância com a desenvolvida por Burg et all. (2008), que propõem um olhar pragmático sobre as tecnologias e linhas de pesquisas em andamento, tomando o cuidado para não prejudicar ou confrontar os desenvolvimentos de pesquisa básica, tradicionalmente desenvolvidos em centros de pesquisa universitários, com um direcionamento para a aplicação dos conhecimentos. Busca-se assim, aproveitar os complexos desenvolvimentos realizados na fase de pesquisa básica, transformando-os em tecnologias de simples utilização em suas aplicações finais.

¹⁷ Entendendo a questão da melhoria ambiental como sendo diretamente ligada ao uso de tecnologias menos poluentes e seguras, possível apenas através de pesquisa e inovações incrementais nas empresas e centros de P&D.

Essa configuração de três ambientes, com características e sistemas de organização, decisão e controle, a saber: a COPPE/UFRJ; o Laboratório/COPPE/UFRJ, e a relação de todos esses atores com a Fundação COPPETEC, exigiu uma abordagem compartimentada em dois módulos de análise. Esta foi realizada respeitando a ligação óbvia e direta entre as partes. A partir dessas observações, é possível afirmar que as ações ou a organização da COPPE/UFRJ tem um caráter mais multiplicador por atingir um número maior de unidades de pesquisa. Já as soluções encontradas para o Laboratório/COPPE/UFRJ, apesar de ter tido foco num laboratório específico, são passíveis de serem replicadas em outros laboratórios, inclusive em instituições diferentes, pois, acredita-se que diversos dos problemas encontrados são comuns no Brasil e na América Latina.

Assim, foi realizado um estudo da organização existente em cada caso, analisando inicialmente a COPPE/UFRJ, onde foram propostas melhorias pontuais, e um laboratório da COPPE/UFRJ, buscando analisar o ambiente de pesquisa e produção científica e tecnológica, para, a partir daí, propor um modelo de inovação tecnológica.

3.1 Modelo Organizacional de Inovação na COPPE/UFRJ: Atual e Proposição

Para essa elaboração tomou-se como base o curso de gestão de ativos intangíveis ministrado pelo professor Marcos Cavalcanti no Programa de Engenharia de Produção da COPPE/UFRJ. Este curso teve como base alguns relatórios de consultorias internacionais sobre o levantamento e contabilização dos capitais intangíveis de uma instituição e diversas referências da discussão sobre inovação e capitais intangíveis, citadas anteriormente na revisão bibliográfica. Os referidos relatórios são fortemente voltados para entender e contabilizar a capacidade de algumas empresas continuarem a se expandir e produzir mais lucro. O grande peso dado na capacidade dessas instituições inovarem, como forma de atingir o objetivo apresentado acima, torna esses estudos uma interessante fonte de metodologia de levantamento das forças e fraquezas de uma

instituição que pretende voltar-se para a inovação. Essas referências, que enriquecem e dão substância ao trabalho, estão no relatório RICARDIS¹⁸.

O relatório RICARDIS¹⁸ foi elaborado sob encomenda da Diretoria Geral de Pesquisa da União Européia, tendo como foco o estímulo à contabilização e divulgação em balanços e ou relatórios para os “atores interessados”¹⁹ nos capitais intangíveis que as pequenas e médias empresas (PMEs), intensivas em pesquisa científica, possuem. Essa pesquisa buscou a identificação de uma série de recomendações para a contabilização desses ativos e o levantamento de uma série de opções de políticas públicas para estimular essas PMEs a reportar em seus balanços seus capitais intangíveis.

Observou-se nesses trabalhos a busca por definir um modelo de levantamento e apresentação do capital social, de forma a medir a capacidade dessas empresas inovarem.

Buscou-se mapear o modelo de interações construído pelo laboratório e, a partir desse ponto, realizar uma pesquisa com diversos agentes envolvidos no processo de inovação para definir quais as lacunas a serem preenchidas para incentivar a existência de uma cultura da inovação no ambiente científico e tecnológico da COPPE/UFRJ.

O primeiro pilar que permite à COPPE formar um ambiente propício à inovação é a base acadêmica presente, por ser uma instituição de ensino e pesquisa. Essa permite a sustentação de uma estratégia de inovação, sob as seguintes bases já desenvolvidas:

- Fonte de mão-de-obra qualificada
- Atualização científica
- Modelagem

¹⁸ RICARDIS: *Reporting Intellectual Capital to Augment Research, Development and Innovation in SMEs, Directorate General for Research of the European Commission (EC.)*

¹⁹ No relatório utiliza-se o termo “Stakeholder”, que em inglês tem o sentido de pessoas ou instituições que por algum motivo têm ligação com a empresa, são esses: acionistas, clientes, colaboradores, fornecedores, etc.

Essa relação fica clara quando se busca entender a forma com que o LabH2²⁰ interage com o ambiente acadêmico da COPPE e da UFRJ. Torna-se clara a relação de mútua dependência entre os agentes, pois a UFRJ, com seus cursos, tradição e corpo docente, tem a capacidade de selecionar indivíduos de boa formação e formá-los com os conhecimentos avançados necessários ao trabalho nos laboratórios, para servirem como fonte de mão-de-obra qualificada.

Foi possível constatar que os alunos recebidos no laboratório passam a ter contato com pesquisa científica e tecnológica de ponta, fazendo com que a formação desses quadros seja mais completa e que a atualização científica dos alunos e professores orientadores esteja constantemente em curso. Esse fato deve-se principalmente à rotina de pesquisa, na qual professores, pesquisadores e alunos testam na prática novos desenvolvimentos dentro de suas áreas de formação, o que contribui para o aperfeiçoamento do próprio entendimento sobre as disciplinas ali estudadas, além de frequentemente verem-se obrigados a estudar áreas correlatas com o foco de estudos relacionado à área de trabalho em que estão envolvidos diretamente.

Durante essa etapa de trabalho científico ficou clara a importância atribuída à preparação e estudo das bases sob as quais se faria o trabalho acadêmico, passando pela preparação das hipóteses e dos modelos teóricos, onde pode-se observar claramente uma etapa onde são testadas na forma de modelagem computacional tais hipóteses e modelos. Sempre antes do início das experiências laboratoriais, utiliza-se tecnologia de simulação computacional, para diminuir ao máximo erros de cálculo, que consomem os ainda escassos recursos para pesquisa que o laboratório dispõe.

O segundo pilar em que se apóia a estratégia de inovação constituída para o laboratório está na ciência. Busca-se sempre desenvolver pesquisa científica avançada, tendo como seus principais pontos:

- Fundamentos Científicos Sólidos
- Exigência Exacerbada de Qualidade
- Colaboração Científica - Redes

²⁰ Laboratório de Hidrogênio, este faz parte do Programa de Engenharia Metalúrgica e de Materiais da COPPE/UFRJ, tendo sido estudado durante o período de pesquisa de campo.

- Interdisciplinaridade

Foi possível observar uma grande preocupação com a formação dos pesquisadores. Esses devem estudar e se manter atualizados nos assuntos referentes à sua área de pesquisa, buscando sempre um fundamento científico em revisões de artigos, livros e participação em seminários da área, fundamentando-se solidamente cada decisão de pesquisa. A elaboração das atividades de pesquisa sempre se baseiam em uma revisão científica consistente, buscando fundamentar cada passo em acordo com teorias, hipóteses e métodos, tornando-se possível observar um forte alinhamento com os métodos descritos por Lakatos (1970), onde não se tem a priori uma negação de uma linha de desenvolvimento, há o estudo para mapear todos os possíveis caminhos e só então é tomada uma decisão de qual linha ou corrente de pensamento e de desenvolvimento deve ser seguida para aquele projeto.

A segunda base consiste em direcionar esforços de pesquisa para uma produção científica de ponta. Torna-se, então, importante a política de exigência exacerbada com a qualidade. Podendo-se afirmar que essa exigência de qualidade dos trabalhos deve-se em boa parte à situação atual da COPPE, que é vista como uma instituição confiável por um grande número de empresas e pesquisadores no Brasil e no exterior.

A terceira base em que se apóia a produção científica do laboratório na COPPE/UFRJ e na sociedade científica está na formação de redes de desenvolvimento científico e tecnológico. Um exemplo dessas redes é a Rede PaCOS, organizada e gerenciada pelo LabH2. Trata-se de uma rede brasileira de desenvolvimento de pilha a combustível de oxido sólido, que reúne os principais centros de pesquisas em pilha a combustível do Brasil. Essa rede conta, atualmente, com congressos anuais e um orçamento de mais de 4 milhões de reais para impulsionar seus desenvolvimentos científicos.

As observações dos processos de interação durante o período de pesquisa de campo permitem destacar como ponto fundamental das interações não apenas a correlação entre os desenvolvimentos realizados nos diversos laboratórios. Há uma clara relação de ganho ou vantagem para os membros individualmente ao manter essas relações de cooperação. Isto é, pode-se afirmar que, apesar de discordâncias internas

variadas, tanto relativo a direcionamentos quanto a focos de pesquisa, os atores procuram entrar em acordo de forma a manter ativos os processos de colaboração e cooperação. Isso tem como fato motivador claro a percepção de ganho direto científico, tecnológico e institucional no fortalecimento dos laços de cooperação de cada ator ou instituição.

O quarto fator importante para o sucesso nas pesquisas é a grande interdisciplinaridade do laboratório. As cooperações com outros laboratórios e professores fizeram com que as linhas de pesquisas pudessem ser divididas em diferentes linhas de trabalho, passando por áreas como engenharia metalúrgica e de materiais, mecânica, mecatrônica, engenharia de transportes, eficiência energética, eletrônica, física, química, desenho industrial, engenharia de produção, belas artes, etc. Uma grande vantagem desse modelo é poder se cercar de profissionais competentes para a tomada de decisão de desenvolvimento; até mesmo para a contratação de serviços com terceiros essa interdisciplinaridade ajuda a encontrar as melhores soluções.

O quinto fator de sucesso observado é a forte e constante interação com empresas públicas e privadas. Essa interação permite uma inclinação para a pesquisa aplicada e a conseqüente inovação maior que em outras universidades, onde se destacam os seguintes pontos:

- Fundação COPPETEC
- Financiamento
- Projetos de Longo Prazo
- Programação Conjunta

A Fundação COPPETEC, formada com foco em atender a algumas demandas de companhias públicas e privadas, provendo estudos de engenharia de ponta, criou os meios materiais para uma história de cooperação para pesquisa e desenvolvimento, gerando, assim, uma cultura de gestão e controle financeiro e tributário com foco na assistência aos laboratórios. Isso permitiu o estabelecimento de contratos de pesquisa, consultoria e cooperação para o desenvolvimento de P&D com grande parte das grandes empresas instaladas no Brasil. Uma forte e longa atuação ajudou a manter os

professores e alunos atualizados nas demandas da sociedade e propiciou um direcionamento a algumas linhas de pesquisas para aplicações práticas, além de formar quadros capazes para suprir importantes demandas de profissionais nas mais variadas esferas da sociedade.

A realização de programas de P&D de longo prazo e não apenas projetos de curto prazo, permitiram atingir elevados estágios de desenvolvimento em diversos campos tecnológicos. Para o desenvolvimento e compreensão das potencialidades de uma tecnologia é necessário certo tempo de maturação. Profissionais com experiência e competência são formados ao longo do tempo e o desenvolvimento de uma linha de pesquisa consistente depende de um amplo processo de aprendizado análise e estudo. Com isso, a adoção de linhas de pesquisa por diversos laboratórios da COPPE, no que se inclui o LabH2, tem a característica de desenvolver uma mesma linha de pesquisa com um horizonte mínimo de 5 ou 10 anos, muitas vezes com diferentes parceiros. Esta característica permite um grau de especialização e de conhecimento de determinados assuntos que, não só qualifica a universidade como um todo, através dos laboratórios, a suprir as mais variadas demandas da sociedade, como permite que as tecnologias atinjam um estágio de desenvolvimento para o qual é possível, atualmente, projetar um transbordamento, para a transposição de inovações na sociedade.

A mais nova base de sustentação desse modelo de P&D é a divulgação pública. Esta se baseia nos seguintes pontos:

- Setor de Divulgação da COPPE
- Aplicação social da invenção científica
- Realidade
- Interesse de divulgação das empresas

O setor de divulgação da COPPE, criado em agosto de 1995, permite um raro meio de promoção em órgãos públicos de pesquisa brasileiros. A preparação, assessoria e divulgação dos desenvolvimentos científicos e tecnológicos permite a divulgação da cultura de excelência presente na COPPE. Para entender melhor a atuação do órgão foram feitas entrevistas com a coordenadora da assessoria de comunicação, Dominique

Ribeiro. Uma interessante questão colocada foi a de que a COPPE não realiza divulgação paga, ela trabalha apenas com mídia espontânea, ou seja, o setor de divulgação dá suporte a demandas por conhecimento dos diversos veículos de mídia.

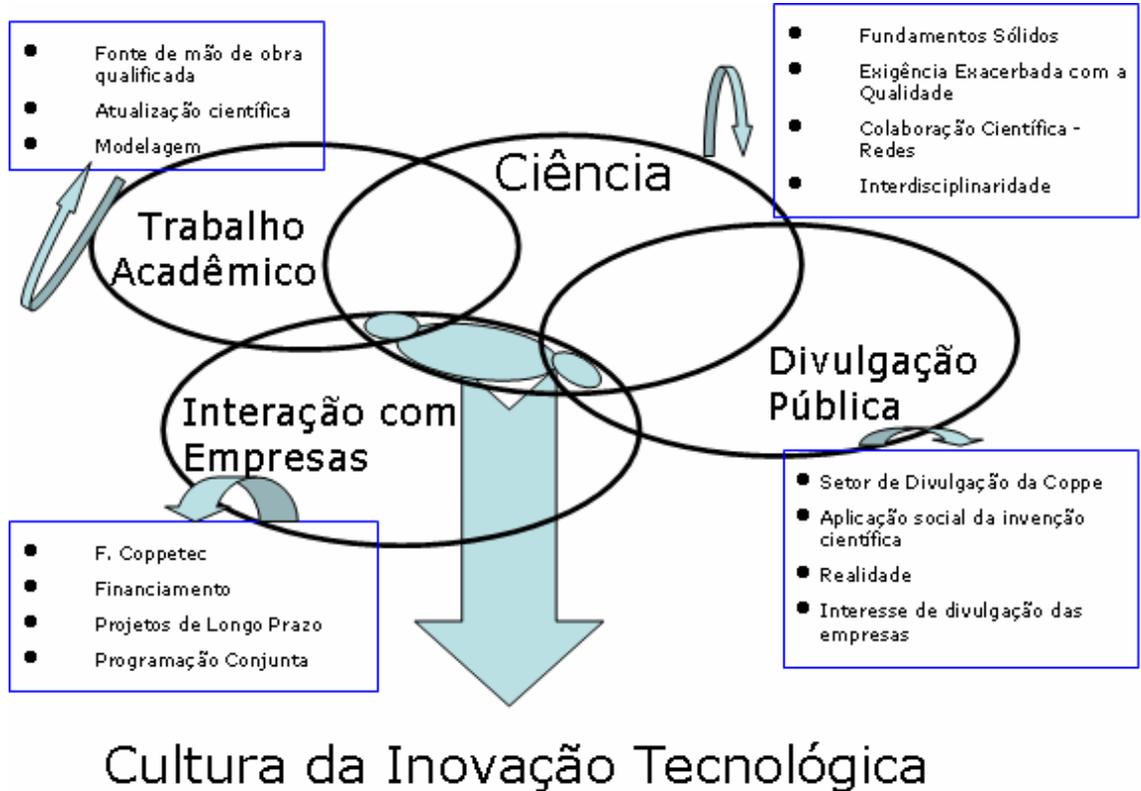
Esse trabalho, que permite traduzir a informação científica para a linguagem jornalística, ajuda a colocar a discussão dos agentes sociais novas e criativas soluções científico - tecnológicas para problemas que afligem a população. Ele viabiliza o diálogo e a abertura de caminhos e oportunidades para a promoção das pesquisas e a facilitação de seu uso social.

Um efeito colateral, não esperado de início e que surpreendeu o Coordenador do laboratório, foi à contabilização pelas empresas parceiras em pesquisas de ganhos de publicidade. Durante um desenvolvimento ainda muito preliminar de um material capaz de acumular hidrogênio em forma de hidreto, ou seja, na estrutura do metal ao invés da forma gasosa comumente empregada, em pesquisa científica aplicada que envolvia investimentos da Renault²¹, ocorreu uma divulgação espontânea em um importante jornal nacional. Esse fato foi o suficiente para o funcionário da companhia automobilística, responsável pelo acompanhamento do projeto, ligar para o coordenador da pesquisa para, agradecer pelo espaço de mídia, informando nesta oportunidade, que, apenas aquela divulgação já teria sido suficiente para justificar todo o investimento feito pela empresa no projeto. É importante ressaltar que embora ainda se esperassem mais resultados científicos positivos, a aplicação financeira feita no projeto já havia sido totalmente recompensada à empresa.

A ilustração 1 apresenta o quadro geral da cultura da inovação tecnológica, onde buscou-se uma representação para a melhor compreensão do modelo encontrado. Neste estão representadas cada uma das características encontradas e já descritas anteriormente. Os balões representam cada uma das principais características consideradas importantes para que o Laboratório, inserido na COPPE, tenha os meios materiais para a produção de conhecimento científico de qualidade, encontrando oportunidades de aplicar essas descobertas em casos reais vindos dos diversos segmentos da sociedade.

²¹ Renault- empresa francesa fabricante de automóveis.

Ilustração 1 - Modelo Organizacional de Pesquisa em Engenharias na COPPE/UFRJ (Atual)



Fonte: Elaboração em parceria com pesquisadores do LabH2

Todas essas bases apresentadas já foram construídas ao longo do tempo de desenvolvimento da equipe e do trabalho do laboratório, porém ainda falta um mecanismo de conexão dos desenvolvimentos produzidos no laboratório com sua aplicação social, tornando-se assim uma inovação, essa conexão pode se dar de duas formas:

1) a primeira com a transferência de tecnologia através dos resultados de uma interação de pesquisa com determinada empresa ou órgão governamental que participe do seu desenvolvimento, co-financiando-o e aplicando ao final do desenvolvimento os resultados para a melhoria de suas atividades.

2) o segundo quadro, que se apresentou surpreendentemente, constante nas visitas ao laboratório foco da pesquisa e aos seus parceiros, é a descoberta “acidental”, ou seja durante o desenvolvimento de um projeto o pesquisador percebe que aquilo poderia ser

desenvolvido de outra forma para trazer resultados e aplicações totalmente distintos dos inicialmente previstos pelo projeto, assim inicia-se um desenvolvimento paralelo, sem que haja prejuízo da pesquisa inicial, e muitas vezes obtêm-se resultados de interesse dos parceiros iniciais daquela linha de pesquisa e em paralelo um desenvolvimento que não interessa ou não estava no foco dos mesmos parceiros. Nesse caso é necessário haver um segundo agente no processo, as empresas *spin-off* ou os agentes de transferência de tecnologia. A ilustração 02 demonstra esse quaro:

Ilustração 2 - Formação de Novas Linhas de Pesquisa



Fonte: Elaboração própria.

Essa situação, que requer a existência de empresas *spin-off* como agentes de transferência de tecnologia, ocorre com frequência nos laboratórios pesquisados. Constatou-se nas pesquisa de campo na COPPE/UFRJ, que 44 dentre as 45 patentes recentemente depositadas pela instituição estão em aguardo seja de novos desenvolvimentos de protótipos que comprovem a sua aplicação social, seja de articulação capaz de gerar aplicações para as mesmas. Observa-se, então, claramente um vácuo entre a produção acadêmica e o desenvolvimento de inovações na sociedade. Dessa forma e, tendo como base o modelo organizacional apresentado, propõe-se a introdução de um novo fator de viabilização de inovação, a cooperação interdepartamental.

A construção de um ambiente de inovação passa pela troca e a união de esforços de diferentes profissionais, embrião do modelo da necessidade de cooperação. Este modelo propõe basicamente a aproximação dos departamentos de engenharias com os departamentos de economia, administração, contabilidade e direito. Essas escolhas partem da constatação de que dentro da UFRJ já existem grupos de excelência formados nos segmentos necessários ao desenvolvimento de inovações. Em sua grande maioria

são centros de formação de excelência, porém, como foi possível observar durante o período de pesquisa na Fundação COPPETEC, principalmente a partir de ponderações feitas por coordenadores²² da fundação, existem poucos projetos realizados em cooperação entre as faculdades listadas acima. Em uma análise preliminar, não foi possível encontrar um único caso em que as três instituições trabalharam juntas para viabilizar uma inovação.

Todo esse esforço de cooperação cria as condições de acesso às linhas de financiamento, em especial as linhas de *venture capitalists*²³ que dão a última base necessária a uma estratégia de desenvolvimento de uma inovação, criando assim as condições para o surgimento de iniciativas *spin-off*, sendo essa introduzida no modelo da ilustração 3.

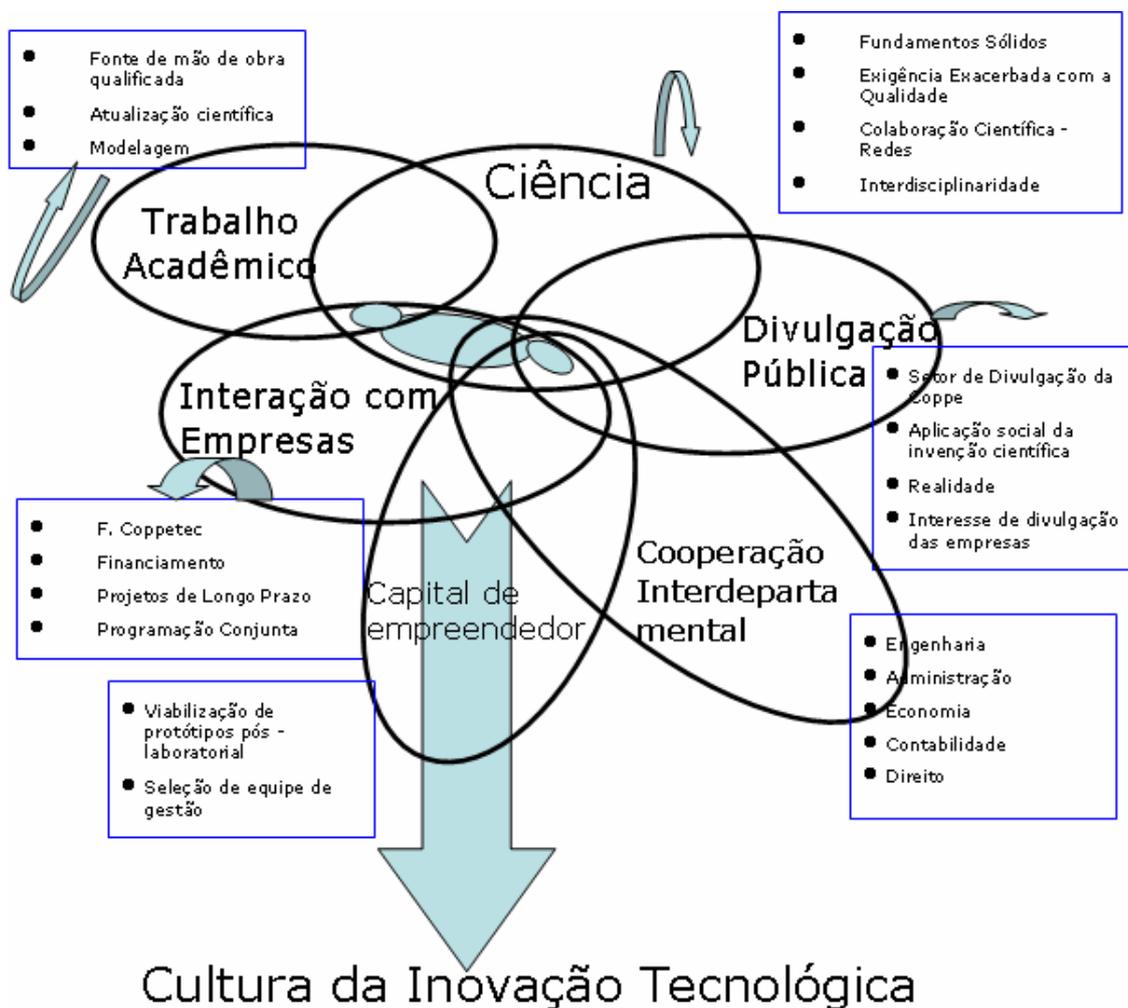
Esse capital, além de viabilizar a construção e testes finais de protótipos pós-laboratoriais e mesmo pré-industrial, onde já existe uma pequena produção sendo comercializada, possibilita a oportunidade de montar uma equipe de marketing e gestão empresarial, com um diretor (*CEO*) profissional e uma equipe que permite uma abordagem melhor e mais centrada no negócio.

É interessante apontar que, durante o trabalho de campo no laboratório, em diversas oportunidades percebeu-se que os pesquisadores, mesmo os mais empreendedores, não tinham grandes conhecimentos em elaboração de planos de negócios e estratégias de inserção no mercado, carecendo também de contatos de alto nível, sendo esse justamente o papel dos fundos de investimento de risco.

²² Foram entrevistados Andrew Harold Bott - Coordenador de Planejamento e. Informação 1-, e Alexander Herzog Cardoso - Coordenador de Planejamento e. Informação 2 - , ambos da Fundação COPPETEC.

²³ *Venture Capitalist*– Investidor profissional que gerencia o capital de terceiros, fazendo investimentos em empresas nascentes com alto potencial de crescimento em troca de parte de seu capital. O dinheiro investido é utilizado para um projeto de desenvolvimento acordado entre investidor e empreendedor de forma a criar as condições necessárias a uma alta taxa de crescimento.

Ilustração 3 - Modelo Organizacional de Pesquisa em Engenharias na COPPE/UFRJ (proposto)



Fonte: Elaboração própria em parceria com pesquisadores do LabH2

A capacidade de inovação e de adaptação a mudanças que as empresas *spin-off* possuem contabiliza os chamados “ativos intangíveis”, que são ativos que essas empresas têm e que dão suporte aos pequenos e médios empreendimentos. Segundo o relatório RICARDIS (2006) isso se reflete com peso importante na geração de empregos diretos na economia e pode encontrar nas universidades e centros de pesquisa brasileiros um ambiente propício a impulsionar o crescimento e formar as bases para uma melhoria da qualidade de vida da população.

Dessa forma, a melhoria da articulação entre os diversos setores da Universidade e a instituição de um modelo de gestão voltado não somente para a produção científica

básica, mas também para o incentivo em transformar os desenvolvimentos de pesquisa aplicada e mesmo os resultados de pesquisas básicas em inovações úteis para a sociedade, passam necessariamente pela articulação de forças internas das fundações de pesquisa e dos outros setores da própria universidade, em consonância com agentes empresariais e empresas de capital de risco. A partir dessas observações foi possível redirecionar os estudos e buscar a criação de um modelo e uma estratégia tanto para viabilizar a transformação do conhecimento produzido no Laboratório de Hidrogênio (LabH2) em melhorias na sociedade quanto na forma com que esses deveriam ser transferidas para um novo ambiente.

3.2 Modelo para o Transbordamento de Inovações por Unidade Laboratorial: Caso do Laboratório de Hidrogênio da COPPE/UFRJ

Buscou-se elaborar um modelo de desenvolvimento para inovações tecnológicas realizadas no laboratório (LabH2), que teve grande influência na sua composição e constituição da visão apresentada no item 3.1. Diferiu, porém, no que tange a abrangência das ações e número de agentes e linhas de pesquisas ali desenvolvidas. Assim, apesar de parte integrante da COPPE, este tem suas especificidades e diferenças em relação a seus congêneres. Observou-se que os modelos e estratégias de inovação apontavam para uma realidade diferente das políticas apresentadas anteriormente para a Fundação COPPETEC e para a Escola de Engenharia. Os laboratórios têm redes de cooperação e linhas de pesquisa muito distintas, no entanto têm certas características em comum, tendo algumas potencialidades por gozarem da mesma estrutura de apoio e de sua inserção em um ambiente de pesquisa rico em especialistas altamente qualificados nas mais diversas áreas.

Assim, apesar de ter centrado o campo e o modelo de inovação em um laboratório específico (o LabH2), devido à facilidade de acesso e a características de produção de tecnologia e patentes interessantes encontradas nessa unidade, acredita-se que esse modelo possa ser adaptado a outros laboratórios. É necessário, contudo, ter-se sempre em conta o cuidado para a avaliação do impacto das diferenças que

naturalmente existirão, sabendo que essas estratégias terão mais ou menos sucesso de acordo com a introdução na COPPE de novas estruturas que contribuam para a difusão de uma cultura de inovação, permitindo o bom funcionamento do modelo apresentado no capítulo 3.1.

3.2.1 Análise dos desenvolvimentos científicos existentes no LabH2 da COPPE/UFRJ

Após o período de ambientação e compreensão do modo de operação do laboratório, de seus meios de financiamento à pesquisa, gestão do conhecimento e interação com parceiros ou colaboradores, iniciou-se um processo de pesquisa e elaboração de modelos de análise para viabilidade de aplicações na sociedade das tecnologias ali desenvolvidas.

Tomando-se cada linha de pesquisa, foi feita uma análise inicial que rememorava o processo de produção e de desenvolvimento de cada trabalho ou pesquisa, tendo como primeira questão: que problema essa tecnologia busca resolver? Essa pergunta nunca era feita diretamente, buscava-se uma resposta em meio aos momentos de convivência no laboratório, em intervalos entre a realização dos ensaios ou em momentos de espera para que uma etapa de determinado experimento termine e comece outra. Dessa forma buscou-se entender o que o pesquisador realmente vê como aplicação futura daqueles experimentos ou linhas de pesquisa, se essas continuarão por muito tempo com um uso apenas laboratorial ou se existe uma aplicação social para determinada técnica ou produto.

Essa abordagem foi utilizada com o objetivo de estudar não apenas o produto final das tecnologias. Parte-se do princípio de que, em um processo de produção de conhecimento de alto nível as etapas de desenvolvimento podem conter inovações tão grandes quanto o produto final.

Com essa hipótese em mente, objetivou-se compreender a aplicação e a inserção dos equipamentos e processos de pesquisa desenvolvidos no laboratório em comparação a processos similares utilizados na indústria para as mais diversas aplicações.

Ao instigar o pesquisador a pensar nessas questões buscou-se obter a ajuda deste no posicionamento da linha de pesquisa, da tecnologia fora do ambiente acadêmico, inserido em um processo de inovação e produção de cenários de aplicação inovativa das linhas de pesquisa.

A primeira premissa para a construção desse estudo foi o entendimento de que uma nova tecnologia ou pesquisa científica, antes de tudo, vem para resolver uma inquietação do cientista sobre um tema específico e cria potencialidade para ser aplicada em um problema colocado pelos atuais padrões de produção, de organização de processos, produtos, serviços ou entraves tecnológicos.

Os seis primeiros meses de pesquisa após a ambientação serviram para fazer um apanhado das tecnologias em desenvolvimento, compreender como os pesquisadores enxergam o desenvolvimento dessas no futuro e, a partir da coleta desses dados, foi possível gerar uma tabela comparativa (tabela 03) com os principais dados sobre a tecnologia e suas possíveis áreas de aplicação.

Ao reunir todas as tecnologias ou linhas de pesquisa em um quadro buscou-se a definição de parâmetros para a abordagem da estratégia de transferência ou formação de empresas *spin-off* do laboratório, de maneira a pesquisar quais são as melhores oportunidades de desenvolvimento na sociedade, quais atendem as três premissas estabelecidas para desenvolvimentos apresentadas anteriormente, a saber: Rentabilidade ou sustentabilidade econômica; Sustentabilidade ambiental; Responsabilidade Social²⁴.

²⁴ O termo “Responsabilidade Social” refere-se à adoção de práticas e processos na implementação da tecnologia que não causem impactos negativos aos trabalhadores e consumidores de determinado produto ou processo.

Tabela 3 – Descrição e Primeiro Instrumento de comparação entre Tecnologias em desenvolvimento

Tecnologia	O que ela faz?	Para que serve	Onde poderia ser usado?
Reator de pirólise a plasma Patente: PI0305309-1	Usa gás natural (ou outros gases) para produzir Negro de fumo e H2. O produto principal e o sub-produto, dentre negro de fumo e hidrogênio, dependerá do modelo de negócios escolhido.	Negro de fumo: insumo para indústria	1. Pneus 2. Mangueiras e correias 3. Tintas de impressão, papel carbono, aditivo de plásticos, fabricação de pilhas secas
		H2: 1. Insumo para indústria petroquímica, química, alimentícia, metalúrgica. 2. Fonte de energia em pilhas a combustível e em baterias de hidreto metálico	H2 como matéria prima gasosa de diversas cadeias industriais. Combustível para ônibus, automóveis, navios, locomotivas, etc. e para equipamentos, como computadores, celulares, etc.
		Pode gerar eteno ou etano a partir do metano para a obtenção de óxido de eteno	Importante matéria prima da indústria química
Sistema de controle para veículos elétricos híbridos	Gerencia o funcionamento e uso energético do veículo	Manejo de energia do veículo	Construção de veículos não poluentes
Sistema de tração para veículo híbrido elétrico-álcool (Primeira patente em processo de depósito)	Permite o uso de veículos não poluentes e mais eficientes no manejo energético, utilizando etanol como combustível.	Serve de plataforma de sistemas auxiliar e de tração para veículos pesados híbridos a álcool, conectados à rede de energia elétrica.	
Detecção e monitoramento de hidrogênio Patente: PI 0403197-0	Detecta hidrogênio em materiais	Detectar e medir a concentração de hidrogênio contido no interior de materiais	Indústrias químicas, petroquímicas; metalúrgicas; de peças (automobilística, naval, ferramentaria, etc)
	Detecta hidrogênio gasoso	Detectar e medir a concentração de hidrogênio em um ambiente	
Pilha a combustível de óxido sólido	Gera energia, alimentada diretamente com etanol	Geração distribuída de energia elétrica e calor	Uso em: veículos; empresas e em lugares remotos

(Pacos) alimentada diretamente com gases ricos em metano ou com etanol	Gera energia, alimentada diretamente com gás natural		Usos residenciais, industriais e remoto
	Gera energia, alimentada diretamente com biogás		Empresas de agricultura e pecuária
	Produz hidrocarbonetos, alimentada diretamente com etanol	Produção de hidrocarbonetos tipo C2	Indústrias químicas
Materiais para armazenamento de hidrogênio a base de hidretos metálicos	Substituição com vantagem de cilindros de H ₂ ,	Armazenar H ₂	Transporte de H ₂
Nitretação iônica por plasma pulsado	Proteção de aços contra a fragilização por H ₂	Melhora a resistência à fadiga e protege contra corrosão	Indústria de transformação em geral
	criação de filtros para H ₂ em ligas metálicas	Cria barreiras a outros elementos que não o H ₂	Materiais para armazenamento ou filtro de H ₂
Pilha a combustível de eletrólito sólido usando espelho chaveado	Geração de energia	Geração de energia elétrica em temperatura ambiente	Usos estacionários e móveis diversos
Célula fotovoltaica baseada em espelho chaveado	Geração de energia	Geração de energia elétrica	Qualquer lugar com incidência de sol
Materiais com efeito memória de forma para acionamento mecânico remoto	Para abertura e fechamento de poço de petróleo em águas profundas	Acionamento e atuação remota	Indústria: do petróleo de energia
Equipamentos para uso laboratorial	Reatores de tratamentos a plasma	Tratamento superficial de ligas metálicas	Engenharia de superfície
	Equipamento de Sievert	Medição de absorção e dessorção de H ₂ em materiais	Laboratórios científicos

Fonte: Elaboração própria com base nas pesquisas realizadas em campo e em análises das patentes depositadas pelo laboratório²⁵.

²⁵ Patentes listadas na bibliografia no tópico 9.1 Lista de patentes consultadas.

3.2.2 O modelo de desenvolvimento e transferência de inovações

A listagem dessas tecnologias apresentadas na tabela 3 permite uma visão mais centrada em cada tecnologia e, ao mesmo tempo, ter uma idéia do todo. Esse exercício permite a avaliação do potencial de desenvolvimentos das tecnologias e a partir dessa pesquisa é possível desenhar um modelo a ser aplicado, tendo como principais linhas de construção as constatações levantadas durante o processo de trabalho de campo, dispostas resumidamente a seguir:

- O laboratório possui um grande número de linhas de pesquisas e potenciais inovações;
- Existe um fator comum, a busca pelo uso energético do hidrogênio e a resolução de problemas causados pela fragilização por hidrogênio;
- A maioria das tecnologias ainda está em estágio laboratorial, sendo necessário a prototipação pré-industrial;
- Não existe a vontade por parte do principal pesquisador de participar ativamente em atividades empresariais;
- Existe a vontade por parte do pesquisador principal e da maioria dos outros pesquisadores de transferir as tecnologias para uso social;
- Existe a vontade de depois de haver essa transferência continuar atuando na pesquisa e melhoria dos sistemas;
- Os pesquisadores não têm idéia clara de como fazer o processo de transferência tecnológica nem a quem recorrer para a viabilização deste.

A partir da formação do quadro das tecnologias e a pesquisa responsável pelas constatações apresentadas anteriormente extraem-se as seguintes conclusões:

- É preciso montar uma plataforma de prototipação e viabilização tecnológica para a sociedade;
- São necessários novos recursos para a execução dessa etapa;

- A gestão dessa plataforma deve ser suficientemente independente para ter autonomia de realizar parcerias acordos e outras atividades sem ter que recorrer sempre à equipe do laboratório;
- Apesar da relativa autonomia, as pessoas que trabalham nessa nova plataforma têm de estar em contato constante com o laboratório em relação a questões técnicas e discutindo ações futuras.

O estudo passa ainda pela análise dos avanços do marco regulatório brasileiro e do olhar para o que aconteceu e está acontecendo no mundo, onde destacam-se as já citadas lei de inovação 02/12/2004 (Lei nº 10.973) e a lei estadunidense 97-219 de 22 de julho de 1982, ambas regulam e destinam recursos públicos para a pesquisa e desenvolvimento em empresas. Demonstrando que, apesar de ter sido promulgada com duas décadas de atraso em relação aos Estados Unidos a lei de inovação passa a abrir diversas possibilidades para a pesquisa brasileira e seu desenvolvimento segundo as premissas apresentadas no Manual de Oslo (2004²⁶), com o desenvolvimento desta na forma de inovação na sociedade.

Dessa forma foi possível a construção de um modelo de desenvolvimento de prototipação, proteção da propriedade intelectual e viabilização social de tecnologias desenvolvidas no laboratório.

Para a formação deste modelo, inicialmente foi realizado o levantamento e compreensão do papel de cada tecnologia ou linha de pesquisa e suas possíveis aplicações práticas, sendo esta, uma análise ainda preliminar de potencial de aplicação, onde optou-se por reunir as informações na forma do quadro 03.

Após essa etapa, realiza-se a Avaliação Prévia, a qual consiste basicamente na constatação de que existem uma ou mais tecnologias viáveis para uso social e que atendam ainda aos requisitos apresentados anteriormente. Na etapa de Avaliação Prévia, busca-se escolher até quatro tecnologias que estejam em final de

²⁶ Traduzido em 2004 sob a responsabilidade da FINEP — Financiadora de Estudos e Projetos — das edições originais em inglês e francês publicadas sob os títulos: *The Measurement of Scientific and Technological Activities — Proposed Guidelines for Collecting and Interpreting Technological Innovation Data: Oslo Manual* / *La mesure des activités scientifiques et technologiques — Principes directeurs proposés pour le recueil et l'interprétation des données sur l'innovation technologique: Manuel d'Oslo*.

desenvolvimento ou mesmo em fins de prototipação, apresentando-se à primeira vista como opções possíveis de desenvolvimento como negócio. Esta é dividida em três outras etapas: Técnica; Econômica; Financeira.

A análise de Viabilidade Técnica tem o objetivo de fazer uma comparação prévia com tecnologias concorrentes já estabelecidas, observando as principais vantagens e desvantagens e, assim, estabelecer o estágio de desenvolvimento necessário para o protótipo e, numa avaliação prévia, identificar se trata-se ou não de uma inovação.

A Sustentabilidade Financeira procura avaliar a capacidade de geração de caixa projetada para a inovação, estabelecendo assim o tempo necessário para que esta entre em regime e se esta é uma inovação de curto, médio ou longo prazo.

A avaliação Econômica consiste na busca de mecanismos de financiamento e produção de estimativas para custos de implementação até que a empresa entre em regime, com capacidade própria de desenvolvimento. Busca-se definir o quanto projetar-se ser necessário investir e por quanto tempo para que o negócio comesse a obter margem de lucro.

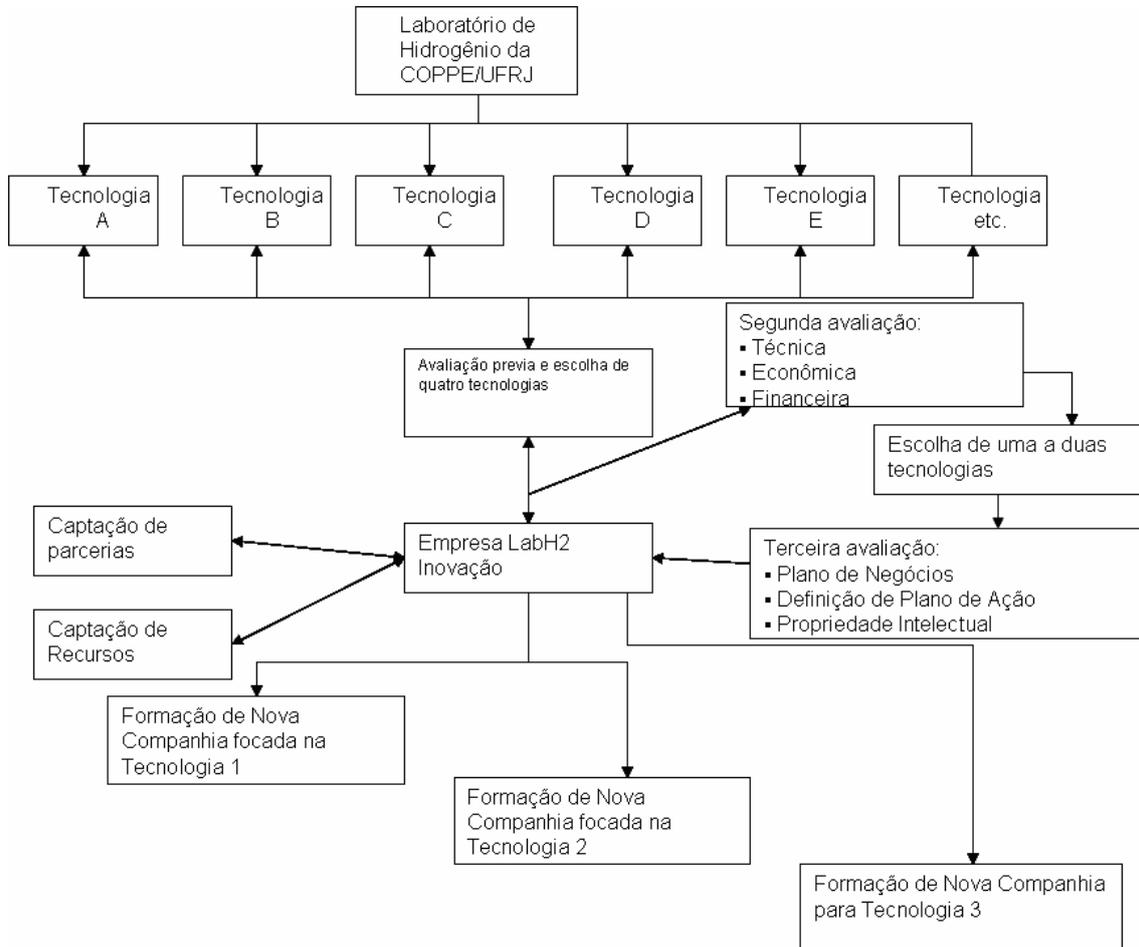
A partir da definição da tecnologia ou das tecnologias escolhidas e, de posse dos estudos preliminares apontados anteriormente, busca-se a realização de um Plano de Ação e um Plano de Negócios e de uma Avaliação da Propriedade Intelectual. No plano de ação serão discutidas as possibilidades de fontes de financiamento, uma estratégia de abordagem a estas e o mapeamento dos parceiros e a estratégia de busca e convencimento dos mesmos. O Plano de Negócios será o documento produzido com base em boa parte do que foi reunido nos estudos anteriores, porém de forma resumida e direta, contando ainda com muitos dos resultados do estudo de Plano de Ação. Esses documentos são “irmãos” e destinam-se a atividades paralelas, uma vez que para a captação de recursos e para a captação de parceiros será de suma importância o plano de negócios. Durante esse processo de avaliação é interessante observar o domínio da Propriedade Intelectual, quais são as restrições impostas ou possíveis em caso de co-titularidade de patentes, a dificuldade ou não do processo de licenciamento e o impacto

dos *royalties* (caso haja necessidade de pagamento) na formação de preços e na sustentabilidade da futura empresa.

Procura-se escolher uma única tecnologia ou no máximo duas, partindo do princípio que uma estará em fim de prototipação e só começará a entrar em uso comercial após algum tempo. A partir dessas escolhas e de posse de um plano de negócios bem elaborado, é possível articular a criação de uma empresa para desenvolver e introduzir essa ou essas inovação/inovações no mercado. O período de estudo e elaboração desses documentos e o conhecimento gerado durante esse processo, contribuem para a formação de uma estratégia de captação de recursos, necessários ao processo de prototipação e captação de negócios. Esses recursos são direcionados a potencializar ou mesmo viabilizar o início dos negócios, não havendo lucro para os empreendedores nessa etapa.

O modelo de geração de inovação foi desenvolvido na forma do esquema apresentado na ilustração 04, o qual engloba cada uma das etapas do desenvolvimento, previstas e citadas anteriormente e busca permitir uma melhor visualização do modelo. Admitindo-se que durante o processo de execução algumas etapas podem se sobrepor pelos mais diversos motivos, entendendo, porém, que o foco final em apenas uma ou duas tecnologia para iniciar a aplicação social de fato é essencial.

Ilustração 4 - Modelo de Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia a partir do LabH2



Fonte: Elaboração própria.

O desenvolvimento do modelo, apresentado na ilustração 04, pressupõe que após a entrada em operação e início de faturamento com a Tecnologia 1 esta seria transferida para uma empresa *spin-off*. Essa nova empresa proporcionaria a saúde financeira e a estrutura administrativa montada na empresa de transferência e prototipação (LabH2 Inovação), potencializando e viabilizando outras *spin-offs* tecnológicas seguindo o mesmo modelo apresentado, porém com o suporte de um caso de sucesso e mesmo o apoio de todo o capital social arregimentado durante a implantação do primeiro projeto, o que seguramente terá grande influência na formação de uma nova estratégia de inovação.

É interessante ressaltar aqui que o capital social está em linha com as definições de Loury (1976) e que se beneficia da formação do capital intelectual formado a partir de um movimento maior, o da lei de Inovação. Esse movimento começa a incutir em diversas esferas da sociedade algumas idéias de cooperação necessárias ao desenvolvimento de um arranjo social, parecido com o apontado por Putnam (1997) e desenvolvidos sob o modelo geral do tripé Governo – Empresa – Universidade defendido por Etzkowitz e Leydesdorff (1996), buscando a união e o benefício mútuo através da união de esforços e competências, fazendo da cooperação entre os agentes um dos importantes motores da melhoria dos padrões sócio econômicos de dada região.

4 Técnicas Experimentais e Resultados

A primeira fase da pesquisa de campo foi basicamente a ambientação e a observação da área de trabalho e das relações ali construídas. Ela tem como objetivo entender melhor o ambiente laboratorial, as relações de hierarquia, troca de experiência, objetivos e motivações que permeiam a rotina do desenvolvimento das pesquisas e que se estendem para a COPPE.

Procurou-se, além da entrevista e discussão constante com os coordenadores e chefes de pesquisa, buscar compreender qual era a percepção dos técnicos e alunos de graduação, mestrado e doutorado das possíveis áreas de aplicação do que estava sendo desenvolvido ali.

O principal objetivo dessa etapa era observar se os mesmos objetivos e percepções eram compartilhados pela equipe e principalmente, quais eram as motivações de cada indivíduo, sempre com o objetivo de estabelecer padrões de comportamento.

Buscou-se observar se os grupos de alunos de graduação mestrado e doutorado tinham objetivos muito dispares ou se compunham um grupo relativamente coeso,

compartilhado nesse ambiente de objetivos comuns ou se os principais objetivos têm posições antagônicas.

Buscou-se ainda uma compreensão, ainda que superficial, dos processos de produção de resultados ou testes de cada linha de pesquisa de trabalho realizado no laboratório. Procurando entender quais eram os procedimentos de pesquisa, quais etapas eram normalmente seguidas e qual a relação que cada uma dessas etapas poderia ter com a preparação das tecnologias para um ambiente de inovação tecnológica.

Ao analisar a rotina do processo de produção de ciência no laboratório, foi possível destacar alguns dos principais entraves ao desenvolvimento de pesquisa de ponta. Duas questões interessantes ocorriam constantemente no laboratório; a primeira foi a constatação da dificuldade de se obter informações precisas para a realização de escolha e compra de equipamentos; a segunda foi a dificuldade ou a quase inexistência de fabricantes nacionais de equipamentos de ponta para pesquisa científica.

A dificuldade de informação deve-se a diversos fatores internos e externos ao laboratório. O primeiro entrave é a língua, sabendo que a maioria dos equipamentos em pesquisas de ponta, ou seja, pesquisas que buscam desenvolver tecnologias ainda pouco estudadas no mundo, têm como seus fabricantes empresas ou instituições estrangeiras, havendo ainda, poucas representações destas no Brasil, o pesquisador tem a dificuldade natural da língua estrangeira para aprofundar dúvidas.

Essa dificuldade torna-se ainda maior devido à estrutura que normalmente compõe os quadros dos laboratórios, que tem um número muito grande de alunos de graduação, mestrado e doutorado, que muitas vezes não têm a experiência para executar algumas dessas tarefas com presteza e exatidão.

Esse problema é particularmente complicado quando se trata de questões referentes à importação. A fundação de apoio, a COPPETEC, desempenha um importante papel de auxílio nessa fase, no entanto, é necessário que se cumpra um rito de especificação dos materiais e pedido de uma série de documentos para que a fundação exerça seu trabalho. Durante o período de pesquisa para o desenvolvimento do equipamento de Sievert, apresentado no item 4.1, e durante todo o tempo de pesquisa de

campo no laboratório, notou-se que a principal mão-de-obra do laboratório, os alunos, que representam 80% do seu pessoal, não está devidamente qualificada para cumprir totalmente esse rito. Isto é, saber escolher o material ou equipamento que desejam, porém, não têm muita noção do processo necessário para que este seja adquirido. Para corroborar com essa observação pode-se citar o caso em que um aluno, ora denominado de X, realizou todo o processo de seleção e tomada de preço, tendo solicitado a aquisição do equipamento, porém este demorou aproximadamente um mês a mais para que o pedido fosse realmente feito. Isto ocorreu por falta do pedido de uma *proforma invoice*²⁷, tendo uma demora suplementar por falta de assinatura do coordenador no momento de entrada do pedido na COPPE e, por fim, após o recebimento do equipamento, com alguns meses de atraso e já prejudicando o andamento da pesquisa, foi observado que na fase de prestação de contas o aluno não havia entregue a nota fiscal à COPPETEC após o recebimento da mercadoria. Esse problema foi sanado no laboratório devido ao estabelecimento de uma rotina de conduta obrigatória e após a contratação de uma gerente de projeto que passou a controlar essas questões. Assim, novos alunos passaram a se reportar a essa pessoa, aliviando a pressão de trabalho do coordenador de um laboratório com diversas linhas de pesquisa.

Para a segunda questão, a falta de fornecedores de equipamento nacional, levantaram-se algumas hipóteses:

- Existem poucos fabricantes de boa qualidade no mundo.
- Muitos equipamentos requerem o *ender user* (certificado de usuário final)
- Existe uma forte barreira de entrada nesse seguimento, principalmente devido ao tamanho do mercado brasileiro.
- Existe uma barreira à entrada devido à demanda dos compradores por equipamentos de reputação de bom funcionamento, para se ter uma garantia de legitimidade dos dados obtidos.
- A pouca disponibilidade de capital para o desenvolvimento desses equipamentos.

²⁷ Documento emitido pela empresa vendedora, necessário para iniciar um processo de importação.

- A falta de cultura de se desenvolver equipamentos científicos até o ponto em que seja possível colocá-lo no mercado.
- A inexistência de redes de colaboração para o desenvolvimento de equipamentos laboratoriais.

Ao apresentar essas hipóteses ao chefe do laboratório este propôs uma abordagem interessante, tomando-se por base três linhas de pesquisa buscou-se observar nelas a quantidade de equipamentos nacionais e a facilidade em se realizar as compras futuras. Foram selecionadas as seguintes linhas de pesquisa: *Produção de hidrogênio e carbono através do processo de pirólise a plasma; armazenamento de hidrogênio em materiais amorfos; produção de pilha combustível de Óxido sólido.*

Para avaliar o nível de dependência a tecnologias importadas de cada linha de pesquisa, tomou-se como base o número de equipamentos específicos encomendados para a realização dos ensaios. Entende-se “equipamento específico” como sendo um equipamento que não é possível encontrar usualmente no mercado, havendo a necessidade de ser fabricado sob demanda e características específicas, com produção em pequena escala.

A primeira tecnologia a ser analisada foi a linha de pesquisa de produção de hidrogênio através de pirólise a plasma. Essa apresentou uma média de 40% dos equipamentos nas condições acima propostas, o que se concentra basicamente em fluxímetros de precisão, importantes para o controle e medição do fornecimento de gases e para ajuste das válvulas. Essas últimas, apesar de algumas serem produzidas no Brasil têm tecnologia estrangeira e são fornecidas por empresas estrangeiras instaladas no Brasil sob demanda específica. Os outros 50% são basicamente reatores, tubos e câmaras em aço inoxidável onde ocorrem as reações e os sistemas de eletrônica de potência para alimentação elétrica do sistema e formação e manutenção do plasma. É importante ressaltar que esses equipamentos só foram fabricados no Brasil porque foram projetados no laboratório e produzidos de acordo com os modelos desenvolvidos com o auxílio do funcionário responsável por projetos de *design* do mesmo.

Durante esse processo de pesquisa foi possível identificar um equipamento que foi desenvolvido para ser utilizado na linha de pesquisa de produção de materiais para

armazenamento de hidrogênio, esse é chamado de Equipamento de Sievert, e foi desenvolvido devido a necessidade de se testar a capacidade de absorção e de dessorção de hidrogênio em ligas metálicas produzidas pelo processo de solidificação rápida, usando o equipamento de *melt-spinning*, o qual foi produzido na Alemanha sob encomenda,, de acordo com especificações dadas pelo grupo de pesquisa brasileiro.

O que motivou o laboratório a desenvolver o equipamento de Sievert foi o fato de seu custo ultrapassar cem mil dólares. O desenvolvimento no Brasil de um protótipo inicial não ultrapassou cinquenta mil dólares, apesar de se ter que importar algumas partes, foi possível o desenvolvimento de duas teses de Doutorado, patentes e publicações nacionais e internacionais com esse equipamento. Esse desenvolvimento proporcionou uma grande facilidade de manutenção e uma importante versatilidade na introdução de novas funções. Isto porque os responsáveis pela produção do conhecimento não estavam tão distantes quanto no caso, por exemplo, do equipamento alemão de *melt-spinning*, que não sofreu nenhuma modificação desde sua compra, principalmente devido à dificuldades, tais como os elevados custos de uma interação para realização de pequenas melhorias e a limitação na abertura de informações técnicas sensíveis, devido a questões comerciais de proteção tecnológica.

4.1 A preparação do equipamento de Sievert para transferência tecnológica

Na pesquisa desenvolvida nos primeiros meses de trabalho no laboratório buscou-se medir a dependência deste a produtos importados, obtendo-se alguns resultados interessantes que permitiram comparar o custo de alguns equipamentos desenvolvidos internamente, sem pretensão de comercialização, com os similares adquiridos para as linhas de pesquisa internas do laboratório.

É importante ressaltar que a produção desse equipamento não vem de uma motivação para o desenvolvimento de equipamentos nacionais ou de internalização de conhecimento. Esses foram feitos basicamente por duas razões apontadas por todos os entrevistados no laboratório, o atendimento rápido e com custo reduzido de

necessidades das linhas de pesquisa e a versatilidade e possibilidade de se fazer os ajustes necessários aos testes dos materiais que estavam sendo desenvolvidos, dessa forma surgiu a primeira versão do equipamento de Sievert.

Esse equipamento foi desenvolvido ainda devido ao seu custo de aquisição, em torno de cem mil dólares, que à época do primeiro protótipo montaria algo em torno de 350 mil reais, sendo ainda necessário a contabilização dos custos de importação e de preparação do ambiente para receber o equipamento, tais como capela, bomba de vácuo e seus respectivos sistemas. O laboratório não tinha a disponibilidade de recursos para realizar essa compra, que seria ainda acrescida dos custos de importação e do custo de treinamento de uso, sendo necessário enviar um pesquisador à sede do fabricante para realizar o curso ou pagar pela realização de um curso no Brasil.

A outra opção seria aceitar o desafio de projetar um equipamento que atendesse às necessidades desse desenvolvimento. A opção de desenvolver o equipamento contava ainda com o fato de que todos os envolvidos nesse processo já tinham o apoio de bolsas de pesquisa fornecidas pelo CNPq, contabilizando-se no projeto apenas os custos com alguns serviços contratados a terceiros e partes adquiridas no Brasil e exterior.

Essa condição permitiu que fosse desenvolvida uma versão inicial com um custo de aproximadamente 15% daquele ao que seria pago pelo equipamento importado. Essa afirmação tem por base o estudo realizado pela COPPE/UFRJ para a aquisição de um equipamento para um outro laboratório do mesmo departamento a que pertence o LabH2, este laboratório está sob o comando do professor Dilson Silva dos Santos²⁸. Havendo assim demanda, proximidade ou conhecimento de mercado e um fator de comparação seguro, porém, esse produzido pelo LabH2, não contava ainda com um longo período de testes e aperfeiçoamento que havia na versão estrangeira, sendo necessário um período de testes, comparação e validação da eficiência do projeto.

O período de testes foi realizado em paralelo ao desenvolvimento da pesquisa e só foi possível devido à rede de colaboração com outras instituições de pesquisa,

²⁸ Dilson Silva dos Santos é professor da COPPE/UFRJ, seu e-mail é dilson@metalmat.ufrj.br e seu telefone para contato: 55 - 21 - 2562-8502, os contatos feitos para observação do equipamento e comparação de preços foram realizados ao longo do segundo semestre do ano de 2006.

desenvolvida pelo laboratório ao longo de alguns anos. Através dessas redes de pesquisa foi possível realizar testes simultâneos com amostras de uma mesma liga que havia sido produzida no laboratório. Esses testes foram realizados em um equipamento produzido por uma empresa dos Estados Unidos e em um equipamento produzido na Europa. O objetivo dessa etapa foi à prova de eficiência de operação e medição do equipamento produzido. Ao realizar esses testes simultâneos com o mesmo material e comparando os resultados obtidos, era possível atestar a eficiência do equipamento nacional.

Assim, o desenvolvimento do equipamento foi realizado segundo o mesmo processo apontado por Teece et al. (1996) como *learning by doing*²⁹, apesar de todo esse trabalho realizado o equipamento ainda tinha características de protótipo e não de um produto capaz de se inserir competitivamente no mercado.

Após todo esse levantamento, ficou claro que havia a necessidade e o mercado para a produção e venda do equipamento no Brasil a custos reduzidos, iniciando-se assim, o desenvolvimento de uma versão automatizada e de uso mais fácil, que culminou no projeto apresentado na ilustração 5. Há uma reprodução gerada por computador da última versão do protótipo de laboratório que está atualmente em fase final de projeto.

Partiu-se, então, para a segunda fase de desenvolvimento, a preparação do equipamento para o atendimento às necessidades do mercado.

Os protótipos produzidos em laboratório eram eficientes na medição, mas, principalmente devido às constantes modificações e ajustes durante o processo de desenvolvimento, tomou-se a opção pelo reduzido uso de sistemas automáticos de operação, fazendo com que o equipamento necessitasse de uma grande atenção do pesquisador para executar manualmente diversas etapas do experimento.

Essa característica trazia certo desconforto ao pesquisador, pois os testes são longos, fazendo-se necessária a presença e atenção de técnicos e pesquisadores durante freqüentes intervalos de tempo.

²⁹ Conceito apresentado no artigo de Teece et al. (1996), busca definir a inovação realizada durante ou por conta de um processo de produção de determinado bem.

Dessa forma tomou-se o desafio de se projetar um novo equipamento com a ajuda da equipe de pesquisa que operava o equipamento para suas pesquisas, um engenheiro mecânico, um engenheiro químico e alguns integrantes de outros projetos em andamento no laboratório. Optou-se por realizar um projeto utilizando as técnicas de engenharia simultânea, Entende-se engenharia simultânea segundo Zancul (2006), como “a formação de equipes multifuncionais de desenvolvimento (Clark e Wheelwright, 1993), a estruturação do processo de desenvolvimento em *stage gates* (Cooper, 1990)” com a formação de equipes de profissionais de diferentes formações.

Além desses profissionais, o projeto contou com o apoio de Christian Gomes, na elaboração gráfica das partes integrantes do projeto, utilizando CAD para, em cooperação com os pesquisadores usuários da tecnologia e os engenheiros responsáveis pelos diversos sistemas do projeto, desenhar a montagem e as opções de segurança e operação.

Ilustração 5 - Design Final para o Equipamento de Sievert



Fonte: Elaboração própria, com auxílio do pessoal de *design* do LabH2.

Esse desenvolvimento exemplifica claramente a necessidade de implementação do modelo proposto para o laboratório. Ao se analisar as linhas de pesquisa e os equipamentos, produtos e processos que delas são diretamente ou indiretamente derivados foi possível encontrar um rico ambiente para a solução de questões da comunidade científica diretamente ligada a esses e por vezes da sociedade, destacando-se que essas oportunidades não são necessariamente percebidas pelos integrantes da linha de pesquisa, sendo necessário alguém com outro olhar sobre o problema para conseguir visualizar as “oportunidades escondidas”.

Esta iniciativa de prospecção e de preparação da estratégia, das associações e do levantamento de necessidade de capital e de mão-de-obra, deverá beneficiar-se da rede formada durante os desenvolvimentos laboratoriais. Estas serão necessárias ao desenvolvimento do protótipo de laboratório, no entanto, para não distanciar os pesquisadores de seu foco de pesquisa é interessante que existam outras pessoas responsáveis pela coordenação desse processo.

4.1.1 Levantamento bibliográfico e estudo de mercado

O primeiro passo de desenvolvimento foi a realização de um estudo bibliográfico e de mercado que servisse como base para a tomada de decisão durante o projeto e como parâmetro de comparação com os protótipos laboratoriais existentes.

Durante o processo de levantamento bibliográfico foi possível observar que são poucas as publicações sobre a construção e projetos de desenvolvimento de tal equipamento, as principais referências estavam no uso desse equipamento em pesquisas científicas, com a exceção do trabalho de Brinks et. all. (2006), que apresenta uma interessante descrição da elaboração de um projeto de pesquisa em que se desenvolveu e se construiu um equipamento de Sievert com controle eletrônico que aparentemente utiliza válvulas acionadas por ar comprimido e na descrição de equipamentos produzidos pelo departamento de física do “Institute for Energy Technology” (IFE), da Noruega, produzido em 2006.

Foi possível observar que existem fabricantes desse equipamento nos Estados Unidos, no Japão e na União Européia, estando o mercado bem abastecido dessa tecnologia, porém a preços muito elevados para os padrões brasileiros e da maioria dos países em desenvolvimento. O valor unitário do equipamento variava de US\$ 110.000,00 a US\$ 250.000,00, sendo esse valor referente apenas ao custo de aquisição, sendo necessário ainda contabilizar as despesas com encargos de importação, montagem da estrutura para receber o equipamento e de treinamento para operação do sistema.

Com base nos dados coletados buscou-se estimar os custos de produção do protótipo laboratorial e, a partir desse estudo, observar ou não a viabilidade do desenvolvimento de uma versão para transferência ao mercado.

O estudo de custos foi facilitado pelo controle de gastos em projetos monitorado pela Fundação COPPETEC. A partir desse controle e da análise do equipamento em uso no laboratório foi possível selecionar os principais componentes que agregariam custos

ao equipamento, passando à segunda etapa de atualização dos valores com solicitação de novas propostas de fornecimento de tais equipamentos. Essas demonstraram um custo global da ordem de US\$ 10.000,00 para a reconstrução do modelo mecânico utilizado no laboratório. Porém, os equipamentos comercializados no mundo tinham sistemas automáticos ou semi-automáticos. Acredita-se que isso se deve principalmente às características dos experimentos que costumam ser longos e com um equipamento automático ou semi-automático é possível programar a execução de um teste sem que seja necessária a presença constante do pesquisador.

Obteve-se ainda a contribuição da equipe que realizava testes no equipamento, que ressaltou como um fato muito interessante à possibilidade de se colocar uma amostra e programar toda a rotina de testes, sendo necessário apenas o acompanhamento preventivo de segurança e não a operação durante diversas etapas do ensaio e solicitou ainda um sistema de controle e medição de vácuo para a realização de testes de dessorção a baixa pressão.

Com base nessa pesquisa optou-se pela construção de uma plataforma eletrônica de controle. Porém, a construção dessa plataforma dependia de uma rotina de operação, ainda não formalizada e da definição de novas válvulas de controle operadas eletricamente ou a ar comprimido, diferente das válvulas mecânicas do tipo “válvula agulha”, presentes no equipamento anterior.

Nesse ponto encontrou-se a primeira barreira ao desenvolvimento, referente à não existência no mercado de válvulas tipo agulha automáticas com a precisão necessária à operação do equipamento, sendo necessária a busca de novas opções de controle de gases.

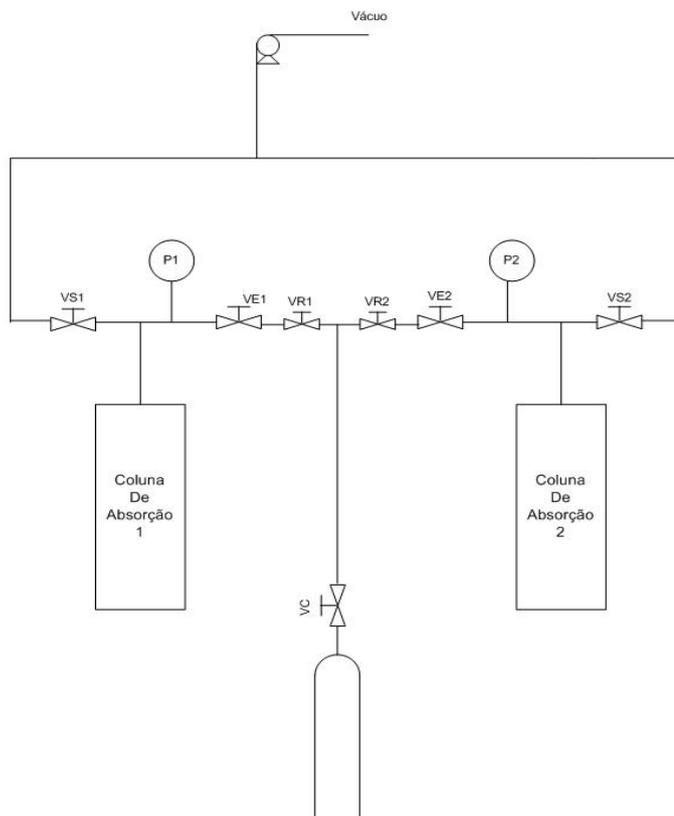
Após uma longa pesquisa, que se beneficiou em muito da experiência adquirida e dos contatos realizados para o projeto das linhas de gases do Ônibus Híbrido Movido a Hidrogênio, outro projeto desenvolvido no laboratório, obtiveram-se três opções interessantes: *as válvulas solenóide fabricadas pela empresa Rotarex; os controladores de massa com válvula embutida fabricados pela empresa Emerson; e as válvulas de diafragma a ar comprimido fabricadas pela Swagelok.*

Observou-se que todas as empresas possível fornecedoras de válvulas eram estrangeiras e que não foi possível encontrar um fabricante brasileiro que fabricasse uma válvula adequada a essa utilização, ficando clara uma barreira de transação ao desenvolvimento de soluções nacionais como o equipamento aqui descrito.

Após o levantamento e esgotamento das opções de válvulas de controle, voltou-se a atenção para o cálculo do volume de reatores e linhas de gases do protótipo para seguir esse padrão no projeto do novo equipamento e o levantamento dos volumes e modos de acionamento de sistemas de medição para aquisição de dados.

Observou-se que o correto cálculo de volumes dependia do projeto de distribuição de linhas de gases, o que levou a se fazer um desenho básico do projeto, que se encontra na ilustração 6 e o início do desenho das partes em CAD de modo a facilitar a tomada de decisão para essa montagem.

Ilustração 6 - Desenho básico de linhas de gases e reatores



Fonte: Elaboração própria.

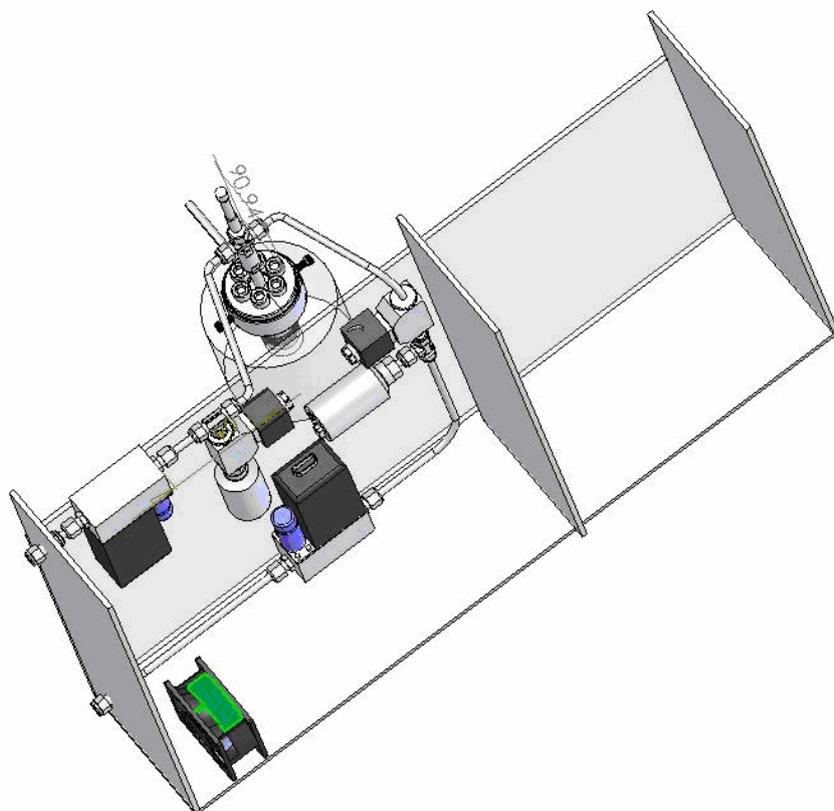
Esse esquema comportava apenas o sistema de gases e, ainda que preliminar, serviu de parâmetro e modelo para a realização de discussões sobre tipo e localização de componentes bem como a tomada de decisão de número e modelos de equipamentos de medição.

Em paralelo aos cálculos, consultas a fornecedores e estudo de operação dos equipamentos selecionados, algumas partes, como o reator de testes e o sistema de acoplamento deste ao equipamento, estavam sendo desenhados em CAD.

Destacou-se novamente a dificuldade na obtenção de determinados equipamentos, havendo ainda a necessidade de se enviar documentos para o Departamento de Defesa dos Estados Unidos afirmando que a pesquisa não tinha fins militares, do contrário esse departamento não autorizaria a exportação de algumas válvulas com controle eletrônico.

Apenas no oitavo mês de pesquisa foi possível começar a projetar o desenho do equipamento, buscando atingir metas estabelecidas previamente através dos cálculos realizados com base no protótipo. A ilustração 6 apresenta um desenho já adiantado desse processo, com válvulas linhas de gases e reator já em CAD e o início do projeto de equipamentos auxiliares, como o sistema de refrigeração interna da área do sistema de gases.

Ilustração 7 - Desenho de partes da linha de gases em escala real do equipamento



Fonte: Elaborada pelo autor com o auxílio do *designer* gráfico do LabH2.

O primeiro desafio do projeto foi a tomada de opção por um sistema puramente eletrônico - elétrico ou um sistema eletrônico - elétrico – mecânico a ar comprimido. A princípio buscou-se a opção de uso do acionamento apenas elétrico. Essa decisão foi tomada com base em três aparentes vantagens: a primeira era o fato de que em um equipamento que não necessitasse de ar comprimido se reduziria a quantidade de equipamentos e partes a serem trabalhadas; a segunda era sobre a necessidade de espaço ocupada pelo sistema acionado a ar comprimido; o terceiro motivo estava relacionado com o conhecimento do equipamento, já que a válvula acionada eletricamente estava sendo estudada para uso em outro projeto maior, o que permitia um entendimento maior do sistema de funcionamento.

Após a definição das partes, partiu-se para os cálculos de volume do reator da linha de gases e do impacto das conexões no volume útil de gás na linha em que a amostra estaria sendo testada.

A essa etapa, seguiu-se a elaboração de uma rotina de controle e operação que deveria tornar tangíveis as operações realizadas pelo pesquisador em uma rotina automática, em que o operador teria apenas a necessidade de inserir as variáveis que deseja e o programa, a partir dos pontos de testes inseridos pelo pesquisador, ajustaria uma rotina de ações de modo que o experimento fosse realizado automaticamente, sem portanto, os erros causados por um maior ou menor tempo de abertura de uma válvula.

O projeto foi assim totalmente concebido. Sua execução física começou com a compra de algumas partes, o início de desenvolvimento do software e a usinagem ou construção de componentes. Porém, um dos principais componentes, as válvulas selecionadas, não foram fornecidas pela empresa estrangeira, apesar de se terem recebido orçamentos, *proforma invoice* e outros dados, tanto técnicos quanto comerciais, havendo inclusive o pedido formal de compra, o qual nunca foi respondido nem negativamente, nem positivamente.

Esse estranho obstáculo, estranho por não se tratar de problema financeiro ou técnico, não permitiu a construção de um protótipo. Algumas hipóteses foram levantadas para o ocorrido: a primeira é a falta de interesse na venda de um número muito pequeno de componentes; a segunda refere-se à falta de interesse em vender um equipamento de ponta a um centro de pesquisa estrangeiro que tem capacidade para realizar engenharia reversa e produzir autonomamente tal instrumento; e a terceira é o bloqueio à exportação por órgãos do Estado produtor, pois apesar de servir a uma aplicação pacífica, o componente teria aplicações militares por nós desconhecidas.

A resolução desses problemas iniciou-se com a elaboração de um pequeno projeto que pretende selecionar um motor de passo com um comando eletrônico e uma conexão a válvula agulha atualmente utilizada no equipamento mecânico através de uma conexão com torquímetro, permitindo controlar o nível de torque e a velocidade e grau de abertura da válvula, contando ainda com a utilização de fluxímetros na entrada e na saída, garantindo assim medidas mais precisas.

Esses problemas inesperados impediram a realização do projeto no tempo de uma tese de mestrado, porém criou a motivação para a geração e absorção de uma nova

tecnologia, a tecnologia de atuadores eletrônicos para válvulas de precisão laboratorial, que atualmente não foi possível encontrar no Brasil.

4.2 Ônibus Híbrido a Hidrogênio

Atualmente a sociedade vem sofrendo as conseqüências do mal uso de sua matriz energética. Em particular, a utilização de fontes de energia fóssil tem um forte impacto na poluição do ar e na emissão de gases de efeito estufa. O resultado disso é o crescimento do número de pessoas com doenças respiratórias e cardiovasculares, bem como do número de mortes (TOYOSHIMA et al. 2005, MENDES 1993, MARTINS et al. 2002, GOUVEIA et al.2006, ESTEVES et al. 2004).

Segundo o pesquisador e professor da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo e chefe do Laboratório de Poluição, Paulo Hilário Nascimento Saldiva - que participara do módulo sobre VE e Meio Ambiente - os governos pagam um custo muito alto na saúde pública com o tratamento de doenças relacionadas à poluição. Ele cita como exemplo que os Estados Unidos decidiram ser mais exigentes com a questão do meio ambiente, inclusive adotando ônibus elétricos no transporte público de Nova York, por uma simples matemática financeira. “Para cada dólar gasto com mitigação da poluição, eles deixam de gastar oito dólares em saúde”, afirma o pesquisador.

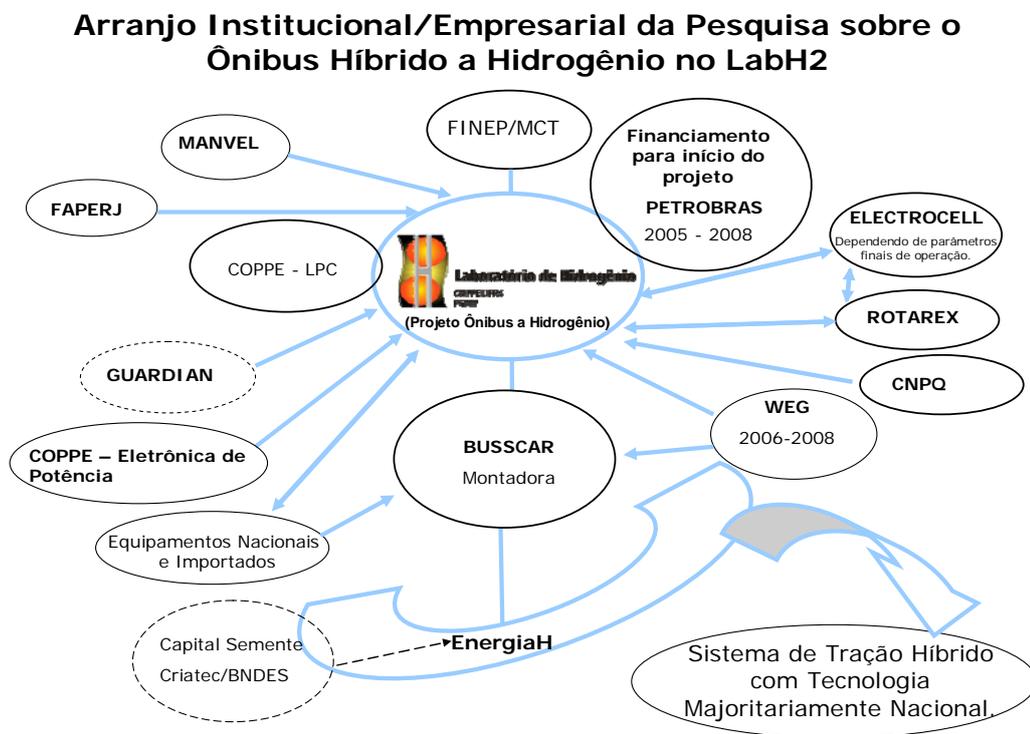
A mitigação dos efeitos da poluição atmosférica sobre a saúde humana poderia ser obtida através da gradual substituição de sua matriz energética fóssil por fontes renováveis de energia alternativa. A geração de energia a partir da biomassa, do vento, da luz solar (térmica e fotovoltaica) e do hidrogênio são alguns exemplos de fontes renováveis de energia alternativa. Além de serem vistas como ambientalmente corretas, elas possuem a vantagem de estarem abundantemente disponíveis no meio-ambiente.

Entretanto, muitas dessas fontes de energia alternativa encontram entraves no que concerne a sua viabilidade econômica, principalmente em capacidade de escala. Aos poucos, porém, a adoção de fontes de energia alternativa renovável foi se tornando

factível muito em função, de um lado, pelas diferentes conjunturas que mostraram riscos objetivos de colapso energético; e de outro, pelos avanços da pesquisa científica (TOLMASQUIM 2003, SILVA et al. 2007). Dentre estas se destaca o hidrogênio, que dependendo das suas condições de produção e uso, são responsáveis por uma emissão nula de dióxido de carbono à atmosfera, além de proporcionarem uma autonomia energética para os países e nações.

O desenvolvimento do projeto do ônibus a hidrogênio é o exemplo de um sistema de colaboração em rede que se beneficiou do modelo apresentado no capítulo 3.1. Esse foi potencializado principalmente pela questão da propaganda, sendo esse o primeiro projeto em que ocorreu um benefício real do sistema de propaganda da COPPE. Esse fator foi essencial para agregação de parceiros em um projeto com orçamento fortemente deficitário. A ilustração 7 apresenta um quadro de relações que demonstra a complexidade e a necessidade de formação de uma rede de capital social, agregando assim diversos parceiros que proporcionaram, não só o desenvolvimento de diversos sistemas inovadores, mas também o aperfeiçoamento e a internalização de diversas tecnologias nas empresas parceiras, capacitando-as à realização de novos projetos, em cooperação ou não com o laboratório. Este, sob a concepção do autor desta tese, e que representa um dos maiores benefícios aos parceiros do projeto, é a geração de conhecimento, porque o conhecimento, depois de transferido, não há condições reais de impedir que ele se transforme em algo novo.

Ilustração 8 - Arranjo Institucional / Empresarial da Pesquisa sobre o Ônibus Híbrido a Hidrogênio no LabH2



Fonte: Elaboração própria.

4.2.1 O MERCADO DE ÔNIBUS MOVIDO A HIDROGÊNIO NO MUNDO

O hidrogênio pode ser obtido de diversas e diferentes fontes, incluindo combustíveis fósseis, recursos renováveis (energia eólica, energia solar, biomassa), reações termoquímicas assistidas por energia nuclear ou solar, eletrólise ou métodos biológicos. Ele pode ser utilizado para diversos fins comerciais, dentre eles destacam-se a síntese da amônia, o hidrocrackeamento do petróleo, síntese do metanol, síntese do ciclohexano, bem como combustível para veículos que possuem certos tipos de pilha a combustível. As Tabela 2 e 3 apresentam algumas informações de projetos já executados no mundo, com modelos de ônibus híbridos com pilha a combustível

existentes no mercado mundial, havendo aí o cuidado de se observar que o custo informado foi um custo de montagem de protótipo, não sendo possível despende apenas esse valor para aquisição e operação dos veículos.

Tabela 4 - Características de alguns modelos de ônibus movido a hidrogênio

Fabricante	Modelo	Velocidade máxima	Alcance com tanque cheio	Preço do ônibus (em mil)	Eficiência	Capacidade de passageiros
ENOVA ³⁰	Hyunday FC	-	288 km	US\$ 3.500		27 sentados
Gillig e Ballard	Gillig low floor	-	-	US\$ 3.500		37 assentos ou 29 assentos e 2 cadeiras de rodas
M.A.N.	M.A.N Lion's City H – 150kW e 200kWe	80 km/h	220 Km		22,7kg/100km	Até 83 pessoas
New Flyer	-	90 km/h	500 km	US\$ 2.300		
Toyota	Toyota Hino FCHV	80 km/h	350 km		9,55kg/100km	63 pessoas
SCANIA		80 km/h				
Van Hool ³¹	Van Hool A330 Low Floor	104 km/hr (65 mph)	482 km a 563 km	US\$ 3.200	11,4kg/100km	15 em pé e 30 sentados (ou 26 e duas cadeiras de roda)

Fonte: Elaboração própria em conjunto com Rafael de Jesus Gonçalves³² (agosto/2007)

Tabela 5 - Tecnologia e empresas desenvolvedoras

Tecnologia	Empresas	Site
Pilha a combustível	UTC Power	http://www.utcpower.com/
	NovoCell Energy Systems	http://www.novocell-energias.com.br/
	Hydrogenics	http://hydrogenics.com/
	De Nora	http://www.denora.it/
	Ballard Power Systems	http://www.ballard.com/

³⁰ O preço é baseado na informação disponível em: < <http://www.carlist.com/blog/?p=283> > Data de acesso: 18/08/2007

³¹ Informação disponível em: < <http://www.chfcc.org/FuelCellBus/busspecs.asp> > Data de acesso: 28/08/2007

³² Formado em economia na UFRJ, discente do curso de mestrado em Engenharia de produção na UFRJ.

Sistema de integração	ISE Corp.	http://www.isecorp.com/
	Ansaldo Ricerche	http://www.ansaldoricerche.it/fusione/home.htm
Sistema de Armazenamento de Hidrogênio	SAPIO	http://www.grupposapio.it/
	Dynetek	http://www.dynetek.com/
	Air Liquide	http://www.airliquide.com/
Chassi e Motor	SCANIA	http://www.scania.com/
	VOLVO	http://www.volvo.com/group/global/en-gb
	BUSSCAR	http://www.busscar.com.br/ing/
	Daimler Chrysler	http://www.daimlerchrysler.com/
	Volkswagen	http://www.volkswagen.com/
	Man Nutzfahrzeuge Group	http://www.man-engines.com/en/en.jsp
	New Flyer	http://www.newflyer.com/
Baterias	Siemens	http://w1.siemens.com/en/entry.html
Supercapacitores	Maxwell	http://www.maxwell.com/
Inversores	American Superconductor Corp.	http://www.amsuper.com/

Fonte: Elaboração própria em conjunto com Rafael de Jesus Gonçalves

4.2.2 A frota brasileira

Em 2007, de acordo com o Departamento Nacional de Trânsito³³ (DENATRAN) a frota brasileira era de 357.984 ônibus. O DENATRAN não disponibiliza o ano de fabricação da frota por tipo de veículo, entretanto, se considerarmos a frota de veículos agregada³⁴, observaremos que mais de 40% da frota possui mais de 10 anos de fabricação o que demonstra a necessidade de renovação da frota.

O panorama apresentado pelo DENATRAN demonstra que há um número significativo de veículos e se adotarmos o cálculo de emissões médias de um veículo urbano, considerando um consumo de 1,5 l/km (litros por quilometro), ele será de aproximadamente de 100 t/ano (toneladas ano), aplicados em apenas 50% da frota, chega-se a marca de 17.899.200 t/ano de material poluente liberados na atmosfera.

³³ Informações acessadas no endereço eletrônico do órgão, estando estas disponíveis em: <<http://www.infoseg.gov.br/renaest/detalheNoticia.do?noticia.codigo=120>>, dados obtidos em: 15/08/2007.

³⁴ Isso inclui veículos de passeio, caminhões, etc.

4.2.3 Projeções Futuras – 2010 a 2030

As projeções futuras apresentadas neste documento têm como base o relatório intitulado “The Economics of a European Hydrogenic Automotive Infrastructure”, encomendado pela Linde AG a E4Tech³⁵ e disponível em 14 de Fevereiro de 2005. A E4Tech é uma firma de consultoria baseada no Reino Unido e na Suíça que trabalha na área de energia sustentável. A Linde AG é uma companhia líder mundial nos segmentos de gás industrial e engenharia com sede em Wiesbaden, Alemanha.

A análise contempla um modelo de investimento, custo e retorno para uma infraestrutura do hidrogênio, que se estende de 2010 a 2030, para suportar a comercialização de carros movidos a hidrogênio na Europa. Isso inclui o montante de hidrogênio que será requerido para a frota de veículo, a magnitude dos custos associados com sua produção, distribuição e transporte, fluxos de caixa para diferentes atores durante os períodos de tempo sobre consideração e a magnitude de investimentos em diferentes países.

De forma a produzir um modelo para investigar essas questões, foi necessário levar em conta uma ampla gama de hipóteses. Isso surge devido à falta de dados, incerteza no que concerne ao futuro ou para garantir que o modelo é gerenciável. São levadas em consideração hipóteses com relação à demanda por hidrogênio, veículos movidos a hidrogênio, investimento em infra-estrutura, a penetração de veículos e as áreas urbanas escolhidas.

A demanda por hidrogênio é assumida como proveniente dos carros movidos a hidrogênio vendidos no mercado consumidor. A questão da demanda que leva ao fornecimento é crucial para solucionar problemas do risco de investimento em infra-estruturas de fornecimento novas, mas o objetivo da análise é investigar os custos de infra-estrutura, portanto a E4Tech optou por tratar a demanda como uma variável

³⁵ <http://www.e4tech.com/>

exógena. Eles utilizaram cenários de penetração para o período de 2010-2030 a partir de projeto EU HyWays³⁶ em andamento.

Esses cenários de penetração de veículos são baseados no número de carros de passageiros e assumem que veículos movidos a hidrogênio começarão a entrar em volume de produção em 2012. Os primeiros veículos serão vendidos a partir de 2013. Isso é consistente com diversos fabricantes automotivos que sugerem possuir veículos prontos entre o período de 2008-2012. O estudo assume que veículos movidos a hidrogênio estarão disponíveis inicialmente somente em certas áreas, permitindo o desenvolvimento de uma infra-estrutura em certos aglomerados de demanda, ao invés de muito espalhado. Os custos de produção de veículos não são considerados na análise visto que o risco deste investimento, bem como os custos e receitas serão assumidos pelos fabricantes de veículos.

Considerou-se que serão necessários três anos para financiar, criar, encomendar e iniciar o funcionamento de uma planta relevante. Os autores consideram esta hipótese conservadora – muita da infra-estrutura pode ser construída mais rapidamente – mas também levam em conta, de certa maneira, a questão da provisão suficiente de estações de reabastecimento de hidrogênio para o conforto dos consumidores. Não foi possível achar uma indicação definitiva da penetração da infra-estrutura requerida para consumidores não se sentirem restringidos, portanto foi tomada uma visão cautelosa. O desenvolvimento de tecnologias atuais como os sistemas de GPS e telemáticos, deve permitir que estações de reabastecimento sejam facilmente encontradas no futuro.

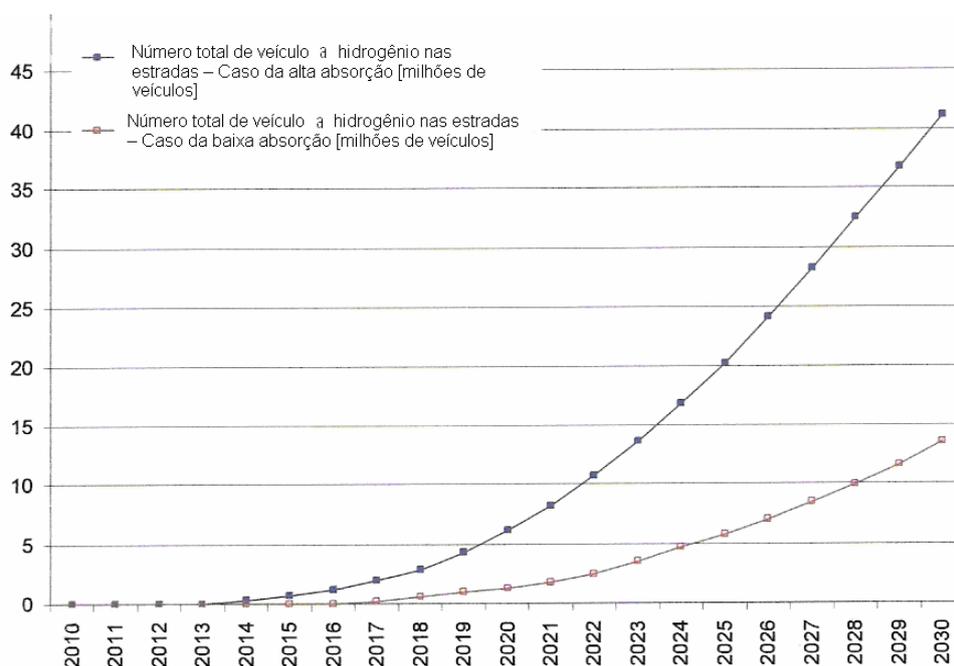
A penetração de veículos – e, portanto, infra-estrutura – é dividida em fases, na qual diferentes cidades, países e rodovias de ligação são consideradas. Essa é uma simplificação de crescimento orgânico completo da infra-estrutura em que uma estação de abastecimento de hidrogênio pode ser construída em qualquer localização a qualquer momento. A hipótese é feita já que é considerado altamente favorável que o lançamento de veículos e da infra-estrutura ocorrerá de forma coordenada, para evitar recursos sendo distribuídos de forma tênue sobre uma ampla área.

³⁶ <http://www.hyways.de/>

As áreas urbanas escolhidas para a venda de veículos são realizadas sobre uma base parcialmente arbitrária tendo em vista a população ou a proximidade a fornecedores de automóveis e não levam em consideração fatores cruciais potenciais como regimes fiscais locais, incentivos políticos, localização de plantas de produção de veículos ou similares.

Assim sendo, dois cenários são analisados para proporcionar perspectivas de desenvolvimento da infra-estrutura. No primeiro cenário simplesmente foram selecionadas áreas de alta densidade populacional em certos países Europeus e com isso estimou-se a necessidade de veículos e a infra-estrutura necessária à implantação do uso veicular. Em ambos é considerada a possibilidade, uma alta e uma baixa, de absorção de serviços e produtos pertencentes à cadeia produtiva do hidrogênio. A Taxa de absorção é muito semelhante nos dois cenários. O gráfico 4 apresenta os cenários de penetração para veículos movidos a hidrogênio na Europa no primeiro cenário.

Gráfico 4 - Cenários de penetração para veículos movidos a hidrogênio na Europa



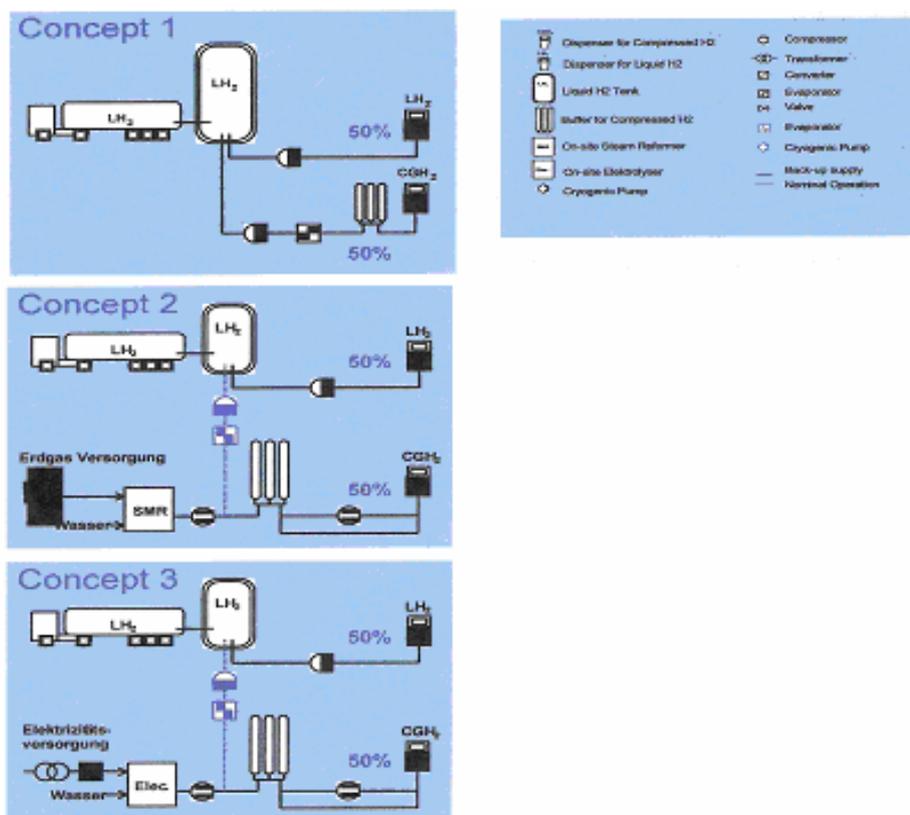
Fonte: Hart, D., 2005

Sobre este cenário, assume-se que 40 milhões de veículos irão penetrar nos países selecionados por volta de 2030 em uma condição de elevada absorção, requerendo 7 milhões de toneladas do combustível hidrogênio. O montante total de investimento depende pesadamente no conceito específico de abastecimento em consideração. Foram considerados três conceitos que podem ser observados na ilustração 9.

No primeiro a produção é basicamente centralizada, com o hidrogênio sendo produzido pelo processo de reforma a vapor e liquefação do metano em larga escala, antes de ser distribuído para as estações de abastecimento por tanques. Metade deste está na forma de hidrogênio gasoso, o resto na forma de hidrogênio líquido. Hidrogênio gasoso é, portanto, fornecido aos veículos. Este foi um dos fatores relevantes para a análise da tecnologia de pirólise a plasma, item 4.3 deste trabalho, quando se observa sua viabilidade para a produção distribuída.

O segundo conceito inclui metade do hidrogênio suprido como no primeiro conceito, mas conta com pequenos reformadores a vapor de pequena escala para proporcionar o resto. O terceiro conceito é similar ao segundo, mas eletrolisadores são utilizados no lugar de reformadores a vapor. A figura 5 procura demonstrar os três conceitos utilizados.

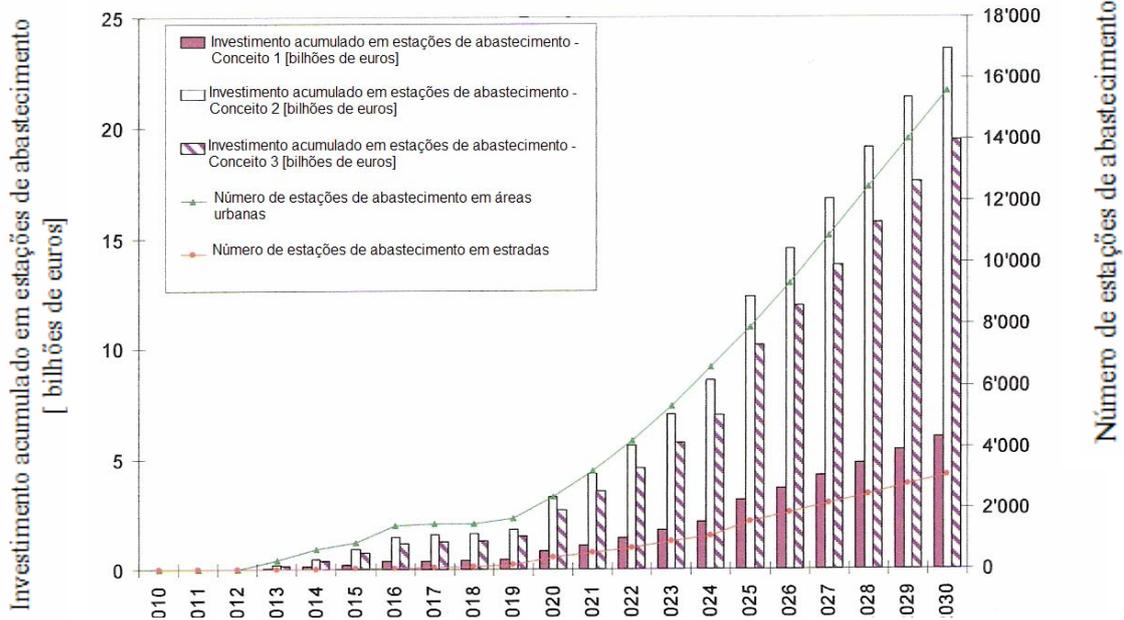
Ilustração 9 - Conceitos de abastecimento para veículos a hidrogênio



Fonte: Hart, D., 2005

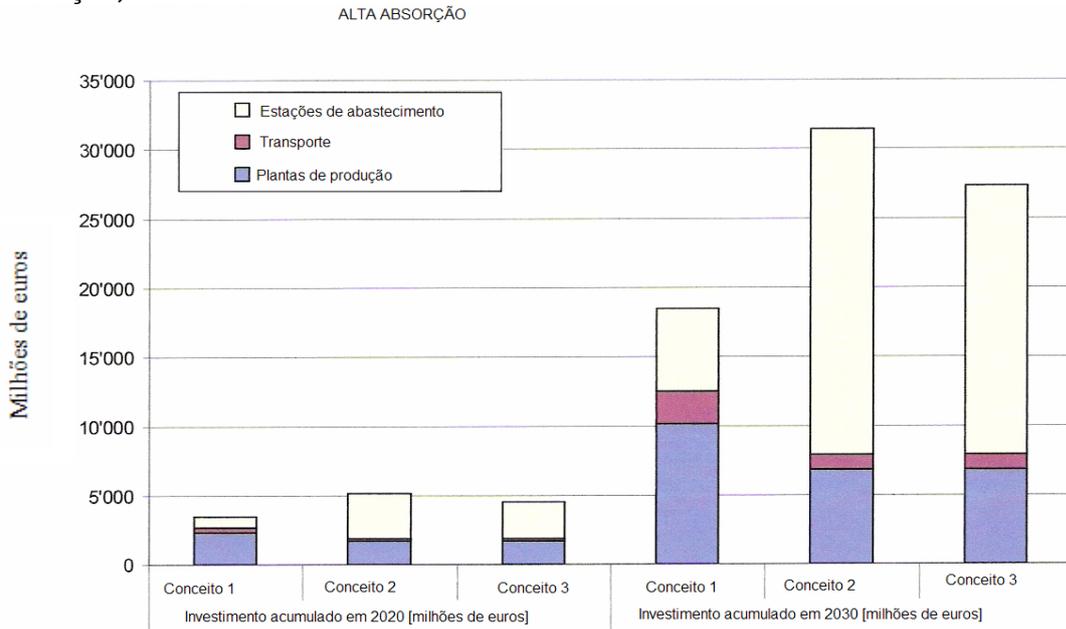
A construção de 16.000 estações de reabastecimento urbanas e 3.000 outras nas rodovias requeridas para suportar esses veículos poderá custar o pequeno montante de 6 bilhões de euros, ou tanto quanto 24 bilhões de euros com estações de reabastecimento por eletrólise no próprio. No caso da cifra mais elevada, o investimento em infraestrutura pode ser aproximado de 1 bilhão de euros por ano, distribuídos entre todos os países europeus participantes. Para comparação com outros projetos de infra-estrutura, a extensão da banda larga para áreas rurais na Suécia custou 4,4 bilhões de euros e as licenças da terceira geração de telefones móveis no Reino Unido foram leiloadas por aproximadamente 35 bilhões de euros. O gráfico 5 apresenta o montante total de investimento em estações de abastecimento no primeiro cenário com uma alta absorção e nos diferentes conceitos. O gráfico 6 apresenta o total de investimento para produção, distribuição e transporte no caso do primeiro cenário e alta absorção.

Gráfico 5 - Número de estações de abastecimento e o investimento associado para alta absorção e diferentes conceitos de abastecimentos, cenário 1



Fonte: Hart, D., 2005

Gráfico 6 - Total de investimento dividido pela produção, distribuição e transporte; alta absorção, cenário 1

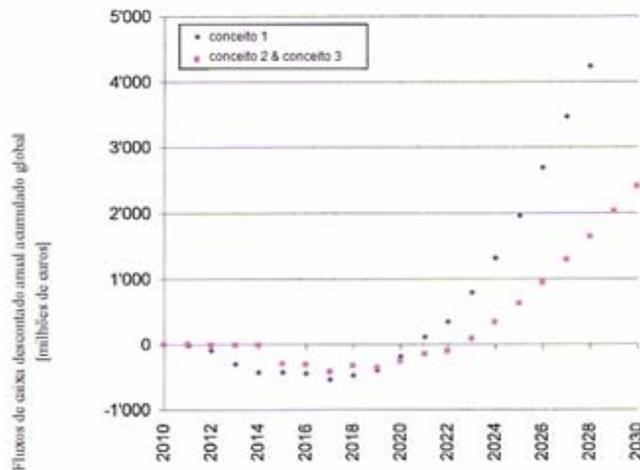


Fonte: Hart, D., 2005

Os fluxos de caixa associados com esses diferentes cenários sugerem que um resultado positivo pode ser alcançado em aproximadamente dez anos a partir do investimento inicial em linha de base retilínea. Os gráfico 7 e 8 apresentam o *break-*

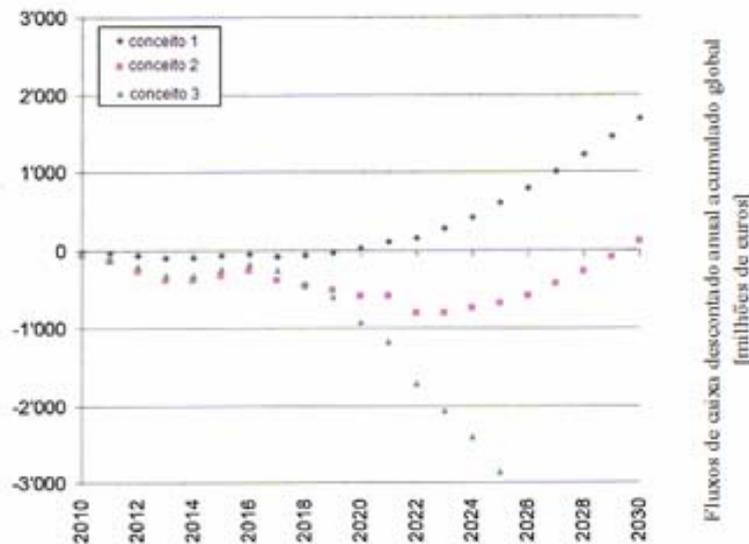
even para um produtor/transportador e para um distribuidor. Apenas no caso do distribuidor e no conceito 3 temos uma evolução do fluxo de caixa para um resultado negativo.

Gráfico 7 - Break-even³⁷ para um produtor / transportador na Europa, conceito 1, 2 e 3, alta absorção, cenário 1



Fonte: Hart, D., 2005

Gráfico 8 - Break-even³⁸ para apenas um distribuidor na Europa, conceito 1, 2 e 3, alta absorção, cenário 1



Fonte: Hart, D., 2005

³⁷ Termo comumente empregado para se referir ao ponto na curva de custos em que o investimento passa a gerar retorno financeiro, sendo portanto uma atividade sustentável economicamente.

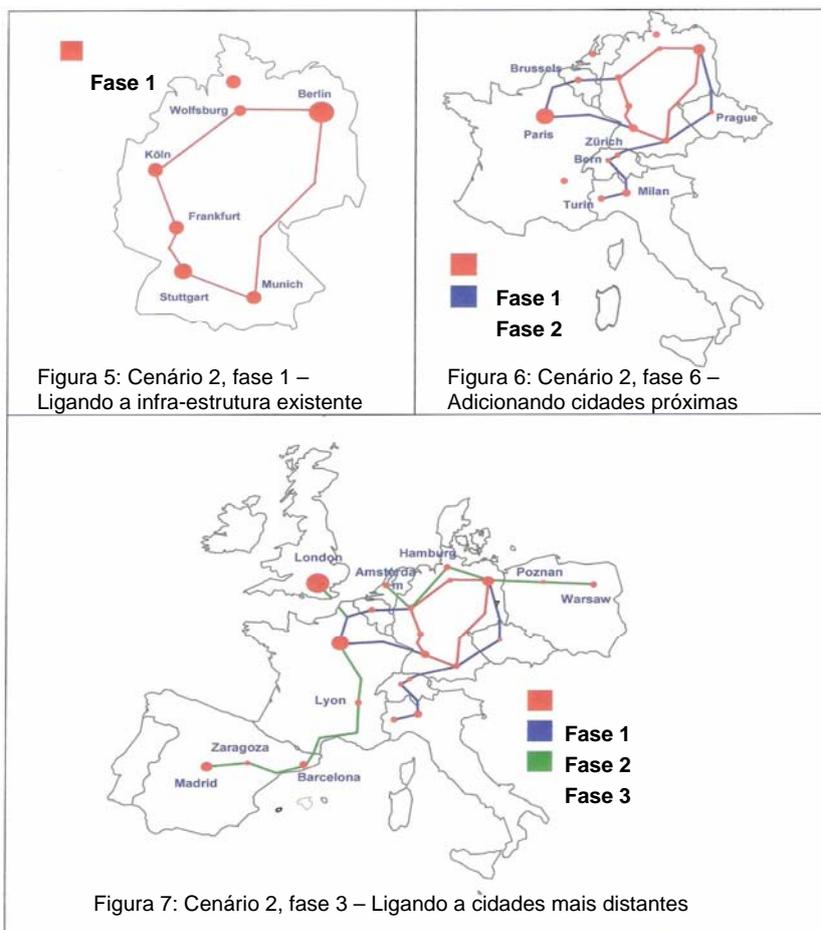
³⁸ Termo comumente utilizado para apontar o ponto em que o investimento realizado passa a ter retorno financeiro.

O segundo cenário considera questões mais próximas do mundo real, capazes de afetar a absorção geográfica do hidrogênio. Assim, considera cidades e rodovias de ligação principalmente baseadas na localização de fornecedores de automóveis, bem como leva em consideração, de certa forma, a força de certas áreas em energia do hidrogênio. Neste caso, a primeira fase é o desenvolvimento ligando a existência de estações de combustível hidrogênio na Alemanha e adicionando mais localizações, seguida por uma fase em que o entorno das áreas urbanas é também ligado, e uma terceira fase em que a infra-estrutura é estendida para distâncias maiores.

A análise, portanto, estende-se até 2025, onde por volta daquele ano 20 milhões de veículos teriam sido introduzidos, com uma demanda de hidrogênio de 3,5 milhões de toneladas, e um resultado total de 9.000 estações de abastecimento. O investimento total acumulado nos diferentes conceitos apresentados na ilustração 10 abaixo é de 3 bilhões de euros, no caso de absorção baixa, e de 9 a 12 bilhões de euros, no caso da absorção elevada. No caso da absorção baixa, o total de investimento previsto é de 10 bilhões de euros entre o período de 2010 a 2025, sendo 6 bilhões destes gastos em plantas de produção.

Neste exemplo a fase 1 é mostrada em vermelho, a fase 2 em azul, e a fase 3 em verde (ilustração 10). A penetração dos veículos é, portanto, alocada para uma área mais concentrada geograficamente neste segundo cenário, o qual assume que a fase 4 será de completa extensão da infra-estrutura para cidades pela Europa, e não é mostrado na modelagem.

Ilustração 10 - Estrutura de distribuição de hidrogênio



Fonte: Hart, D., 2005

O panorama do fluxo de caixa melhora suavemente no segundo cenário, onde mais veículos são concentrados em uma área menor e, portanto, o custo para servir cada veículo é mais baixo. O fluxo de caixa varia entre atores no lado da produção, onde retornos positivos são obtidos, e aqueles que proporcionam a infra-estrutura da estação de reabastecimento.

A provisão centralizada de hidrogênio proporciona melhores retornos, enquanto a produção no próprio sítio de abastecimento, utilizando reformadores, é menos lucrativa, e a produção por eletrólise no próprio sítio de abastecimento possui retornos extremamente negativos. Entretanto, o relatório adverte que isso é influenciado pelas hipóteses assumidas no estudo e certamente não serão verdadeiras para todas as regiões ou sobre todas as circunstâncias.

4.3 Reator de Pirólise a Plasma

O reator de pirólise a plasma foi uma das tecnologias que chamou a atenção desde o início da pesquisa. A riqueza encontrada no laboratório, no que tange a tecnologias potencialmente utilizáveis pela sociedade, torna premente a análise de diversas opções de transferência ou utilização tecnológica. A Pirólise a Plasma se destacava entre as tecnologias principalmente devido à questão ambiental. As comparações feitas neste capítulo com tecnologias atualmente em uso industrial, a reforma a vapor e a eletrólise, demonstram que a produção de hidrogênio por esse método traria algumas vantagens em relação a custos de produção e taxas de retorno, porém com um grande diferencial, associado ao importante ganho ambiental. Sendo o primeiro método a produzir hidrogênio a partir de um combustível fóssil sem que haja produção de CO₂, pelo contrário, seqüestra todo o carbono sob a forma de negro de fumo, fez com que essa tecnologia fosse escolhida para uma tentativa de capitalização e futura prototipação. Para atingir esses objetivos entendeu-se que a melhor opção seria a de buscar financiamento junto a grandes consumidores nacionais, despontando-se como interessante opção a Petrobras.

4.3.1 A oportunidade

O processo de decomposição do gás natural através da Pirólise a Plasma possui diversos atrativos em relação às tecnologias atualmente em uso para a produção de hidrogênio; os principais pontos de vantagem estão listados abaixo³⁹:

- apelo ambiental devido ao fato de não contribuir para o efeito estufa.
- o pré-tratamento do combustível é simplificado ou mesmo eliminado

³⁹ As informações listadas tiveram elaboração própria, com base em entrevistas e acompanhamento do desenvolvimento das pesquisas no laboratório. Elas têm ainda, como fonte de dados, a patente N° PI0305309-1, 03/11/2003, o artigo LABANCA 2006, fazendo parte de um projeto de elaboração própria, proposto com auxílio de Juan Lucas Naches, pesquisador do LabH2, tendo sido tal projeto submetido e aprovado pela Petrobrás para início no segundo semestre de 2008.

- O reator não necessita de catalisadores, o que elimina os gastos e questões tecnológicas associadas com o seu uso, principalmente o problema do seu envenenamento causado por contaminantes existentes no combustível;
- Não existe a formação de CO, eliminando uma etapa de purificação do gás produzido, presente na reforma a vapor;
- Tem capacidade de produzir carbono sólido com diferentes morfologias (negros de fumo, fulerenos e nanotubos);
- O reator é compacto, já que o plasma apresenta alta densidade energética, permitindo facilidades para a proteção térmica dos trabalhadores.
- Apresenta os mesmos riscos de combustão indesejada dos gases-produto que os encontrados nas refinarias de petróleo;
- Permite eliminar os gastos com aminas e os custos relativos ao processo de regeneração das mesmas para o controle de poluição;
- Possibilita processar hidrocarbonetos mais pesados que o metano, como por exemplo, o propano;
- Pode ser empregado em plantas industriais, em unidades estacionárias e em veículos;
- É capaz de fornecer os seguintes insumos: hidrogênio, energia térmica e material carbonoso;
- Alcança eficiência na produção de hidrogênio de cerca de 55%;
- Alcança eficiência total do processo, ou seja, a geração de hidrogênio, de energia térmica e a produção de material carbonoso a partir do processamento de hidrocarbonetos, considerando o consumo de energia elétrica, próxima a 98%.

Além dos aspectos técnicos já abordados acima, a pirólise a plasma do gás natural também apresenta importante vantagem econômica. A Tabela 5 mostra uma análise econômica do processo, considerando uma usina de porte elevado, com capacidade para produzir 4 toneladas de hidrogênio por dia. Alguns pontos a ressaltar são:

- O custo de investimento para implantação da usina é apenas 40% superior ao consumo anual de energia elétrica pela usina. Isso mostra interesse para uma empresa geradora de energia elétrica;
- O custo de produção do hidrogênio é muito baixo, US\$ 0,97/kg, o que apresenta uma oportunidade de auferir lucros elevados com a venda de hidrogênio. A Parceria Internacional para a Economia do Hidrogênio – IPHE⁴⁰ (na sigla em inglês) - prevê atingir preços de venda do quilo de hidrogênio entre US\$ 2,00 e US\$3,00 entre 2015 e 2020;
- Considerando um preço médio internacional de venda do carbono de boa qualidade produzido, US\$ 1,56/kg, a receita líquida anual auferida com a venda dos produtos produzidos atinge valor próximo ao do investimento anual na usina considerada.

Esses cálculos tiveram como base os estudos científicos realizados no âmbito da tese de doutorado de Aurélio Labanca e a partir do artigo LABANCA et al.(2006). Nestes são apresentados análises econômicas sobre o assunto, que originaram os estudos apresentados no item Viabilidade Econômica, no qual foi possível fazer um estudo de viabilidade econômica com valores atualizados em 2008 para os custos de insumos e o ganho com a comercialização dos produtos.

4.3.1.1 Pirólise a plasma x eletrólise da água x reforma do gás natural

Para a realização da análise de mercado buscou-se uma combinação da análise sucinta da tecnologia frente às duas opções comercialmente utilizadas atualmente e um breve estudo econômico que tomou por base a tese de doutorado de Labanca (2007).

O estudo preliminar de viabilidade econômica da implantação do projeto demonstra-se bastante atrativo. Isso se deve principalmente ao fato do carbono contido no combustível ser totalmente sequestrado na forma de negro de fumo, para venda

⁴⁰ IPHE – International Partnership for Hydrogen Economy.

futura, trazendo incontestáveis vantagens ambientais em relação aos modelos atualmente em operação industrial.

Uma breve comparação foi realizada entre a eletrólise, a reforma a vapor e a Pirólise a Plasma, apresentada na tabela 4. Para tal, buscou-se apenas o custo de produção com base nos combustíveis utilizados e a análise de eficiência dos sistemas, não contabilizando, portanto, gastos com purificação de gases, compressão, armazenamento e mão de obra de operação. Acredita-se que os custos de compressão sejam relativamente parecidos para as tecnologias analisadas.

Tabela 6 - Comparação dos métodos de produção de H2

Comparação dos métodos produção de H2 sem margem ou amortização			
Método de produção	Matérias primas	Custo de produção R\$/m3 H2	Outros produtos
Eletrólise	água, sais, eletricidade	1,26	Oxigênio
Reforma a Vapor	água, gás metano, catalisadores	0,16	CO
Pirólise a Plasma	eletricidade, gás metano	0,17	Negros de fumo

Fonte: Elaboração própria⁴¹

Um dos componentes do custo de viabilidade econômica, que ainda requer uma investigação mais criteriosa, é a pureza do gás produzido pelo processo de Pirólise a Plasma. Esse fator contribui para que se opte pela tecnologia ora estudada e abre a possibilidade de uso dessa tecnologia em indústrias hoje atendidas pelo processo de eletrólise, devido principalmente à questão da pureza do gás H2, destacando-se aí as exigências para aplicação na indústria alimentícia. A eletrólise, com um custo de produção muito mais elevado, traz um nicho de mercado interessante para a aplicação da tecnologia da pirólise a plasma.

⁴¹ Para a obtenção de dados precisos sobre os custos do H2 na reforma a vapor foram consultados funcionários da Petrobras, que solicitaram sigilo. Para a obtenção dos valores referentes à produção por Eletrólise tomou-se por base o artigo de Newborough 2004, entrevistas com funcionários da Linde Gases LTDA., donde destacam-se as conversas com William Becker, gerente de negócios on-Site em 03/09/2007. Além disso, essas informações foram processadas com base em dados de custo de energia Elétrica obtidos da empresa Duke Energy. O consumo de energia foi calculado com base em informações técnicas de compressores Henderson.

Essa tecnologia se insere inicialmente em nichos de mercado como:

- Substituto de eletrolisadores, tendo como grande atrativo o preço do hidrogênio produzido, o seqüestro do carbono na forma de *commodity* e o fornecimento de calor à indústria na forma de vapor de água;
- Geração de hidrogênio de forma distribuída para pequenos e médios consumidores;
- Geração de H₂ de forma distribuída, aproveitando a rede de distribuição do GNV para produção e venda de H₂ com foco no abastecimento de veículos.

4.3.1.2 Viabilidade econômica

O estudo de viabilidade econômica para uma unidade industrial foi feito levando em conta apenas o aproveitamento do H₂ e do negro de fumo. Este estudo tem como base linhas de financiamento do BNDES e não inclui o custo de seguro, pois acredita-se que esse custo adicional não seja muito diferente do prêmio aplicado à reforma a vapor⁴², ficando de fora ainda os custos com mão-de-obra, com dados ainda pouco consolidados.

A tabela 5 demonstra o custo de instalação de uma unidade com capacidade de produção de 166,67 kg/h de hidrogênio. O custo dos equipamentos e das instalações foi obtido no âmbito da tese de doutorado Labanca 2007, apresentada na COPPE/UFRJ, e foi complementado por dados econômicos de mercado, com base nos estudos da IPHE, da qual o Laboratório de Hidrogênio participa.

⁴² A questão do prêmio de seguro leva em conta o protótipo comercial

Tabela 7 - Custo de produção do hidrogênio pela Pirólise a Plasma do metano considerando retorno com a venda do carbono, para uma usina com capacidade de 166,67 kg/hora de H2.

Custos de Investimento (capacidade: 166,67 kg/hora)		Custos de Produção (por quilograma)	
Equipamentos	US\$ 2.571.028,60	Hidrogênio	0,97
Instalações e equipamentos adicionais	US\$ 3.085.234,30	Carbono	1,565
Contingência	US\$ 514.205,72	Custo Total	7443810
Total do investimento	5.656.777,11	Produção Anual (fator de capacidade: 90%)	
Custo de Matéria Prima		Hidrogênio kg	1.314.000
Custos Anuais (US\$):		Carbono kg	3.942.000
Energia Elétrica 214,00 US\$/MWh	US\$4.011.884,40	Valor venal dos produtos	
Gás Natural 0,24248 US\$/Nm3	US\$1.781.223,90	Hidrogênio	R\$3,00
Custo de O&M		Carbono	R\$2,14
Manutenção	US\$329.976,80	Valor de venda do H2 em R\$	
Trabalhadores, aluguel e seguro	US\$513.271,00	1 kg/H2	R\$ 5,40
Financiamento		1 m3/H2	R\$ 0,46
PMT	R\$ 89.164,46	Faturamento Líquido	
Taxa	0,93%	Hidrogênio	R\$2.667.420,00
N	96	Carbono	R\$2.266.650,00
Total financiado	R\$ 8.559.787,77	Faturamento líquido anual	R\$4.934.070,00

Fonte: Elaboração própria com base em Labanca (2007).

A análise econômica preliminar da tecnologia demonstra sua viabilidade para indústrias que têm demandas de H2 e calor, sendo o negro de fumo negociado a parte, e tendo este último um importante papel na composição do cálculo de viabilidade econômica.

4.3.1.3 Mercado

O mercado de hidrogênio atual se divide entre quatro grandes consumidores, a indústria de refino de petróleo, a indústria de fertilizantes, diversas indústrias químicas

de base e as indústrias alimentícias e de cosméticos. Além desses quatro principais consumidores, o H₂ encontra uso em uma série de processos industriais, desde laboratórios de empresas ou indústrias até como elemento de refrigeração para turbinas.

Atualmente esse mercado já é muito grande - 80 milhões de t/ano⁴³ - sendo atualmente controlado por poucos *players* muito lucrativos e capitalizados, onde os maiores são: Praxair (NYSE:PX \$29 Bilhões), Linde (FRA:LIN \$26Bilhões), Air Liquide (EPA:AI \$23 Bilhões), Air Products (NYSE:APD \$22 Bilhões. A White Martins (controlada pela americana Praxair) detém 58% do mercado brasileiro de gases⁴⁴, tendo o domínio da maior parte do mercado. A única empresa brasileira de gases é a Industria Brasileira de Gases (IBG), com participação de aproximadamente 1,5% do mercado brasileiro, sendo a única grande companhia com capital nacional; as demais têm capital majoritariamente estrangeiro.

A Petrobras em 2008 detém o controle e operação de produção da maior parte do hidrogênio que consome e, individualmente, é o maior consumidor nacional, respondendo por mais de 50% do consumo nacional, com uso de hidrogênio desde o processo de craqueamento de petróleo, passando pela produção de biocombustíveis até chegar ao uso laboratorial, sendo um elemento importantíssimo em sua cadeia de produção.

Atualmente projetam-se novos usos para o hidrogênio na indústria, geração de energia e no tratamento de combustíveis (indústrias de produção e refino de petróleo principalmente).

Outro uso energético projetado é o de armazenamento de energia para usos diversos na forma de H₂, principalmente quando se analisa o uso de energias renováveis com pouca regularidade de produção. Para ilustrar essa realidade, toma-se como exemplo o caso de energia eólica, dependente de regularidade dos ventos ou a energia do movimento das marés, dependente dos ciclos da lua, etc. Estas podem fornecer um pico de energia em horários que a rede já encontra-se abastecida de outras fontes, nesse

⁴³ Dados fornecidos pelo fundo de investimento de capital semente Criatec, sediado no Rio de Janeiro, administrador de carteira de investimentos do BNDES.

⁴⁴ Informação fornecida pela gerência de novos negócios da ????????

caso a energia pode ser transformada em H₂ para futura utilização sob a forma de combustível tracionário, energia térmica, energia elétrica, etc.

Os dados da IPHE e de estudo elaborado pela empresa Linde em cooperação com a União Européia, projetam para uma rede de produção e abastecimento veicular de H₂ em toda a Inglaterra um custo de implantação referente a 1/3 do custo de instalação da rede de telefonia celular naquele país. Espera-se a viabilidade do uso comercial do H₂ como combustível em veículos quando este atingir um custo de produção e venda de US\$ 2,00 a 3,00 dólares o kg. Estudos internos do LabH₂ projetam a redução do custo de produção de pilhas a combustível para US\$ 1000,00 o kW em 4 anos, o que segundo os custos estimados para a produção do protótipo ora em desenvolvimento no mesmo laboratório, viabilizaria o uso de H₂ em veículos pesados nas grandes cidades abastecidos pela tecnologia de Pirólise a Plasma.

4.4 A busca de viabilização de recursos para aplicação das tecnologias na sociedade

A entrada em operação da empresa *spin-off* do LabH₂ dependia de prototipação das tecnologias desenvolvidas no laboratório, o que só é possível com um fluxo inicial de recursos financeiros. Diante dessa realidade buscou-se fazer um levantamento dos possíveis financiadores.

4.4.1 Tentativa de Obtenção de Financiamento Através da Finep

Após o estudo de viabilidade das tecnologias que apontavam para retorno e viabilidade do projeto interessantes, apresentado no capítulo 5, e após a definição de uma estratégia de transbordamento tecnológico para o laboratório, apresentado no capítulo 3.2, partiu-se para a busca de recursos necessários à viabilização da execução

desses projetos. O primeiro passo foi o monitoramento dos fundos setoriais descritos anteriormente no capítulo 2.3, que despontavam como a melhor opção para o desenvolvimento dos projetos em produtos interessantes para a sociedade brasileira.

Dessa forma, buscou-se dispensar uma grande atenção aos editais da Agência Financiadora de Estudos e Projetos, a Finep. Esta, como foi apresentado anteriormente, opera os recursos dos fundos setoriais, com diversos fundos para P&D, despontava como opção interessante para a obtenção de recursos para o início de um projeto de prototipação das tecnologias, tendo como segunda opção a FAPERJ (Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro).

Iniciou-se assim, pesquisa sobre as modalidades e formas de financiamento na FINEP e na FAPERJ. Logo no início da pesquisa ficou claro que a FAPERJ não apresentava uma condição interessante para obtenção de financiamento, uma vez que o volume de recursos era limitado, sendo difícil desenvolver projetos de prototipação pré-industrial, que demanda recursos maiores. Dessa forma, dirigiu-se o foco para o acompanhamento e concorrência em editais lançados pela FINEP.

A FINEP no ano de 2007 lançou diversos editais para apoio a P&D nas universidades e na indústria, onde se destacaram, para os casos apresentados anteriormente, as linhas de financiamento do tipo subvenção econômica. No ano de 2007 a Finep disponibilizou três editais de subvenção econômica, o primeiro para a incorporação de pesquisadores nas empresas; o segundo em parceria com o Sebrae para grupos de pequenas empresas e universidades; e o terceiro para o apoio ao desenvolvimento de projetos inovadores em grupos de empresas privadas. Desses três, no primeiro não era possível participar devido à incapacidade financeira de desenvolver projetos sem uma ajuda de custo também para os insumos e equipamentos de pesquisa, não adiantando haver um auxílio para a manutenção dos pesquisadores sem que esses tivessem acesso aos insumos necessários à pesquisa científica. O segundo não nos pareceu interessante, devido ao foco direcionado à cadeia de petróleo e gás, já que à época não haviam parceiros dispostos a investir na tecnologia de Pirólise a Plasma. O terceiro, edital SUBVENÇÃO - 01/2007, tinha uma dotação orçamentária total de 450.000,00 para investimento em projetos de desenvolvimento científico tecnológico,

com ênfase em desenvolvimento de produtos e processos inovadores de grande potencial para o país.

Tomou-se assim, a opção por prospectar dentre as tecnologias desenvolvidas a que melhor se adequaria às exigências e aos direcionamentos temáticos descritos no edital. Com base nesta análise, optou-se por redigir e submeter um projeto para desenvolvimento da tecnologia de Pilha a Combustível de Óxido Sólido (PaCOS), buscando como foco o desenvolvimento em três estágios: no primeiro um módulo funcional capaz de gerar 500We com o objetivo de permitir o abastecimento de sistemas de comunicação; o segundo de 1kWe com foco no abastecimento de pequenos postos de saúde ou centros comunitários em regiões remotas; e o terceiro com 2kWe para variadas situações de abastecimento energético.

O principal objetivo era a produção de pilhas a combustível que operassem com gases ricos em metano em situação que fosse possível o aproveitamento de restos de colheita, ou seja, matéria orgânica em biodigestores para a produção de gás e o conseqüente abastecimento de energia elétrica em regiões remotas, principalmente na região amazônica, buscando assim melhorar as condições de vida da população.

Foi possível constatar que, apesar do desenvolvimento de uma pilha combustível ser um tema complexo, que envolve nanotecnologia e necessita de uma série de profissionais altamente qualificados em sua elaboração, para a operação é um dispositivo relativamente simples, apresentando diversas vantagens, tais como a não existência de partes móveis, a pouca necessidade de manutenção, etc. Dessa forma, foi desenhada uma proposta de projeto a ser submetida no edital Finep de subvenção econômica, tendo este o apoio de duas pequenas empresas, uma do Rio e outra de São Paulo e a colaboração de diversos agentes nacionais e internacionais, donde destacam-se o pesquisador Nguyen Q. Minh. Este foi o único diretor de grupo de pesquisa norte americano que bateu as metas do Departamento de Energia dos Estados Unidos, quanto trabalhava na General Electric, sendo hoje considerado um dos maiores especialistas em produção e desenvolvimento de PaCOS nos Estados Unidos e também o

Forschungszentrum Jülich⁴⁵, que é o maior centro de pesquisa Europeu no tema, entre outros apoios.

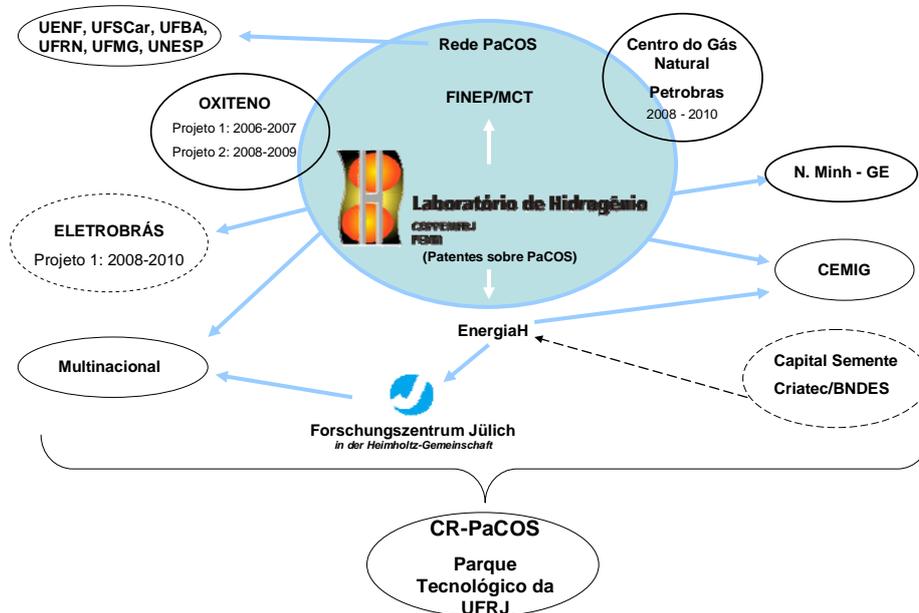
Esse projeto é um exemplo claro da necessidade de trabalhar uma rede de cooperação, de forma a viabilizar os desenvolvimentos dessas tecnologias, aqui fica clara a questão do capital social segundo os moldes propostos por Cooke e Wills (1999), aparecendo nesse caso uma conjuntura clara desse capital segundo o modelo da tríplice-hélice, pois conecta Universidade – Empresa – Governo (Etzkowitz e Leydesdorff 1996), através de uma empresa *spin-off*, um centro de pesquisas universitário e o governo, provendo financiamento e apoio. Esta articulação em rede está permitindo a discussão de projetos de lei e regulação iniciados devido a esses esforços, tendo como interlocutor na Câmara dos Deputados o Deputado Federal Paulo Teixeira⁴⁶, que organizou em 8 de maio de 2007 um seminário sobre Energia de Fontes Renováveis, onde insere-se pela primeira vez a questão do uso energético do hidrogênio na pauta de discussões do legislativo federal.

O quadro abaixo apresenta as relações de cooperação realizadas para permitir que o desenvolvimento tecnológico seja realizado no Brasil. Como trata-se de tecnologia avançada e consumidora de insumos com valores relativamente altos, onde são necessários desenvolvimentos de diversas partes sensíveis, o volume de trabalho demanda uma pesquisa realizada em rede. Assim, apesar da centralização para a coordenação e para as escolhas de caminhos tecnológicos, os desenvolvimentos são realizados ou alocados de acordo com o foco de pesquisa de cada indivíduo, fazendo com que todos possam se beneficiar dos desenvolvimentos da rede.

⁴⁵ É possível encontrar maiores informações no site <http://www.fz-juelich.de/portal/> ou através do e-mail info@fz-juelich.de, e do telefone: +49 2461 61-8028 e Fax: +49 2461 61-8106

⁴⁶ Deputado Federal Paulo Teixeira, PT /SP, Câmara dos Deputados, Anexo III – Gabinete 281, Fones: (61) 3215-5281/3281, 8 de maio de 2007 um seminário na Câmara dos Deputados, em Brasília, sobre Energia de Fontes Renováveis.

Ilustração 11 - Arranjo Institucional/Empresarial da Pesquisa sobre PaCOS no LabH2



Fonte: Elaboração própria.

O projeto foi escrito e submetido à Finep, estando o texto apresentado no referido edital no anexo I. Este foi aprovado na primeira fase de concorrência, onde foram avaliados o mérito, a adequação do projeto aos objetivos do edital e a adequação da equipe indicada. Desta primeira fase participaram 2569 propostas de projetos, tendo sido aprovadas apenas 569 para a segunda fase. Nesta segunda etapa foi apresentado o mesmo projeto, porém com uma maior riqueza de detalhes em relação aos equipamentos insumos e pessoal contratado e documentação da empresa líder e das empresas parceiras.

A avaliação da Finep classificou o projeto como interessante e em conversas informais com funcionários da instituição foi relatado que o projeto cumpria os requisitos técnicos, de equipe e de alinhamento com os objetivos do edital. No entanto, foi avaliado que a empresa líder, no caso a LabH2 Inovação, empresa *spin-off* criada conforme os estudos apresentados no capítulo 3.2, não demonstrava capacidade de aportar a contrapartida financeira exigida pelo edital, tendo sido este o fator determinante para a inviabilização do aporte pleiteado no edital de subvenção

econômica. A carta resposta ao envio do projeto Finep Subvenção Econômica 1/2007 está reproduzida no anexo II, bem como o texto inicial do projeto aprovado em primeira fase.

Observando-se a resposta da Finep fica evidente que, para que seja possível um estágio de prototipação pré-industrial em empresas saídas dos laboratórios é necessário que essas já tenham algum faturamento ou que tenham tido algum tipo de aporte. Tomando-se por base a pesquisa feita para criar o modelo organizacional da COPPE e do laboratório, capítulo 3, acredita-se que o melhor modelo de capitalização para essa fase de desenvolvimento e entrada com a inovação na sociedade é o investimento de capital de risco. Esta questão é abordada no capítulo 5 – Discussão.

4.4.2 Fundos de Capital de Risco e a Viabilização e Difusão de Inovações

Os fundos de capital de risco ou fundos de *venture capital* foram estruturados a partir de experiências americanas de compras por parte de grupos financeiros de companhias, que na visão destas eram mal administradas e que com um aporte de capital poderiam ser reestruturadas e posteriormente serem vendidas a concorrentes ou em bolsa de valores, gerando assim, grandes lucros para esses fundos. Essa concepção evoluiu quando se buscou nas décadas de oitenta e noventa o investimento em companhias de base tecnológica, tornando-se assim um importante motor do desenvolvimento produtivo daquele país.

Há alguns pontos relevantes a serem destacados no processo de discussão e busca de capitalização para viabilizar os processos de prototipação. Optou-se aqui por iniciar apontando as dificuldades percebidas pelos investidores ao tratar do assunto, passando em seguida para as questões observadas no grupo que passava a pleitear o investimento.

A primeira dificuldade observada foi o choque cultural, esta percepção foi de encontro com as hipóteses levantadas por Pinto (1997), quando atribui uma grande importância ao desenvolvimento do mercado de investimento de capitais de risco nos EUA à questão cultural da imagem do *self-made man*, como “fator de estímulo ao surgimento de novos empresários. A existência de pólos e parques tecnológicos e universidades voltadas para áreas de alta tecnologia, ao engendrar uma grande oferta de novos empreendimentos com forte conteúdo tecnológico e grande potencial de crescimento”, Pinto 1997, pág 5, corroborando com Putnam, que atribui grande importância à forma com que está estruturado o capital social em dada comunidade. Em conversa após uma das reuniões de discussão sobre o projeto apresentado pelo grupo de pesquisa do LabH2 ao fundo de investimento foi possível depreender algumas das dificuldades que estes agentes, responsáveis por analisar e prospectar bons negócios em universidades e centros de pesquisa, estavam tendo no trato com os pesquisadores.

Nesses diálogos pode-se notar que os agentes tinham um volume muito grande de opções para analisar; que esses não têm condições de buscar especialistas em cada área para realizar as análises iniciais das tecnologias, que encontram frequentemente dificuldade de compreender de que forma o pesquisador enxerga o uso comercial ou mesmo social para sua tecnologia e que dificilmente são apresentados estudos comparativos de viabilidade das inovações.

Para corroborar com o quadro apresentado anteriormente, destaca-se uma frase proferida pelo analista do fundo de investimentos que gere recursos de dois grandes bancos nacionais⁴⁷: “o pesquisador me mostrou toda tecnologia, me explicou uma série de detalhes de funcionamento e então o indaguei – quem é o cliente disso, que utilizaria isso em sociedade?” segundo ele a resposta do pesquisador foi “- não sei, você que tem que me dizer isso”. O analista depois argumentou que este tinha sido o décimo segundo grupo de pesquisa com que havia tido contato em uma rodada de apresentação por parte da Universidade e que não tinha a menor possibilidade de ele ou alguém de sua equipe se debruçar para encontrar aplicações para aquilo, tendo esta sido descartada a priori. Indagou-se, então, se o analista encontrava esse tipo de situação com frequência e este

⁴⁷ A pedido do entrevistado não são citados o nome do analista e o do fundo, esta reunião aconteceu na sala de reuniões do Laboratório de Hidrogênio, do Programa de Engenharia Metalúrgica e de Materiais, integrante da COPPE/UFRJ, no dia 28 março 2008.

respondeu que sim, argumentando que muitos grupos ainda não estão preparados para associar o que fazem a usos que por ventura resolvam problemas, sendo essa a questão básica para que ocorra realmente uma inovação.

4.4.2.1 Discussão parcial dos resultados do capítulo

O direcionamento do trabalho de campo, por seguir a metodologia de selecionar as tecnologias que não agredissem o meio ambiente e respeitassem o trabalho humano, como foi apresentado anteriormente, permitiu a seleção de algumas tecnologias e um esforço maior em compreender as possíveis aplicações sociais dessas tecnologias.

Essa opção permitiu uma separação entre dois grupos de tecnologias, as estudadas para observar as possibilidades diretas de aplicação social e as não estudadas, porém listadas como desenvolvimentos em curso ou finalizados recentemente.

Observa-se que, os grupos de pesquisa que se enquadravam no primeiro grupo, as tecnologias pesquisadas para uso social tinham sempre mais aceitação por parte dos candidatos a investidores de risco do que as tecnologias que ainda careciam desse tipo de análise. A realização de um estudo para compreender de que maneira a ciência e a pesquisa produzidas podem influenciar a sociedade têm mais chance de ser bem avaliado pelos agentes financiadores e obter o empenho destes em preencher as lacunas que faltam para que se possa realizar um investimento do que as linhas de pesquisa em que não ocorreram esforços para se criar uma compreensão maior de suas possibilidades de aplicação.

A comparação comumente realizada entre EUA e Brasil sobre o volume e a difusão dos fundos de capital de risco, que pode ser observada em MARCELO et al. (2002) página 10, que após uma competente exposição, faz um resumo das idéias que defende transparecer no trecho do comentário número 9, da mesma página.

“Dados da National Venture Capital Association, citados em PZYSIEZNIG et alii (1998: 966), mostram que, já em 1990, o patrimônio dos 664 fundos norte-americanos de venture capital somava US\$ 36 bilhões. O fato de que a Contec, uma das iniciativas pioneiras nesse campo no Brasil, só tenha sido criada em 1991 dá uma idéia, desde logo imprecisa, da desproporção entre o estágio de desenvolvimento desse instrumento no Brasil e nos EUA. Outro elemento que aponta na mesma direção é o montante aplicado pelas entidades de previdência privada em fundos de venture capital no Brasil. De acordo com dados da Secretaria de Previdência Complementar do Ministério da Previdência e Assistência Social, em dezembro de 1999 o total dos investimentos dos fundos de pensão em FEEs (Fundos de Empresas Emergentes) montava a apenas R\$ 26 milhões, o equivalente a 0,023% dos ativos dessas instituições (IEDI: 2000, 210). Note-se que os fundos de pensão respondiam, no início da década de 90, por cerca de 40% do capital investido nos fundos de venture capital dos EUA.” (Marcelo et al. (2002) página 10).

A afirmação está correta em seu conteúdo técnico, porém desconsidera fatores relevantes para a formação de um ambiente propício ao surgimento desses mecanismos de investimento, que no jargão dos mesmos preconiza comumente: ‘há que haver uma estratégia de saída’. Ou seja, é necessário que haja um ambiente em que os investidores tenham grandes perspectivas de conseguir vender suas participações a terceiros, obtendo assim, os lucros. O Brasil na década de 1990 passava por um período complicado economicamente e politicamente, não havia muito tinha promulgado uma nova constituição e entrava em um processo de abertura econômica que fora interrompido por escândalos e a destituição do presidente da república. Porém, é possível basear as comparações no modelo proposto por ENGEL e KEILBACH (2007), que defendem que o desenvolvimento dos fundos de investimento em empresas de tecnologia como um de seus principais motivadores, o estabelecimento de um mercado de capitais dinâmico e competitivo, como demonstra o trecho a seguir:

“Entre 1995 e 2000, o mercado alemão de capital de risco evoluiu extraordinariamente: O volume de novos negócios fechados recentemente tem apresentado um fator de crescimento de aproximadamente 8. Um factor importante nesta matéria foi, certamente a implementação do "Neuer Markt", o equivalente alemão para o ‘NASDAQ’ dos Estados Unidos, e as oportunidades de liquidez relacionadas a ele” (ENGEL e KEILBACH, 2007. pág 151-2, traduzido pelo autor)

A consolidação de um Mercado de Capitais fortemente apoiado em empresas privadas e não basicamente na negociação de títulos de dívida pública, toma forma apenas com os últimos ciclos de queda da taxa básica de juros durante o governo do presidente Lula. Esta conjuntura é apoiada pelo recebimento da classificação de grau de investimento, fornecido inicialmente pela agência de classificação de risco Standard & Poor's⁴⁸, que foi seguida pela DBRS. Assim, é possível esperar o maior dinamismo do setor de investimento de capital de risco ou capital empreendedor no Brasil nos próximos anos, havendo uma grande oportunidade de criar um setor dinâmico de transferência tecnológica nas universidades e centros de pesquisa nacionais. As indicações de um aumento do número de negócios fechados por meio de capital de risco têm como base os estudos apresentados na revisão bibliográfica, onde diversas leis ou normas, que facilitaram ou apoiaram o investimento nesses mercados tiveram uma resposta direta no aumento e diversificação dos fundos. O artigo de Kortum e Lerner, 2000, corrobora com essa percepção quando associa o aumento do volume de negócios nos EUA à permissão dada aos fundos de pensão em realizar investimentos desse tipo:

“Nós podemos abordar este problema de duas maneiras. Em primeiro lugar, é importante explorar o recente evento no setor do capital de risco.” Em 1979, os Estados Unidos regulamentaram a lei ‘*Employee Retirement Income Security Act*’, uma mudança política que libertou os fundos de pensões a investir em capital de risco. Esta mudança conduziu a um aumento acentuado nos fundos dedicados ao capital de risco. (Kortum e Lerner, 2000, pág. 675, traduzido pelo autor).

Essa situação pode ser comparada ao recebimento do grau de investimento pelo Brasil, e o crescimento do volume de negócios e recursos no mercado financeiro, o fortalecimento deste permite haver uma expectativa de liquidez essencial para o investimento de risco. Essa situação habilita esses mesmos fundos a realizar investimentos no mercado brasileiro, facilitando a captação de recursos nos mercados interno e externo para as empresas nacionais com grande perspectiva de crescimento, potencializando, assim, o crescimento de um novo tipo de empresas, as *spin-off*.

⁴⁸ Essa agência concedeu o grau de investimento “BBB-”, no dia 10 de junho de 2008, fato esse fartamente divulgado nos meios de comunicação.

5 Discussão

O trabalho de campo e o estudo aprofundado das bases legais e institucionais que permitiram a formação do ambiente de pesquisa e inovação em alguns laboratórios da UFRJ forneceram algumas lições e respostas que se concretizaram na formação dos modelos propostos neste trabalho. Um pensado para a COPPE/UFRJ, conforme apresentado na ilustração 3, página 49, tendo este maior eficácia se for implementado em consonância com ações na Fundação COPPETEC. O outro um modelo para o LabH2, conforme apresentado na ilustração 4, página 59, que acredita-se, pode ser facilmente implementado em diversos laboratórios da COPPE/UFRJ e em outras instituições sul-americanas de pesquisa, pois estas, aparentemente, têm algumas dificuldades e características em comum.

No entanto, para que a implantação dessas ações potencialize um “transbordamento tecnológico” consistente e de longo prazo, uma questão fundamental que deve ser observada é a segurança e perenidade das fontes de financiamento à pesquisa. Apesar de ter havido, como foi apresentado neste trabalho, grandes avanços na regulamentação das fontes de investimento em P&D no Brasil, donde destacam-se, a regulamentação de fontes e percentuais fixo através dos fundos setoriais e a promulgação de leis que incentivam e ajudam a viabilizar diversos projetos de inovação no país, como a lei de inovação, estas ainda não contemplam a obrigatoriedade de empenho. O poder executivo pode, apesar de dispor dos recursos, decidir não investi-los, fazendo com que estes voltem ao Orçamento Geral da União na forma de recursos contingenciados. Na maioria dos fundos setoriais existe um razoável empenho dos recursos, porém, isso não é realidade para todos e não há garantias de que a situação atual continuará perdurando nas próximas gestões governamentais.

Apesar de reconhecer os imensos avanços realizados pela promulgação dessas leis e a operacionalização dos órgãos governamentais responsáveis por cumpri-las, ainda existem brechas que permitem a não realização efetiva dos investimentos em benefício de outras prioridades políticas. Esse fato ocorre principalmente devido à característica do orçamento brasileiro, que é autorizativo, quando na maioria dos países

desenvolvidos é impositivo. A não obrigatoriedade do investimento e a possibilidade do Poder Executivo aplicar ou não os recursos aprovados no orçamento elaborado pelo Congresso Nacional, cria insegurança e instabilidade para as estruturas e linhas de pesquisas que estão sendo construídas atualmente.

Não pretende-se aprofundar na questão da regulamentação das formas de financiamento existentes no Brasil e mapeadas nesse trabalho. Acredita-se que a observação com maior atenção do funcionamento dos mecanismos de financiamento é questão fundamental para a viabilização dos modelos de transbordamento tecnológico, uma vez que só foi possível desenvolver esses modelos devido a anos de investimento contínuo em desenvolvimento tecnológico na UFRJ.

Para a realização da pesquisa, buscou-se analisar e selecionar as tecnologias segundo algumas premissas: a tecnologia deveria causar impacto social positivo, ou seja, sua implantação em determinado processo produtivo deveria trazer vantagens aos trabalhadores melhorando as condições de trabalho; deveria ser ambientalmente correta, ou seja, não poderia causar impactos negativos ao meio ambiente, ou mesmo reduzir consideravelmente os impactos causados pela tecnologia que se está substituindo; devendo ainda, ser economicamente viável, gerando assim, o interesse no empresariado e a sustentabilidade em longo prazo.

Os trabalhos de campo desenvolvidos no laboratório e na COPPE demonstravam que havia a necessidade de ‘tangibilizar’ os desenvolvimentos, patentes e pesquisas do LabH2, ou seja, transforma-los em um ‘código’ que permita às pessoas de outras áreas apropriarem-se desse conhecimento, realizando a inserção deste na sociedade sob a forma de serviços ou processos industriais, que não mais dependessem do conhecimento das pessoas que trabalhavam naquele laboratório.

Essa necessidade de criar, tornar tangível o conhecimento em uma plataforma capaz de introduzi-lo na sociedade, levou à pesquisa e à conseqüente criação dos modelos apresentados nos capítulos anteriores. Neste capítulo busca-se retomar esse processo, sublinhando e discutindo alguns erros e acertos com os quais estes foram agraciados, alguns dos quais não esperados de início, ou pelo menos não planejados, no entanto, ricos em lições e em ensinamentos.

Optou-se aqui por começar essa discussão pelos erros. Essa decisão tem fundamento na percepção do autor de que, durante as pesquisas para definição dos passos e da abrangência da pesquisa e na formação de uma estratégia de desenvolvimento dos trabalhos, observou-se um número extraordinariamente maior de casos de sucesso documentados. Essa abundância de casos de sucesso contrasta com as estatísticas que comumente apontam à existência de um número maior de insucesso do que o número de sucessos em novos empreendimentos. Começando, portanto, com o caso da preparação do equipamento de Sievert, que não logrou sucesso no prazo de desenvolvimento da presente dissertação. Seguindo-se à discussão sobre a preparação dos estudos de mercado e de viabilidade econômica de alguns desenvolvimentos do LABH2 e passando, por fim, pelo processo de implementação das estratégias desenhadas para as tecnologias selecionadas na formação de uma empresa *spin-off*.

5.1 O desenvolvimento do aparelho de Sievert

Como foi visto anteriormente, a preparação do equipamento de Sievert para introdução no mercado se baseou na pesquisa de mercado que apontou para um preço internacional elevado e uma demanda pouco aquecida, porém, esta é constante e existe um nicho de mercado tanto no Brasil quanto nos países da América Latina para equipamentos que guardem a mesma eficiência dos similares produzidos em países desenvolvidos. Considerando-se o fato de já ter sido feito um equipamento de operação manual com sucesso, pensou-se que atingir os mesmos padrões dos equipamentos comercializados no exterior não se apresentava como um grande desafio. Então surgiram três conhecidos problemas.

O primeiro e, acredita-se, o mais relevante, foi a capacitação de parte da mão-de-obra disponível. Os cálculos de engenharia, rotina de operação e segurança, e levantamento dos equipamentos necessários, bem como a alocação desses em projetos

através de programas de CAD⁴⁹ foram realizados com sucesso. No entanto, a programação do sistema de controle ficou dependente inicialmente de um funcionário da Universidade que, apenas após algum tempo, pode-se notar, guardava esta como uma de suas últimas prioridades, ficando o projeto inacabado indefinidamente. Esta indefinição impedia a compra de alguns equipamentos, por dependerem de dados definidos pelo tipo de CLP⁵⁰.

A definição das variáveis de programação era importante para a compra das partes de modo a haver uma resposta rápida e a integração entre os diversos sistemas de controle, com segurança tanto de medição quanto da transmissão de comandos e operações. Durante esse período um novo aluno de doutorado foi admitido no laboratório, este tinha como projeto de tese sistemas de controle, ficando encarregado de tratar de alguns sistemas necessários a outro projeto e do controle do equipamento.

Tendo iniciado os trabalhos de desenvolvimento dos sistemas, porém, novamente não se logrou atingir os resultados mínimos esperados, tanto no projeto para o qual este havia sido inicialmente contratado, quanto para a finalização do desenvolvimento do *software* de controle do equipamento de Sievert. Foi necessário selecionar e contratar uma empresa para realizar o projeto de controle que o laboratório necessitava e para o qual já havia recursos alocados. Esse desfecho deixou o equipamento de Sievert órfão de desenvolvedor de sistemas.

Iniciou-se, então, uma reflexão crítica sobre o processo de seleção dos desenvolvedores, o primeiro profissional contratado tinha realmente condições de realizar o proposto, havendo apenas a questão de disponibilidade de tempo. Já o segundo profissional, apesar de ter tido boa formação e já ter realizado com sucesso um curso de mestrado, o que se considerou uma indicação positiva em relação à competência para o trabalho, porém, não o suficiente para realizar o trabalho em tempo hábil. Sendo assim, foi observada na prática uma falta, ou dificuldade de selecionar profissionais qualificados a implementar projetos nesta área. Havia nesse profissional a clara compreensão e domínio de todo o conhecimento teórico, porém, este foi incapaz

⁴⁹ Abreviação comumente utilizada para *Computer Aided Design*, tratam-se de *softwares* para desenvolvimento de desenho industrial e modelagem de engenharia.

⁵⁰ Abreviação de Controlador Lógico Programável.

de aplicar na prática, dentro do prazo disponível, os conhecimentos para desenvolver um sistema de controle.

O segundo fator foi o tipo de equipamento utilizado. O Brasil, por não ter um mercado de equipamentos científicos/laboratoriais muito desenvolvido, necessita importar diversas partes para elaboração de um equipamento mais complexo. A importação de válvulas ou fluxímetros com acionamento eletrônico e para trabalho com altas pressões e pequenas vazões encontra uso em diversos equipamentos de precisão e podem ser utilizados para a fabricação de armas. Assim, um possível componente da dificuldade exacerbada de realizar essas compras pode ter como fundamento questões de segurança.

O terceiro fator foi a falta de financiamento disponível no decorrer da pesquisa, não necessariamente devido à falta de disponibilidade de fontes para solicitação de recursos públicos, que podem ser observadas como foi apresentado no capítulo 2, item 3. A indisponibilidade de recursos se deve principalmente a falhas de planejamento e a falta de pessoal técnico qualificado para implementação de projetos, apesar de ter sido observado uma grande quantidade de profissionais no ambiente acadêmico da UFRJ que dispunham da base teórica para tal desenvolvimento. Observou-se ainda que os profissionais capazes de realizar tal projeto não tinham tempo disponível devido a uma intensa demanda por trabalhos nessa área.

Dessa forma, apesar de não ter logrado sucesso em desenvolver uma versão comercialmente viável antes do fim do período de pesquisa para a tese, o projeto foi completamente desenhado e estruturado, estando em andamento no laboratório, tendo perspectivas de ser finalizado sob a coordenação de um pesquisador de pós-doutorado em engenharia elétrica, auxiliado por um discente de mestrado em engenharia eletrônica e um estagiário de iniciação científica.

5.2 O desenvolvimento da pesquisa de viabilidades para o Ônibus a Hidrogênio e para o reator de Pirólise a Plasma

Diferentemente do projeto do equipamento de Sievert, que é um equipamento para uso laboratorial, com restrito mercado e, por consequência, requer uma menor complexidade de análise, o Ônibus Híbrido a Hidrogênio e o reator de Pirólise a Plasma requerem um análise mais complexa, que se justifica por envolver um arranjo com diversos agentes, tanto industriais quanto financeiros, políticos e institucionais, de grande importância. Buscou-se uma estratégia de seleção de um grupo de apoio ao desenvolvimento, elucidando dúvidas, tanto de questões relativas à ciência e à tecnologia, para o qual se teve o apoio de integrantes do próprio laboratório, quanto um pessoal especializado em inovação tecnológica e desenvolvimento de negócios de base tecnológica, sendo esses últimos encontrados entre os colegas discentes⁵¹ do próprio curso de mestrado e doutorado em engenharia de produção da COPPE/UFRJ.

A partir das pesquisas realizadas e apresentadas no capítulo 4, ficou claro que esse seria um mercado interessante dentro de alguns anos, porém pode-se observar que atualmente já existe um nicho relevante de mercado, principalmente de protótipos para testes de operação e uso em diversas situações. É um mercado de pequena escala, havendo uma interessante margem para a produção e venda de partes ou mesmo os sistemas completos.

A partir dessas análises buscou-se desenvolver um modelo de transbordamento tecnológico do laboratório, usando transbordamento em consonância com Pinto (2006), quando descreve o processo de expansão marítima realizado pelos portugueses. Estes, segundo o autor, haviam chegado a um ponto em que havia a necessidade de buscar novas fontes de suprimentos para a nação e as oportunidades de comércio no Mar Morto não eram muito interessantes, pois já estavam dominados por outras nações. Assim, Portugal se via espremido na península, tendo como única opção viável para atender aos

⁵¹ Dentre os discentes que contribuíram de forma decisiva para o desenvolvimento desses trabalhos, destacam-se, José Arnaldo Deutscher, aluno de doutorado e Rafael de Jesus Gonçalves, aluno de mestrado.

anseios de seu povo uma estratégia de expansão marítima, buscando assim, novos horizontes, e para isso gerando uma série de inovações.

É esse mesmo espírito que se pode observar nos laboratórios da COPPE/UFRJ, que estão, em sua maioria, produzindo um grande número de inovações, em diferentes áreas do conhecimento. Porém, muitas dessas inovações não são desenvolvidas o suficiente para serem aplicadas pela universidade em um determinado uso social. A maioria das inovações que não têm uma empresa interveniente, ou seja, no caso de pesquisa aplicada ou básica, em que não exista uma empresa ou instituição que esteja interessada, *a priori*, em se apropriar dos conhecimentos gerados pelo projeto, este deposita patentes que têm o efeito apenas de melhorar os índices da universidade nesse quesito. Isso não gera qualquer outro benefício para a mesma ou para a sociedade que contribuiu para seu desenvolvimento.

Acredita-se que, não há muito interesse ou grande conhecimento por parte do empresariado brasileiro do potencial escondido nas universidades. Esse fato se torna evidente ao se observar o número de patentes em oferta no endereço eletrônico da COPPE, aproximadamente 40 patentes disponíveis para consulta e oferta de licenciamento. A não existência de pedidos de licenciamento ou mesmo solicitações de informações por parte de agentes externos à universidade demonstra que o empresariado brasileiro ainda não está totalmente preparado para buscar esse tipo de auxílio dos centros nacionais de excelência em pesquisa e desenvolvimento.

Este fato pode ser comprovado através do caso do reator de pirólise a plasma, apesar de a patente referente a este reator estar em oferta há aproximadamente um ano e meio e, o mercado de demanda por insumo produzidos por este método estar aquecido no Brasil e no mundo, não se observa o interesse de empresas nacionais em absorver tal tecnologia. Acredita-se que esse fato tenha duas causas: uma referente à questão da falta de cultura de grande parte do empresariado brasileiro em buscar inovação em centros de pesquisa, ao invés de fazê-lo a partir de compras de máquinas, equipamentos ou serviços importados; a segunda razão poderia ser atribuída à falta de um setor dinâmico de divulgação e preparação das inovações, sendo necessário decodificar as informações

para que estas possam ser melhor absorvidas pelos agentes que serão responsáveis por introduzi-las na sociedade.

Essas duas relações foram parcialmente abordadas no texto, tendo sido apresentadas na revisão bibliográfica, no capítulo 2.3 e no capítulo 3, nos estudos para o desenvolvimento dos modelos de gestão. A recente exigência legal de haver Núcleos de Inovação na universidade pode cumprir parte desse papel, pois estes têm a capacidade de articular com os agentes interessados de forma institucional o trâmite para cumprir as diversas etapas necessárias à obtenção da licença para uso da tecnologia e os acordos de pagamento de *royalties* à universidade.

Outra função importante, apesar de não ser esta descrita como atribuição dessa Agência, poderá ser o apoio aos pesquisadores que desejam desenvolver suas descobertas fora da universidade, necessidade essa já compreendida pelo atual diretor da Agência de Inovação da UFRJ, o senhor Ricardo Pereira, que em diversas entrevistas ao longo dos anos de 2007 e 2008 deixou transparecer essa atribuição. Para que os pesquisadores contem com o apoio desse órgão na tomada de decisão torna-se necessário internalizar nessa agência pessoas capazes de acumular, durante os anos de atuação, a experiência de casos de sucesso ou fracasso, podendo tornar-se um importante agente complementar às ações das incubadoras universitárias. Dessa forma, a lei de inovação cumpre importante papel de robustecer os esforços em direção a uma economia do conhecimento. Porém, há ainda um importante agente que deve estar consciente de seu papel e de sua importância, o pesquisador que depositou a patente e que não pretende desenvolvê-la fora da universidade. Este deve necessariamente transmitir os conhecimentos necessários ao uso da tecnologia, que não estão contidos na patente, ficando evidente que sem essa “tangibilização⁵²”, pois em muitos casos há que haver uma grande quantidade de trabalho extra, corre-se mesmo o risco de não se alcançarem os resultados esperados, caso essa etapa não seja feita corretamente.

Assim, a regulamentação dos procedimentos para o licenciamento de patentes de propriedade de Universidades ou do Centro de Pesquisa públicos passa a ter um

⁵² Utiliza-se o termo no sentido de tornar algo que está presente apenas sob a forma de conhecimento prático em documentos elucidativos, capazes de fazer com que outros indivíduos tenham capacidade de produzir os mesmos resultados.

procedimento próprio, sendo obrigatória a criação dentro de cada uma dessas instituições de um Núcleo de Inovação Tecnológica, com a missão de gerir suas patentes. Há também a previsão de oportunidade de saída do pesquisador da empresa para desenvolver sua inovação comercialmente, podendo este gozar de uma licença de três anos renováveis por igual período, depois da efetivação de seu desligamento do centro de pesquisa público. Dessa forma, a lei de inovação tecnológica passa a criar mecanismos que permitem a transformação do conhecimento produzido em benefícios sociais coletivos. Destacando-se que o autor desta não acredita ser interessante que o pesquisador abandone suas funções de pesquisa e ensino, sendo mais interessante a opção de tangibilizar os conhecimentos e transmiti-los a um grupo de profissionais com formação para esse tipo de desenvolvimento.

A segunda questão, refere-se aos incentivos à atividade inovadora, que teve como principal impulso a lei de inovação, tal qual a questão anterior. Porém, essa é afetada também pela criação dos fundos setoriais que são potencializados pelo mecanismo que criou a modalidade de “Subvenção Econômica”. Através dessa, passa a haver regulamentação e permissão de se investir dinheiro público em organismos privados com fins lucrativos através de recursos não reembolsáveis, com objetivo restrito de promover P&D nesses ambientes.

A revisão bibliográfica, que permitiu chegar às convicções apresentadas no parágrafo anterior, direcionou para a busca de uma estratégia de viabilização de projetos de prototipação, necessários ao projeto de inovação desenhado para o laboratório, tendo havido inicialmente um foco nos editais de subvenção econômica. Esta opção teve como base o entendimento de que as tecnologias estavam em estágio laboratorial e que seria necessário um estágio de prototipação pré-industrial ou pré-comercial. Fez-se o esforço para obtenção desses recursos e como foi demonstrado no capítulo 6, item 1, o projeto foi bem estruturado e apresentado. No entanto, este encontrava-se sob a égide de uma empresa nova e sem história de faturamento, deparando-se portanto com uma barreira burocrática, a necessidade de constituir uma empresa que tenha um razoável faturamento antes de submeter projetos de maior vulto. Este fato torna-se mais relevante, ou tão relevante quanto, haver planos de trabalho, objetivos com mérito, um corpo de profissionais altamente qualificados para desenvolver as ações propostas e

indicações de necessidades por parte da sociedade para essa tecnologia. A forma com que fora escrito o edital criara um mecanismo que prejudicava o desenvolvimento de inovações em empresas tipo *spin-off* pouco capitalizadas ou com pouca experiência de mercado.

Apesar do quadro apresentado anteriormente, o novo edital de subvenção econômica apresenta diferenças em relação ao último, introduzindo melhorias que penalizam menos as pequenas empresas. A principal mudança em relação aos editais de subvenção econômica lançados em 2006 e 2007 para o edital de 2008 está na criação de faixas para a exigência de contrapartidas financeiras dos agentes tomadores de recursos. Enquanto nos dois primeiros casos havia a necessidade de haver um aporte mínimo de 25% do capital solicitado, no edital 2008 existem faixas que vão desde 5% de contrapartida para instituições com faturamento de até 2,5 milhões até a necessidade de 200% de contrapartida por parte de grandes empresas. Essa divisão passou a incluir melhor as empresas de tecnologia do tipo *spin-off*, normalmente com pouco faturamento, porém com um grande conteúdo de especialização técnica e científica.

Após a cooperação para o planejamento, as análises de viabilidades e a correta estruturação do modelo de inovação a ser seguido, ainda se carece de um elemento chave para a sua realização, a questão financeira. Esta fica facilitada com a colaboração dos departamentos de economia, administração e contabilidade, que têm mais condições de desenvolver estudos, de forma a encontrar as melhores estratégias para a introdução da inovação no mercado, devendo ainda contar com a segurança jurídica dada pelo apoio da faculdade de direito, tanto referente à proteção de propriedade intelectual quanto à segurança jurídica de contratos bem feitos com parceiros e clientes.

O modelo de pesquisa e desenvolvimento adotado pela COPPE permitiu que ocorressem na instituição, desenvolvimentos de longo prazo e estes só são possíveis devido à grande interação com empresas. Desse modo há a cooperação de agentes externos à universidade para a formação de bases e avaliação da evolução do projeto de forma cooperativa. Foi interessante observar a formação de uma linha de pesquisa do LabH2 com uma empresa do ramo químico. No primeiro ano de pesquisa o laboratório fez basicamente uma extensa revisão bibliográfica e traçou possíveis linhas de atuação

para a pesquisa, apenas no segundo ano após diversas discussões, confronto de posições de ambas as partes, discussões e análise dos dados, o caminho a ser seguido para a continuação do trabalho de pesquisa laboratorial propriamente dito foi decidido. Essa etapa envolveu três engenheiros em tempo parcial da indústria química e dois pesquisadores e um técnico em tempo integral, mais o Coordenador do LabH2 em tempo parcial. Acredita-se que um desenvolvimento que conta com a avaliação de um número maior de agentes qualificados de diferentes áreas ou setores tem mais chances de obter sucesso.

Esse trabalho permitiu uma base científica muito forte para o início dos trabalhos de experimentação laboratorial, sendo essa sempre avaliada quanto aos objetivos futuros de aplicação tecnológica e o resultado desse esforço está se materializando na deposição da primeira patente, dois anos depois do início da pesquisa laboratorial, tendo um acordo já estabelecido para dar seguimento à pesquisa por, ao menos, mais três anos, com recursos, cronograma de empenho e de testes laboratoriais e preparação dos testes de prototipação já estabelecidos⁵³. Prevê-se nesta etapa testar em escala reduzida possíveis modelos de aplicação na empresa.

Durante o desenvolvimento do modelo de incentivo à criação de uma cultura de inovação na COPPE e em seus laboratórios, o caso do projeto com a Renault se destacou. Acredita-se que essa é uma das grandes inovações descobertas por esse trabalho na medida em que traz uma nova forma de dialogar com a sociedade e capitalizar projetos de grande interesse para a sociedade e com dificuldades de capitalização através dos agentes governamentais ou mesmo empresas e instituições da área. Nesta oportunidade, os resultados de uma divulgação espontânea fizeram com que a atenção ao retorno de imagem, uma coisa impensável há alguns anos antes, passasse a ter importância fundamental para agregar parceiros e tornar possível o desenvolvimento de projetos com um índice de nacionalização de tecnologia muito alto.

A partir do ocorrido o pesquisador conseguiu compreender melhor a importância da atuação do departamento de divulgação da COPPE. Compreendendo ainda que, além da divulgação de trabalhos em conceituadas revistas científicas nacionais e

⁵³ O caso citado refere-se a pesquisa com pilhas a combustível de óxido sólido do Laboratório de hidrogênio da COPPE/UFRJ.

internacionais, era interessante a busca por divulgação dos trabalhos realizados nos meios de comunicação não científicos, pois isso geraria resultados positivos a suas pesquisas e aos seus parceiros.

Destaca-se ainda o importante papel dos fundos de *venture capital*. Estes podem prover o acesso a uma rede de contatos vasta e de alto nível. Assim, a introdução de um canal de diálogo permanente com fundos de investimentos na estratégia de promoção da inovação em empreendimentos *spin-off* universitários confere a estes uma maior chance de sucesso. Essa percepção vai de encontro com dados das incubadoras, que promovem uma ação parecida com a de gestores desses fundos. Isso permite a formação de planos de curto, médio e longo prazos e diversas ações de auxílio e aconselhamento, porém, com os fundos há ainda a injeção de recursos financeiros, muito importante para as fases iniciais dos negócios e a já mencionada rede de contatos.

Dessa forma, o modelo final apresentado na figura 06 tem como mote contribuir, como foi demonstrado, para uma produção acadêmica e científica de ponta apoiada em parte por financiamento público e em parte por financiamento privado. Foi interessante observar que não existe um conflito entre cooperação com empresas privadas e desenvolvimento de pesquisa básica. Isto porque, há espaço para aplicação de desenvolvimentos fortemente inovadores e com grande base científica, tais como a detecção de H₂ em materiais. Tais processos servem para auxiliar indústrias a melhorar os métodos produtivos e evitar a contaminação e conseqüente fragilização pelo hirogênio de materiais. Trata-se de uma linha de pesquisa embasada em física quântica e eletrônica de precisão, que conta com um importante caráter científico. Entretanto, ela agrega uma visão de geração de protótipos, já objetivando uma aplicação para melhoria dos processos de produção em diversos setores, criando conseqüente redução do impacto ambiental com equipamentos mais confiáveis e com menos perdas durante os processos industrial e comercial.

Acredita-se que a falta de cooperação, discutida no capítulo 3, possa explicar um pouco a dicotomia entre a forte produção acadêmica e científica que a universidade apresenta em todos os seus departamentos e a ainda pouca expressiva geração de inovações para a sociedade.

Outro fator essencial para que ocorra um “transbordamento tecnológico” consistente nos próximos anos refere-se à segurança e à perenidade das fontes de financiamento à pesquisa. Apesar de ter havido, como foi apresentado neste trabalho, grandes avanços na regulamentação das fontes de investimento em P&D no Brasil. Dentre estes, destacam-se a regulamentação de fontes e percentuais fixo através dos fundos setoriais e a promulgação de leis que incentivam e ajudam a viabilizar diversos projetos de inovação no país, como a lei de inovação. Estas, entretanto, ainda não contemplam a obrigatoriedade de empenho financeiro para o gasto com pesquisa. O poder executivo pode, apesar de dispor dos recursos, decidir não investi-los, fazendo com que estes voltem ao Orçamento Geral da União na forma de contingenciamento. Na maioria dos fundos setoriais existe um razoável empenho dos recursos, porém, isso não é realidade para todos e não há garantias de que a situação atual continuará perdurando nas próximas gestões governamentais.

Apesar de reconhecer os imensos avanços realizados pela promulgação dessas leis e a operacionalização dos órgãos governamentais responsáveis por cumpri-las, ainda existem brechas que permitem a não realização efetiva dos investimentos em benefício de outras prioridades políticas. Esse fato ocorre principalmente devido a característica do orçamento brasileiro, que é autorizativo, quando na maioria dos países desenvolvidos é impositivo. Essa formação permite ao Poder Executivo decidir aplicar ou não os recursos aprovados no orçamento elaborado pelo Congresso Nacional, tendo assim não só um importante instrumento de barganha política, mas também a premissa de decidir se investe ou não em ciência e tecnologia, criando assim uma fonte de instabilidade nesta importante área do Estado brasileiro.

6 Conclusões

A análise realizada neste trabalho resultou na construção de dois modelos para potencializar a geração de inovação no ambiente de pesquisa em engenharia da COPPE/UFRJ. Um para os laboratórios, entendidos como células de um corpo maior, a

COPPE/UFRJ, conforme apresentado na ilustração 4, página 59, e outro para a Instituição que congrega todos esses laboratórios, a COPPE/UFRJ, conforme apresentado na ilustração 3, página 49. Além do levantamento do modelo atual da COPPE/UFRJ, buscou-se construir uma plataforma em que a instituição e suas diversas células, os laboratórios, possam interagir, porém, mantendo relativa independência em relação a seus pares.

O trabalho permitiu apontar caminhos, que mostraram-se viáveis, para a realização do denominado transbordamento tecnológico da universidade para a sociedade, tendo sido possível identificar claramente alguns entraves ao desenvolvimento de ações desse tipo, como descrito a seguir.

Em primeiro lugar, a dificuldade de licenciamento de patentes de propriedade da Universidade. Observou-se que existe um procedimento ainda pouco consolidado para a realização do licenciamento. Ainda não há o entendimento de que o pesquisador que desenvolveu a tecnologia é o mais qualificado para integrar a equipe de desenvolvimento de protótipos para o início da comercialização. Esta pode ser evidenciada pelo caso apresentado das patentes ofertadas na página da internet da Fundação COPPETEC. Apesar das patentes estarem sendo ofertadas há mais de um ano, é necessário que seja realizado um longo processo de licenciamento, que passa pela oferta pública em novos moldes. O trabalho realizado em duplicidade pela UFRJ faz com que os pesquisadores percam tempo valioso para a entrada no mercado e consigam o início de operação com a tecnologia.

O processo de preparação de produtos ou processo de prototipação enfrenta grande dificuldade devido à escassez de mão-de-obra qualificada e com experiência para trabalhos técnicos específicos em tecnologias avançadas. Essa questão foi observada na prática durante o processo de prototipação e desenvolvimento do Equipamento de Sievert. Durante esse processo, foi possível observar não só a dificuldade em contratar profissionais qualificados para atuar na resolução dos problemas apresentados durante o desenvolvimento por duas razões: ou não se tinham profissionais qualificados e com experiência suficiente para desenvolver as soluções ali

necessárias; ou encontravam-se profissionais qualificados formalmente, porém, sem a experiência prática necessária à realização das tarefas.

O terceiro ponto importante para que ocorra um ambiente mais propício para a inovação tecnológica é a criação de mecanismos que facilitem ou melhorem a articulação intra-Universidade. Como exemplo, não foi possível encontrar na Universidade núcleos de interações entre as faculdades que a compõem, com raras exceções, porém nenhuma delas voltadas à inovação tecnológica com a participação de agentes das faculdades de economia, administração, contabilidade, direito e engenharia trabalhando juntas. Buscou-se a seleção dessas faculdades por considerar que essas são as competências essenciais para o desenvolvimento de projetos de “transbordamento tecnológico”.

O trabalho de pesquisa no laboratório evidenciou ainda a pouca disponibilidade de fabricantes e fornecedores de equipamento laboratorial para as linhas de pesquisas em engenharia, tanto nacionais quanto importados. Acredita-se que essa deficiência do mercado nacional deve-se ao tamanho do mercado, que cresceu apenas após a promulgação da lei que estabeleceu os fundos setoriais, somente há cerca de 10 anos.

Somada à constatação da pouca disponibilidade de fornecedores de peças e equipamentos para aplicação científica, há ainda uma excessiva concentração das empresas de assistência técnica para equipamentos nacionais e importados na cidade de São Paulo. Este fato deixa o restante do país relativamente desassistido, havendo uma clara deficiência no acesso à informação e a conseqüente dificuldade de alguns pesquisadores em criar soluções sob medida para seu próprio laboratório. Esta conjunção de fatores torna mais difícil a criação de um setor de produção de equipamentos nacionais de alta tecnologia, principalmente nas áreas em que são necessárias soluções de automação e robótica.

Há ainda algumas questões institucionais que influenciam na capacidade da universidade conseguir produzir inovação. Acredita-se que um dos maiores entraves é a difusão de uma cultura de inovação na Universidade. O comprometimento dos professores não apenas com transmissão formal de determinado conhecimento, mas também com a preocupação em transmitir uma mensagem de orientação e apoio a

iniciativas pró ativas que permitam a esses observar a questão da construção de plataformas de aplicação das tecnologias ali estudadas como uma opção ao desenvolvimento da nação. O que se observa atualmente é o contrário, estando clara essa percepção em relação à lei de inovação e a aplicação desta na universidade (LEHER, 2004).

Foi possível constatar que há, nos tempos correntes, uma efetiva melhoria de recursos disponíveis para inovação tecnológica. Nos últimos dois anos foram criados ou ocorreu o incentivo à criação de fundos de investimento de capital de risco. Destaca-se a atuação do BNDES que criou o fundo Criatec, para investimento em empresas de base tecnológica e à Finep com editais para capitalizar fundos que têm como objetivo o investimento no mesmo segmento de empresas. Em relação à Finep, destacam-se ainda os editais lançados para investimentos na modalidade de “Subvenção Econômica”. Esses têm como objetivo capitanear recursos para que as empresas possam implementar ações de pesquisa e desenvolvimento que possibilitem a essas uma vanguarda em certas áreas. Essas ações têm transformado o ambiente de inovação no Brasil, porém, se comparado ao número e qualidade dos trabalhos científicos realizados pelo país, essas ações ainda são insuficientes.

Foi possível observar que alguns dos fatores apontados estão sendo corrigidos ou sanados através de ações governamentais, como foi demonstrado, pela atuação do legislativo e do executivo, na forma de regulamentação das leis de incentivo e na melhoria dos mecanismos de atuação dos fundos setoriais.

Foram apresentadas várias mudanças, sugeridas no modelo desenvolvido para a COPPE que, acredita-se, podem transformar a COPPE em referência, não só em ciência e tecnologia, mas também em inovação e geração produtiva de desenvolvimento social, emprego e renda.

Há ainda algumas questões a serem estudadas para que se possa realmente criar um ambiente de inovação tecnológica capaz de enfrentar os desafios que se apresentam neste século XXI, e que serão detalhadas a seguir.

A criação de parâmetros de seleção de tecnologias a partir de estudos de responsabilidade e / ou sustentabilidade social e ambiental. Nesse trabalho foi possível realizar apenas uma análise preliminar quanto à adequação ou não de uma tecnologia com parâmetros ambientais e de respeito social aos indivíduos, no entanto, acredita-se ser necessário a criação de todo um modelo de análise e avaliação das tecnologias sob esses parâmetros. Não se percebeu essa preocupação nas análises realizadas pelos fundos de investimento com os quais se teve contato durante esse trabalho, não tendo sido encontrado um modelo de análise de inovação que se debruçasse sobre essas questões.

O fortalecimento da cooperação intra-Universitária a partir do fomento de projetos cooperativos na área de inovação tecnológica pode ser uma solução interessante para que se possam suprir as carências das áreas de engenharia quando se busca transformar pesquisa em inovação. A união dessas capacidades pode ter como agente aglutinador a incubadora de empresas ou a recém criada Agência de Inovação, que são agentes que têm como coordenar projetos cooperativos com foco em inovações selecionadas por esses mesmos agentes.

A formação de alunos de cursos da área tecnológica com uma maior exigência de desenvolvimento de trabalhos práticos. Observou-se, durante o desenvolvimento do equipamento de Sievert, que diversos estudantes dominavam o conhecimento teórico, mas na hora de implementá-lo na prática encontravam dificuldades, sendo necessário, após o fim do curso, um longo período aprendendo a utilizar as ferramentas que havia conhecido teoricamente. Uma solução a essa questão pode ser a maior interação com o recém formado Parque Tecnológico da UFRJ, somado a uma maior interação em projetos de inovação. Acredita-se que com essas ações os estudantes não se formarão com essas deficiências.

O fortalecimento dos mecanismos necessários à expansão dos fundos de capital de risco desponta como uma importante ação para a viabilização do transbordamento tecnológico. Para que isso se concretize é necessário que ocorra um fortalecimento ainda maior do mercado de capitais nacional, deixando de ser fortemente apoiado em negociação de títulos da dívida e grandes empresas como Petrobras e Vale, incentivando

os IPOs (termo utilizado para abertura de capital na bolsa de valores). Torna-se importante que o sistema de regulação das operações seja estudado e que as regras de investimento sejam mais claras para grande parte da população que hoje está fora desses mercados. Isto é, é necessário que cada vez mais se popularize o investimento em bolsa, através de mecanismos que facilitem a participação de pequenos e médios investidores.

É importante incentivar a criação de empresas *spin-off* em universidades e centros de pesquisa. Os estudantes, professores e pesquisadores devem observar a questão da criação de empresas ou mesmo a associação a empresas de base tecnológica como uma opção de trabalho e de crescimento profissional. A criação de uma cultura de inovação é importante para que se crie a preocupação em transmitir os conhecimentos ali produzidos para a sociedade, fazendo com que todos daquela região possam se beneficiar da proximidade com o centro de excelência.

Deve haver maior empenho em formar pesquisadores / empreendedores, para que se tenha massa crítica capaz de absorver o alto volume de produção científica e retransmiti-lo à sociedade. Observou-se que, grande parte dos pesquisadores que terminam seus cursos de mestrado e doutorado passa em concursos públicos, bem remunerados, muitas vezes para serviços não tecnológicos / científicos.

7 Referências bibliográficas

ABIPTI, 2008. Perfil institucional, http://www.abipti.org.br/perfil/per_beneficios.htm, acessado em 21/01/2008.

BRAGA et al. Poluição atmosférica e seus efeitos na saúde humana. Disponível em: < http://www.cgu.unicamp.br/energia2020/papers/paper_Saldiva.pdf > Data de acesso: 02/04/2007.

BURG E. V., et al. 2008. “Creating University Spin-Offs: A Science-Based Design Perspective”. *Journal of Production Innovation Management, Product Development & Management Association* 25:114–128

BOURDIEU, p. and L.Wacquant, 1992, *Invitation to Reflexive Sociology*, Chicago: University of Chicago Press.

BRINKS, H.W. et all, 2006. Pressure–composition isotherms of TbNiAlHx. *Journal of Alloys and Compounds* 417 (2006) paginas 92–95

CANTÃO, M. 2007. PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO A PARTIR DA BIOMASSA. Brasil H2 Fuel Cell Expo/Seminar, Seminário Sobre Energia do hidrogeno. Curitiba, PR, Setembro de 2007.

CASSIOLATO, J. E. e LASTRES, H. M. M. 2000. “Local systems of innovation in the Mercosur facing the challenge of the 1990s”. *Industry and Innovation*, v. 7, n. 1, 2000, p. 34-51.

CASSIOLATO, J. E. e LASTRES, M. H. M. 2000. “Sistemas de Inovação: Políticas e Perspectivas. Parcerias Estratégicas”. *Revista do Centro de Estudos Estratégicos do Ministério de Ciência e Tecnologia*. Número 8, p. 237-255, maio, 2000.

CHAVES G. C. et all. 2007. “A evolução do sistema internacional de propriedade intelectual: proteção patentária para o setor farmacêutico e acesso a medicamentos” *Cad. Saúde Pública*, Rio de Janeiro, 23(2):257-267.

COLEMAN, J. 1990, “*Foundations of Social Theory*”, Cambridge MA: Harvard University Press.

COOKE P. e WILLS, D. 1999. “Small firms, social capital and the enhancement of business performance through Innovation Programmes”. *Small Business Economics*; Nov 1999; 13, 3; ABI/INFORM Global pg. 219.

DRUCKER, P. F., 1986. “*Innovation and Entrepreneurship*”. New York: Perennial Library, 277p.

DUBEUX, C. B. S. 2007. Mitigação de emissões de gases de efeito estufa por municípios brasileiros: metodologias para elaboração de inventários setoriais e cenários de emissões como instrumentos de planejamento. Rio de Janeiro, 2007. 247 f. Tese (Doutorado em ciências em planejamento energético) – Programa Planejamento Energético, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro.

ENGEL D., KEILBACH M. 2007. “Firm-level implications of early stage venture capital investment — An empirical investigation”. *Journal of Empirical Finance*, n. 14 150–167

ESTEVES et al. 2004. Estimativa dos efeitos da poluição atmosférica sobre a saúde humana: algumas possibilidades metodológicas e teóricas para a cidade de São Paulo. II Encontro da ANPPAS. 26 a 29 de maio. Indaiatuba, São Paulo, Brasil.

ETZKOWITZ, H.; LEYDESDORFF, L. (1996). "The Triple Helix-University, Industry, Government Relations: A Laboratory for Knowledge Based Economic Development". Publicado nos Anais da "The Triple Helix of University-Industry-Government Relations: The Future Location of Research Conference", Amsterdam.

FINEP, 2008. Fundos setoriais. http://www.finep.gov.br/fundos_setoriais/fundos_setoriais_ini.asp?codSessaoFundos=1, acessado no dia 25/02/2008.

GOUVEIA et al. 2006. Hospitalizações por causas respiratórias e cardiovasculares associadas à contaminação atmosférica no Município de São Paulo, Brasil. *Caderno Saúde Pública*, Rio de Janeiro, 22(12):2669-2677.

HISTÓRIA SBPC, 2008. Trecho extraído de: Publicação nº 3 da SBPC, de 1951: “SBPC – Fundação, evolução e atividades”, reproduzidos nos *Cadernos SBPC* Nº 7, 2004.

HUGHES, A. 2007. Innovation policy as cargo cult: myth and reality in Knowledge-led productivity growth. Centre for Business Research, University of Cambridge. Working Paper No. 348

Kortum S., Lerner, J. 2000. “Assessing the Contribution of Venture Capital to Innovation”. *The RAND Journal of Economics*, Vol. 31, No. 4, (Winter, 2000), pp. 674-692. Blackwell Publishing.

LABANCA, A. R. C.; FEUGEAS, J. N.; MIRANDA, P. E. V.; 2006. Análise econômica da produção de hidrogênio pela pirólise a plasma do gás natural. Anais da Rio Oil & Gas Conference, Rio de Janeiro, Set. 2006.

LAKATOS, Imre. *FALSIFICATION AND THE METHODOLOGY OF SCIENTIFIC RESEARCH PROGRAMS IN CRITICISM AND THE GROWTH OF KNOWLEDGE*, Cambridge, Cambridge University Press (1970)

LOURY, C. L. 1976. “A Dynamic Theory of Racial Income Differences”. Northwestern University, Discussion Paper 225, junho, 1976.

LUNDVALL, B. Product innovation and user-producer interaction. Aalborg, Dinamarca: Aalborg University Press, 1985.

_____, 2001 National systems of production, innovation and competence building. In: The Nelson and Winter Druid Summer Conference, 12-15 jun. 2001, Aalborg, Dinamarca. Anais. Aalborg,.

LEHER, R. 2004. “Para Silenciar os Campi” Educ. Soc., Campinas, vol. 25, n. 88, p. 867-891, Especial.

MANUAL DE OSLO, 1997 “Proposta de Diretrizes para Coleta e Interpretação de Dados sobre Inovação Tecnológica”. Organização para Cooperação Econômica e Desenvolvimento, Departamento Estatístico da Comunidade Européia, traduzido por: Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP).

MARCELO, P.. CÔRTEZ, M. R. e Fernandes, A. C.. 2002 “A Fragilidade das Empresas de Base Tecnológica em Economias Periféricas” - Artigo apresentado por Marcelo Pinho no seminário de discussão DPP, em 20/12/2002 no DPCT/Unicamp.

MARTINS et al. 2002. Poluição atmosférica e atendimentos por pneumonia e gripe em São Paulo, Brasil. Revista Saúde Pública. 36(1):88-94

MENDES, A. P. F. 1993. Uma avaliação do impacto ambiental no Brasil: Poluição do ar e mortalidade. Dissertação de mestrado em Planejamento Energético. COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.

MIRANDA, P. E. V. ; Labanca, A. R. C.; Feugeas, J. N. 2003. Reformador pirolítico a plasma para a decomposição de hidrocarbonetos ou alcóois em hidrogênio e carbono sólido. Depósito de Patente, PI 0305309-1, 11/2006.

NEWBOROUGH, M. 2004. “A report on electrolyzers, future markets and the prospects for itm power ltd’s electrolyser technology”. Executive Summary Heriot-Watt University, Edinburgh.

SILVA, E. M. de P. e, 2007. “A Experiência de Colaboração do Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais da UFMG com Empresas – Lições para a Lei de Inovação” Revista Brasileira de Inovação, Rio de Janeiro (RJ), 6 (2), p.433-459, julho/dezembro.

PACHECO, C. A. 2007. A Criação dos “Fundos Setoriais” de Ciência e Tecnologia. Revista Brasileira de Inovação, Rio de Janeiro (RJ), 6 (1), p.191-223, janeiro/junho 2007

PACHECO, C. A. 2007. As reformas da política nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação no Brasil (1999-2002). Manual de Políticas Públicas. Nações Unidas. Santiago de Chile, dezembro de 2007.

PAVITT, K. (1984). Sectoral patterns of technical change: towards a taxonomy and a theory. *Research Policy*, 13, pp.343-373.

PEREIRA N. M. Figueiredo S. P. de. Experiências de apoio à inovação tecnológica setorial. *Journal Technol. Manag. Innov.*, 2006, Volume 1, Issue 3

PEREIRA, J. M. KRUGLIANSKAS, I. 2006. Lei de inovação tecnológica: instrumento efetivo de incentivo a inovação e a pesquisa no Brasil? *Revista Gestão Industrial*, V. 02, número 02, página 78-88 – ISSN 1801-0448.

PINTO, L. F. da S. 2006. “Sagres: a Revolução Estratégica” Editora: Senac Distrito Federal, 10ª. edição.

MENEGASSO, M. E. 2006. “As organizações sociais na região de Brusque”. Relatório parcial: Diagnóstico do capital social. Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências da administração – Convênio BRA/03/008/PNUD/SPG/UDESC – grupo de pesquisa POLITÉIA.

PINTO L. F. G. 1997. “Capital de Risco: Uma Alternativa de Financiamento às Pequenas e Médias Empresas de Base Tecnológica – O Caso do Contec”. *Revista do BNDES*, nº 7, junho, pág 151-184.

PUTNAM, R. D. 2000. *Comunidade e democracia: a experiência da Itália moderna*. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas.

RESENDE, S. M. Vedovello S. 2005. *Bahia análise e dados*, Salvador, v. 14, n4, paginas 769-780.

RICARDIS, 2006. *Reporting intellectual capital to augment Research, Development and Innovation in SMEs – Report to the Commission of the High Level – Expert Group on RICARDIS*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities — 164 pp. — ISBN 92-79-02149-4

Schumpeter, J. (1934), “The Theory of Economic Development”, Harvard University Press, Cambridge Massachusetts.

TEECE, D. J., 1986. “Profiting from technological innovation: Implications for integration, collaboration, licensing and public policy”. School of Business Administration, University of California, Berkeley, CA 94720, U.S.A.

TEECE D.J. 2000, “Strategies for managing knowledge assets: the role of firm structure and industrial context”, *Long Range Planning* 33, pp. 35–54.

TOLMASQUIM, M. T., 2003. Fontes renováveis de energia no Brasil. Rio de Janeiro: Interciência: CENERGIA.

TOYOSHIMA et al. 2005. Morbidade por doenças respiratórias em pacientes hospitalizados em São Paulo/SP. Associação Médica Brasileira. 51(4): 209-13.

SILVA, Ennio Peres da & CAVALIERO, Carla Kazue Nakao. Perspectivas para as fontes renováveis de energia no Brasil. Jornal da Unicamp. 24 de fevereiro a 9 de março de 2003. Disponível em: <http://www.unicamp.br/unicamp/unicamp_hoje/jornalPDF/204pag02.pdf> Data de acesso: 08/04/2007.

VILLASCHI, A. 2005. “Anos 90 uma década perdida para o sistema nacional de inovação brasileiro?”. São Paulo em Perspectiva, v. 19, n. 2, p. 3-20, abr./jun.

ZANCUL, E. de S., et al., 2006 “Organização do trabalho no processo de desenvolvimento de produtos:a aplicação da engenharia simultânea em duas montadoras de veículos”. Gestão & Produção, v.13, n.1, p.15-29, jan.-abr. 2006

Hart, D., 2005. The economics of a European hydrogen automotive infrastructure – a study for Linde AG. E4tech study. <<http://www.hydrogenday.com/WGAP/hydrogen/file/rwar-69wdr8.en.1/e4tech%20hydrogen%20study.pdf>>.

7.1 Lista de patentes consultadas

Miranda, P. E. V.; Venâncio, S. A.; Gutierrez, T. E. F.; Schmal, M.; Baldanza, M. A. S.; Leocadio, I. C. I.; Sá, L. G; Vicentini, V. P. – Patente será feita pela OXITENO. “Processo para Produção de hidrocarbonetos Leves a partir de Gases Ricos em Metano, Pilha A Combustível de Óxido Sólido Utilizada para a Produção de Hidrocarbonetos Leves a partir, de Gases Ricos em Metano, e, Catalisador para a Produção de Hidrocarbonetos Leves a partir de Gases Ricos em Metano”, em depósito, 2008.

Miranda, P. E. V.; Torres, S. O. A. “Processo Para O Aproveitamento Da Energia Cinética De Veículos Elétricos Híbridos E Armazenador De Energia Através De Ar Comprimido”, Patente Nacional Depositada em 21/05/2008.

Miranda; P. E. V.; Duarte, G. I.; Bustamante, L. A. C.; “Magnesium Based-Alloys For Hydrogen Storage”. International Patent. Nº WO2007/140556 A2, 06/06/2007.

Miranda, P. E. V.; Villalobos, P. R; “Process for Obtaining Aqueous Suspensions for Electrodes of Solid Oxide Fuel Cells and Other Electrocatalytic”. International Patent. Nº PCT/BR/07/000063 – WO2007/106963 A1, 15/03/2007.

Miranda; P. E. V.; Duarte, G. I.; Bustamante, L. A. C.; “Ligas de Magnésio para Armazenamento Reversível de Hidrogênio”. Patente nacional nº PI0602153-0, 06/06/2006.

Miranda, P.E.V.; Villalobos, P. R.; “Processo de Obtenção de Suspensões Cerâmicas Aquosas para Eletrodos de Pilhas a Combustível de Óxido Sólido e Outros Dispositivos Eletrocatalíticos”. Patente Nacional nº PI0601210-8, 17/03/2006.

Miranda, P.E.V. ; Carreira, E.S. ; Mesquita, A.C.Filho; Coutinho, J.S.Filho; “Sensor de Hidrogênio Utilizando o Deslocamento do Nível de Fermi em Metal Hidrogenado”. Patente Nacional nº PI0403197-0, 02/08/2004.

Miranda, P. E. V.; Trotta, B. P.; Feugeas, J. N.; “Hydrogen Diffusion Barrier on Steel by Means of a Pulsed-Plasma Ion-Nitriding Process”. International Patent. Nº PCT/BR/03/000169 - EPO 03773356-5, 19/11/2003; WO2004/057051 A1, 08/07/2004.

Miranda, P. E. V.; Labanca, A. R. C.; Feugeas, J. N.; “Reformador Pirolítico a Plasma para a Decomposição de Hidrocarbonetos ou Álcoois em Hidrogênio e Carbono Sólido”. Patente Nacional Nº PI0305309-1, 03/11/2003.

Miranda, P. E. V.; Souza, H. V. C.; Crispim, V. R.; “Processo de Análise de Traços por Recuo Elástico de Prótons (ATRE-p) para Localização de Hidrogênio em Materiais e seu Uso”. Patente Nacional Nº PI0304124-7, 02/09/2003.

Miranda, P. E. V.; Trotta, B. P.; Feugeas, J. N.; “Barreira de Difusão para Hidrogênio em Aço Usando Processo de Nitretação Iônica por Plasma Pulsado”. Patente Nacional Nº PI0205419-1, 20/12/2002.

Miranda, P. E. V.; Santos, D. S.; “Processo e Equipamento para a Determinação da Susceptibilidade à Formação de Defeitos Causados pelo Hidrogênio em Produtos Metálicos Esmaltados”. Patente nº PI8702768. Carta Patente 26/01/1993.

7.2 Anexos I - Projeto apresentado a Finep para a primeira fase do edital subvenção econômica 1/2007



Área: Subvenção ÁREA 4: INOVAÇÕES NAS ÁREAS DE BIOCOMBUSTÍVEIS E ENERGIAS

Tema: Subvenção Desenvolvimento de produtos, processos ou serviços relacionados à geração por fontes alternativas de energia, que contribuam para a redução das emissões dos gases causadores do efeito estufa.

Razão Social: LABH2 Inovação Desenvolvimento e Consultoria LTDA. **CNPJ:** 08799697000114

Endereço: Av. das américas 4319 BI I2 - 204 **Bairro:** Barra da Tijuca

Cidade: Rio de janeiro **UF:**RJ **Cep:**

Site: em construção **Faturamento:** R\$ 1 **Nº de Empregados:** 1

Responsável: Hugo Villela de Miranda **e-mail:** hmiranda611@yahoo.com.br **Telefone:** 2124083128

Título do Projeto:

Arranjo produtivo para fabricação nacional de pilha combustível de óxido sólido

Descrição do Projeto e dos Resultados esperados:

As Pilhas a Combustível de Óxido Sólido (PaCOS) apresentam-se como dispositivos portadores de tecnologias inovadoras e de futuro para o setor elétrico. Este fato, associado à especialização da equipe proponente, motivou esse projeto, que tem como objetivo desenvolver tecnologia nacional para a fabricação de PaCOS, apresentando também um

modelo prospectivo para o desenvolvimento deste novo produto tecnológico de geração distribuída de energia elétrica: a PaCOS de até 2kWe. Buscam-se aplicações estacionárias em áreas remotas, rurais ou urbanas, utilizando oxidação direta de combustíveis ricos em hidrogênio e/ou metano, oriundos de fontes fósseis, de biomassa ou de rejeito industrial. Neste caso, os combustíveis não precisam ser reformados, sendo processados diretamente no anodo da pilha a combustível.

Neste projeto serão desenvolvidas e confeccionadas partes e componentes da PaCOS. Além disso, será desenvolvido um inovador processo sistêmico para a coordenação e integração de atividades e competências nacionais e internacionais, culminando na criação das condições necessárias à produção de PaCOS de até 2kWe pela indústria brasileira, que irá desde sua concepção como idéia, até o estudo de viabilidade técnico-econômica e a elaboração de protótipos dos produtos no Parque Tecnológico da Ilha do Fundão (COPPE/UFRJ), compreendendo os seguintes tópicos principais:

- ζ Projetar e desenvolver os materiais básicos componentes do módulo de PaCOS_ζs de até 2kWe: anodo, eletrólito, catodo, interconectores, selante vítreo-cerâmico, sistemas de controle, eletrônica de potência e sistemas de comunicação, dando continuidade aos trabalhos já realizados e utilizando as patentes que os proponentes já detêm nessas áreas;
- ζ Projetar e fabricar empilhamentos de diferentes potências até 2 kWe, para aplicações na área de telecomunicações e para a geração distribuída de energia elétrica;
- ζ Projetar e fabricar os sistemas auxiliares e de controle, mecânicos, de segurança, elétricos, eletrônicos e de automação e integrá-los aos empilhamentos desenvolvidos para atuarem como dispositivo autônomo de geração distribuída e específico de energia elétrica e calor;
- ζ Prospectar e estabelecer uma matriz de competências de empresas nacionais e internacionais que possam desenvolver e fornecer os materiais e componentes para a PaCOS (de até 2kWe);
- ζ Desenvolver estudos de viabilidade técnico-econômica para a implementação dos protótipos de PaCOS de até 2kWe através de um conglomerado de entidades e empresas parceiras, já integrantes ou a serem convidadas para o processo de desenvolvimento das PaCOS_ζs.
- ζ Estudo de tendências e de capitais intangíveis para a implantação das unidades produtivas que devem desenvolver o arranjo produtivo local de empresas para a fabricação nacional de PaCOS de até 2 kWe, relacionando os principais serviços e materiais necessários.

Os resultados concretos esperados são, além da literatura técnica gerada através dos relatórios, artigos e possíveis patentes e da especialização de recursos humanos tecnológicos, a fabricação de PaCOS_ζs com potências de 50We, 200We e 2kWe. As

PaCOS com as duas potências menores serão desenvolvidas para a operação em sistemas de telecomunicações para áreas remotas. A PaCOS de 2kWe terá 3 focos distintos: utilização em áreas remotas para telecomunicações, residências rurais ou urbanas e indústrias ou empresas, como gerador de energia de emergência (no-break). Inicialmente os testes serão realizados na COPPE/UFRJ, em laboratórios com os quais a empresa já coopera. Será ainda, selecionado outro laboratório em centro de pesquisa nacional para testes de validação de desempenho.

Os principais fatores críticos de sucesso são: o contrato já firmado com o Forschungszentrum Jülich, que é o maior e mais influente centro de pesquisa e desenvolvimento de PaCOS na Europa; a cooperação já estabelecida com Engo. Nguyen Q. Minh, ex-diretor de pesquisa e desenvolvimento de PaCOS da empresa General Electric, estabelecida na Califórnia, EUA; atualmente professor universitário e considerado o maior especialista em PaCOS dos EUA. O projeto conta com a colaboração de uma equipe de profissionais brasileiros com mais de 25 anos de experiência em pesquisa e desenvolvimento nesta área, tendo um significativo número de patentes e artigos em revistas científicas. Dessa forma, esse projeto utilizará os desenvolvimentos já realizados pela rede de grupos de pesquisa das universidades e que necessitam de um ambiente empresarial e de prototipação, que culminará com um produto comercial e sua cadeia de valor. A Labh2 e seus parceiros estabelecerão um arranjo produtivo no Parque Tecnológico da COPPE/UFRJ, formando as bases para uma linha de produção de PaCOS de até 2kWe, com foco na produção de até 1000 pilhas a combustível, num prazo de cinco anos, com potência de até 2kWe, para suprir interesses nacionais.

Resumo do Orçamento do Projeto:

Projeto PACOS

Não é possível tornar pública tal informação.

Valor Solicitado:

Inovação Principal:

Em linhas gerais, as pilhas a combustível são dispositivos eletroquímicos que convertem a energia gerada por uma reação eletroquímica em energia elétrica. O combustível mais utilizado é o hidrogênio, mas outras substâncias que contêm ou podem gerar hidrogênio através de processos diversos, tais como gás natural, hidrocarbonetos, etanol e biogás podem ser utilizadas.

O grande atrativo deste dispositivo eletroquímico é a alta eficiência de conversão de energia, medida pelo quociente da energia elétrica gerada pela energia do combustível. Por converter energia química diretamente em energia elétrica, sua eficiência não está sujeita às limitações de processos de outras fontes de energia, tais como as fósseis por via termomecânica (altas perdas no processamento) e energias renováveis que apresentam irregularidades na geração.

A tecnologia de PaCOS encontra-se em franco desenvolvimento no mundo e é considerada com o mesmo nível de importância para o século XXI que o computador teve para o século XX. A expectativa é a de que este tipo de conversor de energia tenha uma gradativa inserção na matriz energética brasileira nos próximos anos, uma vez que o Brasil é um país considerado receptivo a este tipo de tecnologia pela sua grande experiência no uso de biomassa na produção de biocombustíveis, tais como etanol e biodiesel. O desenvolvimento de novos materiais e processos de fabricação de componentes para PaCOS proporcionará o aumento da eficiência de geração energética e a diminuição dos custos de produção e operação, fazendo com que se obtenha maior densidade de potência e aumento da vida útil com elevados níveis de confiabilidade.

As PaCOS oferecem, em relação a outros tipos de Pilhas a Combustível (PaC), a maior eficiência elétrica com melhor aproveitamento do rejeito térmico e a possibilidade do uso de diversos combustíveis. Adicionalmente, as PaCOS apresentam amplo espectro de aplicações, abrangendo desde pequenas unidades com potências inferiores a 1 kW até unidades com ordem de grandeza de MW.

Os principais componentes de uma PaCOS são apresentados esquematicamente na Figura 1:

ζ Anodo - eletrodo onde se dá a oxidação do combustível e a geração de elétrons fornecidos ao circuito externo;

ζ Catodo - eletrodo onde se dá a redução do oxidante e que recebe elétrons do circuito externo;

ζ Eletrólito - elemento de ligação dos eletrodos que transporta uma das espécies iônicas e previne a condução dos elétrons entre os eletrodos.

O funcionamento consiste em separar dois eletrodos (catodo e anodo) e expô-los a um combustível (hidrogênio, hidrocarbonetos ou álcoois) e a um oxidante (oxigênio). Os eletrodos devem ter permeabilidade ao gás ou líquido a ser utilizado, ou seja, ter uma estrutura porosa, uma vez que a corrente elétrica gerada pela pilha é proporcional à área útil dos eletrodos. A difusão do gás na estrutura porosa dos eletrodos é complexa e requer considerável otimização para aplicação prática.

Devido ao fato de operarem em temperaturas elevadas, as PaCOS podem tolerar impurezas contidas no combustível e rejeitam calor disponível para co-geração, proporcionando funcionamento eficientemente. O desempenho satisfatório de uma PaCOS

depende, fundamentalmente, das seguintes características:

- ¿ Criação de interfaces entre três fases (reagentes gasosos, eletrólito e catalisadores) nos eletrodos;

- ¿ Alta porosidade nos eletrodos, para permitir a permeação dos gases até a interface com o eletrólito;

- ¿ Propriedades eletrocatalíticas para acelerar reações eletroquímicas exotérmicas;

As PaCOS possuem eficiência prática de cerca de 60%, podendo superar 75% com o aproveitamento do rejeito térmico (co-geração). Além da maior eficiência, as PaCOS têm como vantagens sobre processos convencionais de geração de energia:

- ¿ Alta confiabilidade;

- ¿ Baixo ou nenhum impacto ambiental;

- ¿ Flexibilidade nos níveis de potência, devido à sua modularidade, podendo variar de menos de poucos Watts até os megaWatts;

- ¿ Possibilidade de utilizar insumos energéticos renováveis;

- ¿ Possibilidade de geração descentralizada ou distribuída, isto é, micro geração;

- ¿ Possibilidade de co-geração;

- ¿ Baixa emissão sonora quando comparadas a motores de combustão interna;

- ¿ Versatilidade no uso de combustíveis;

- ¿ Tolerância à presença de impurezas no combustível.

Algumas desvantagens são: o alto custo atual, devido, principalmente, à necessidade de uso de materiais avançados e de processos especializados de fabricação, à pequena escala de produção de forma artesanal, à escassez de mão-de-obra qualificada e à ausência de testes analíticos exaustivos para ajustes e otimização da vida útil.

Figura 1 - Esquema de funcionamento de uma PaCOS utilizando hidrogênio como combustível

Os principais parâmetros de projeto para a fabricação de uma PaCOS são:

- ¿ Otimização entre o desempenho elétrico e o termomecânico requerido;

- ¿ Minimização de perdas elétricas;

- ¿ Selagem mecânica adequada para impedir a mistura entre combustível e oxidante;

- ¿ Custo e reprodutibilidade do processo de fabricação;

- ¿ Vida útil do dispositivo;

- ¿ Fabricação em escala.

Alguns aspectos referentes aos custos de produção de uma PaCOS foram abordados anteriormente [1]. Foram estudados os custos e benefícios de um projeto em relação a sua potência, operação e componentes do sistema da PaCOS. Eles enfatizam que os resultados só são obtidos quando relacionamos potência e eficiência com informações controláveis, tais como tensão da pilha e consumo de combustível. Também foi sugerida a construção de um mapa de controle para simular os pontos de maior eficiência operacional

para uma determinada estrutura. Além de estabelecer contrato de cooperação tecnológica com o Forschungszentrum Jülich, da Alemanha, buscou-se também parceria com uma pequena empresa brasileira de alta tecnologia, a Electrocell, instalada na Universidade de São Paulo, que tem grande experiência em desenvolvimento de sistemas de balanço de planta de pilhas a combustível com eletrólito de membrana polimérica (PEM) e empilhamento e produção de módulos de PEM para geração de energia. A Electrocell desenvolverá no âmbito deste projeto em parceria com a empresa LABH2 os sistemas de potência e de balanço de planta para PaCOS de 50We, 200We e 2kWe. Assim, a presente proposta visa, não só o desenvolvimento tecnológico específico, como também a formação de uma rede de valores, envolvendo atores nacionais e internacionais com o objetivo de fabricar um produto complexo e de alta tecnologia.

[1] KHANDKAR et al. A techno-economic model for SOFC power systems, Solid State Ionics, vol. 135, pp. 325-330, 2000.

Impactos no mercado:

A matriz energética nacional é constituída basicamente por fontes hídricas e o crescimento econômico do país, estimado para os próximos anos em torno de ou superior a 4,5% ao ano, demandará a ampliação e diversificação dessa matriz energética, com a inclusão de novos vetores energéticos.

A tecnologia de PaCOS tem imenso potencial de difusão em diversos mercados já existentes, tais como: os de gerador de energia em sistema No-Break, gerador de energia em indústrias com sobra de hidrogênio oriundo do seu processo produtivo (geração para o fornecimento à rede ou à indústria), geração e armazenagem de energia para uso em horário de pico, essencial para sistemas de energia eólica, solar e das ondas (sistema garantidor de regularidade de fornecimento), geração distribuída de energia elétrica e calor para uso em áreas remotas e/ou residencial urbano.

No caso da geração distribuída de energia em áreas remotas, pequenas demandas de energia elétrica que se situam a 10 km ou mais da rede existente, geralmente são inviáveis, tanto para o consumidor quanto para a concessionária de energia, uma vez que tanto o custo de instalação quanto de operação são elevados, além das interrupções indesejadas. Esta tecnologia também é extremamente atraente nos sistemas de telecomunicações, principalmente devido à necessidade de estabilidade e confiabilidade no fornecimento de energia.

O uso residencial de protótipos da tecnologia de pilhas a combustível já é uma realidade no

Japão, com mais de 2.000 unidades estacionárias instaladas para a geração de energia elétrica e calor. Também já existem exemplos de usinas experimentais de energia elétrica com pilhas a combustível com potência de centenas de kW e o seu uso em veículos, como submarinos, barcos, ônibus e carros. Por não necessitar de reforma externa do combustível para obtenção de hidrogênio puro, a tecnologia PaCOS tem grande possibilidade de ocupar esses nichos de mercado, atualmente experimentados com a PEM. Dessa forma, o mercado é tão grande quanto o mercado mundial de veículos e de geração de energia elétrica para seus diversos fins, com a vantagem de ser uma fonte mais eficiente na conversão de energia e virtualmente não poluente.

A energia elétrica participa cada vez mais de todos os segmentos da cadeia produtiva nacional. Apesar de o Brasil apresentar atualmente uma matriz energética diversificada, que nem sempre fornece um suprimento de energia elétrica confiável e de qualidade, devido a problemas de transmissão e picos de demanda. Esse projeto viabilizará o desenvolvimento de:

- Nucleação de um centro de excelência tecnológica para produção de materiais e componentes de alto valor agregado e sistemas PaCOS completos, fomentando novos projetos para a região;

- Redução de custos para sistemas de geração elétrica de alta eficiência;

- Produção e domínio nacional de dispositivo de geração de energia elétrica escalável em potência, para uso distribuído ou não, com versatilidade no uso de combustíveis, renováveis ou não, atualmente disponíveis na matriz energética brasileira.

Uma alternativa para atender a crescente demanda de serviços de eletricidade e que ao mesmo tempo tem grande alcance social e ambiental é a geração distribuída de energia, como pode ser obtido com as pilhas a combustível. No sistema de geração distribuída, a energia é produzida localmente, o que reduz custos de transmissão e distribuição. Este sistema pode ser de grande interesse para programas governamentais, pois podem-se utilizar biocombustíveis, tais como etanol ou biogás. Um exemplo é o caso do "Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso da Energia Elétrica - Luz para Todos", cujo objetivo é levar energia elétrica para a população de regiões isoladas do país, principalmente as do meio rural. A chegada da energia elétrica facilita a integração de outros programas sociais, como o acesso aos serviços de saúde, educação, abastecimento de água e saneamento.

No caso da utilização de PaCOS tem-se ainda a possibilidade de se implementar sistemas híbridos que atinjam as mais elevadas eficiências de geração dentre todos os equipamentos para este fim. Com o progresso tecnológico estes sistemas tendem a se tornar independentes do uso de combustíveis fósseis. A possibilidade de produção de energia elétrica de forma não poluente e descentralizada possibilitará o estabelecimento de grande vantagem econômica para os países detentores desta tecnologia. O

desenvolvimento de PaCOS é abordado como assunto estratégico por diversos países desenvolvidos (EUA, Alemanha, Inglaterra, Japão, etc.), onde grandes investimentos (financeiros e de formação de mão-de-obra qualificada) estão sendo realizados [1].

Após a convergência das competências dos integrantes desse projeto, acredita-se que a empresa estará em condições de fornecer uma solução de geração de energia elétrica interessante para o mercado nacional e, em grande vantagem em relação aos concorrentes internacionais, como Acumentrics, Ballard e outras.

[1] EMERGING ENERGY RESEARCH, <http://www.emerging-energy.com>, acessado em setembro de 2007.

Impactos na Sociedade:

O problema do aquecimento global, proveniente da emissão dos Gases de Efeito Estufa (GEE) se apresenta como um dos maiores impactos que as sociedades devem enfrentar de maneira coletiva, tanto aquelas dos países desenvolvidos, quanto as dos países em desenvolvimento.

O desenvolvimento da PaCOS de até 2kW no Brasil permitirá um processo de conscientização em cadeia para os segmentos tecnológicos de ponta, que automaticamente se enquadrarão num mercado ambiental mais exigente e de regulamentações públicas cada vez mais restritivas, adotando políticas internas de estímulo para que seus colaboradores possam compartilhar deste desenvolvimento, com repercussões de suas atitudes no cotidiano, como na preservação de fontes e nascentes de água potável, do solo e do ar.

Além das empresas tecnológicas, podem-se prever outros tipos de impactos na sociedade de baixa renda, como por exemplo, a possibilidade da PaCOS se tornar um meio descentralizado de geração de energia e calor, o que poderia atender comunidades que moram em regiões remotas, sem possibilidades de utilizar a energia elétrica pela ausência de redes de transmissão. Neste sentido, a PaCOS acompanha a evolução tecnológica de descentralização e autonomia individual que ocorreu com os computadores (dos main-frames para os PC's) e telefones (dos fixos para os celulares).

Talvez o impacto mais forte da aplicação da PaCOS na sociedade possa estar em comunidades carentes, onde ela possa ser utilizada para o abastecimento de escolas públicas, possibilitando a inclusão digital ou num pequeno centro hospitalar para o funcionamento de equipamentos ou mesmo da simples iluminação para o tratamento adequado de pacientes.

O impacto na sociedade empresarial também será contemplado de maneira expressiva, com o desenvolvimento de novos materiais mais resistentes às especificações críticas.

A empresa LabH2, cuja missão é o desenvolvimento de novos vetores energéticos de origem não fóssil, estará acompanhando uma forte tendência comportamental e conseqüentemente de mercado, o que possibilitará grandes crescimentos para novos colaboradores em sua empresa.

Atualmente a sociedade vem sofrendo as conseqüências do mau uso de sua matriz energética. Em particular, a utilização de fontes de energia fóssil tem um forte impacto na poluição do ar e na emissão de gases de efeito estufa. O resultado disso é o crescimento do número de pessoas com doenças respiratórias e cardiovasculares, bem como do número de mortes [1-8].

A mitigação dos efeitos da poluição atmosférica sobre a saúde humana poderia ser obtida através da gradual substituição de sua matriz energética fóssil por fontes renováveis de energia alternativa. A geração de energia a partir da biomassa, do vento, da luz solar (térmica e fotovoltaica) e do hidrogênio são alguns exemplos de fontes renováveis de energia alternativa. Além de serem vistas como ambientalmente corretas, elas possuem a vantagem de estarem abundantemente disponíveis no meio-ambiente.

Por ser uma tecnologia que permite o uso modular em pequenas tensões e mantendo a eficiência, essa tecnologia, se utilizada em grande escala em residências, poderá fornecer o calor para o aquecimento da residência ou da água e a energia para uso doméstico.

Bibliografia:

[1] BRAGA et al. Poluição atmosférica e seus efeitos na saúde humana. Disponível em: < http://www.cgu.unicamp.br/energia2020/papers/paper_Saldiva.pdf > Data de acesso: 02/04/2007.

[2] DUBEUX, Carolina Burle Schmidt. Mitigação de emissões de gases de efeito estufa por municípios brasileiros: metodologias para elaboração de inventários setoriais e cenários de emissões como instrumentos de planejamento. Rio de Janeiro, 2007. 247 f. Tese (Doutorado em ciências em planejamento energético) ç Programa Planejamento Energético, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2007

[3] ESTEVES et al. Estimativa dos efeitos da poluição atmosférica sobre a saúde humana: algumas possibilidades metodológicas e teóricas para a cidade de São Paulo. II Encontro da ANPPAS. 26 a 29 de maio de 2004. Indaiatuba, São Paulo, Brasil.

[4] GOUVEIA et al. Hospitalizações por causas respiratórias e cardiovasculares associadas à contaminação atmosférica no Município de São Paulo, Brasil. Caderno Saúde Pública, Rio de Janeiro, 22(12):2669-2677, dez, 2006.

[5] MARTINS et al. Poluição atmosférica e atendimentos por pneumonia e gripe em São Paulo, Brasil. Revista Saúde Pública 2002;36(1):88-94.

[6] MENDES, A. P. F. Uma avaliação do impacto ambiental no Brasil: Poluição do ar e mortalidade. 1993. Dissertação de mestrado em Planejamento Energético. COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.

[7] TOLMASQUIM, Mauricio Tiommo. Fontes renováveis de energia no Brasil. Rio de Janeiro: Interciência: CENERGIA, 2003.

[8] TOYOSHIMA et al. Morbidade por doenças respiratórias em pacientes hospitalizados em São Paulo/SP. Associação Médica Brasileira. 2005; 51(4): 209-13.

Diferenciais Competitivos da equipe:

Não é possível fornecer tal informação. Restrita ao projeto FINEP.

Diferenciais competitivos da empresa:

A empresa LABH2 Inovação Desenvolvimento e Consultoria LTDA nasceu como uma empresa spin-off, ou seja uma empresa formada a partir de alguns grupos de pesquisa da Universidade Federal do Rio de Janeiro e parceiros no Brasil e no exterior, com o objetivo de fazer desenvolvimentos complementares e de prototipação, dando continuidade e/ou aplicando algumas tecnologias desenvolvidas no âmbito de cooperação dessas redes de pesquisa.

Dessa forma, a empresa foi formada e começa a operar com profissionais que já têm mais de 25 anos de pesquisa e desenvolvimento na área de pilha combustível e uso energético do hidrogênio, atualmente participando ativamente no desenvolvimento e prototipação de sistemas para o aproveitamento e melhoria de eficiência de sistemas que utilizam pilha a combustível.

Possui uma carteira com patentes nacionais (PI 0305309-1, PI 0403197-0, PI 0304124-7, PI0205419-1, PI0602153-0, PI0601210-8, PI8702768) e internacional (PCT/BR/03/000169, PCT 03773356.5), todas relacionadas com o comportamento do hidrogênio em materiais ou seu uso energético. Atualmente realiza seus trabalhos de desenvolvimento em cooperação com o Laboratório de Hidrogênio da COPPE/UFRJ, buscando os desenvolvimentos complementares e formação de redes de valor para aplicação na sociedade dos produtos e processos criados.

Essa iniciativa teve início a partir do momento em que algumas tecnologias patenteadas (inclusive ganhadoras de prêmios nacionais de inovação), que são economicamente viáveis, socialmente interessantes e ambientalmente sustentáveis, foram ofertadas para licenciamento pela COPPE/UFRJ, ficando claro que eram necessários desenvolvimentos de prototipação para rápida inserção dessas inovações no ambiente produtivo.

7.3 Anexo II - Carta resposta ao envio do projeto Finep Subvenção Econômica 1/2007



Ministério da
Ciência e Tecnologia



092108

13FEV08 001425

Rio de Janeiro,

Ilmo. Sr.
Hugo Villela de Miranda
LABH2 – LABH2 INOVAÇÃO DESENVOLVIMENTO E CONSULTORIA
Av. das Américas, 4319 bl.I-2 204 – Barra da Tijuca
Rio de Janeiro - RJ
22.631-004

Assunto: SELEÇÃO PÚBLICA MCT/FINEP/SUBVENÇÃO ECONÔMICA À INOVAÇÃO
01/2007.

Ref: 1759/07

Prezado Senhor,

Vimos por meio desta comunicar que a Diretoria da FINEP decidiu pelo indeferimento do projeto **“Arranjo Produtivo para Fabricação Nacional de Pilha Combustível de Óxido Sólido”** encaminhado pela empresa **LABH2 INOVAÇÃO DESENVOLVIMENTO E CONSULTORIA** no âmbito da Seleção Pública MCT/FINEP/SUBVENÇÃO ECONÔMICA À INOVAÇÃO – 01/2007.

A proposta em referência recebeu parecer desfavorável tendo em vista os seguintes aspectos:

- A nota atribuída para o projeto na Avaliação de Mérito não atingiu média global ponderada superior a 5, desclassificando-o, conforme item 6 do Edital.
- A empresa está em estágio pré-operacional. Os faturamentos apresentados pela empresa e pelos parceiros co-executores são muito inferiores ao valor da contrapartida oferecida.

Agradecemos a participação e nos colocamos a disposição para quaisquer contatos através do nosso e-mail: subvencaoinovacao2007@finep.gov.br.

Atenciosamente,

Luiz Antônio Coelho Lopes
Superintendente

Área de Inovação para a Competitividade Empresarial - AICE

FINANCIADORA DE ESTUDOS E PROJETOS

Rio de Janeiro

Praia do Flamengo, 200 – 1º, 2º, 3º, 4º, 5º, 7º, 8º, 9º, 13º, 24º andares
CEP 22210-030, Flamengo, Rio de Janeiro, RJ, Brasil
Tel.: (21) 2555-0555 / 0511 / 0342 • Fax: (21) 2555-0509
SEAC – Serviço de Atendimento ao Cliente • seac@finep.gov.br

Brasília

SCN – Quadra 2, Bloco D, Centro Liberty Mall,
Torre A, Sala 1.102, CEP 70712-903, Brasília, DF, Brasil
Tel.: (61) 3033-7054 / 7526 / 7543 • Fax: (61) 3033-7408

www.finep.gov.br

São Paulo

Avenida das Nações Unidas, 10989, 15º andar
CEP 04578-000, São Paulo, SP, Brasil
Tel.: (11) 3847-0300 • Fax: (11) 3849-9514