

Universidade de Brasília
Centro de Desenvolvimento Sustentável

**A REDE SOCIAL ACADÊMICA DA MICROELETRÔNICA:
RUMO AO APRENDIZADO ATIVO**

Ana Maria da Silva Neves

Orientador: Dr. Arthur Oscar Guimarães
Co-Orientador: Dr. Jackson Max Furtunato Maia

Dissertação de Mestrado

Brasília – DF, Abril/2010

Neves, Ana Maria da Silva

Título: A Rede Social Acadêmica da Microeletrônica: Rumo ao Aprendizado Ativo

Brasília, 16 de abril de 2010

154 p : il.

Dissertação de Mestrado. Centro de Desenvolvimento Sustentável.
Universidade de Brasília, Brasília

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação e emprestar ou vender tais cópias, somente para propósitos acadêmicos e científicos. A autora reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito da autora.

Ana Maria da Silva Neves

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

**A REDE SOCIAL ACADÊMICA DA MICROELETRÔNICA:
RUMO AO APRENDIZADO ATIVO**

Ana Maria da Silva Neves

Dissertação de Mestrado submetida ao Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília, como parte dos requisitos necessários para obtenção do Grau de Mestre em Desenvolvimento Sustentável, área de concentração em Política e Gestão de Ciência e Tecnologia.

Aprovador por:

Dr. Arthur Oscar Guimarães - CDS/UnB
(Orientador)

Dr. Nilton Itiro Morimoto, Universidade de São Paulo – USP
(Membro Externo)

Dr. Marcel Bursztyn - CDS/UnB
(Membro Interno)

Brasília, DF
Abril de 2010.

À minha mãe, Ely da Silva Neves.
Ser de luz na minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço sinceramente ao CNPq, nas pessoas do Dr. José Roberto Drugowich de Felício pelas autorizações necessárias para obtenção de dados para a realização do trabalho, ao Geraldo Sorte, Charles Araújo e equipe de informática pela liberação desses dados e ao pessoal do setor de recursos humanos por estar sempre disponível para tirar dúvidas e solucionar problemas. Às pessoas queridas Priscylla Lima, Alexandre Guilherme Motta pelo apoio imprescindível, ao Prof. Nilton Itiro Morimoto, Henrique Miguel, Pedro Alem, Alexandre Barragat, Eduardo Viotti, Kilma Gonçalves, Elson Lima, Alexandre Mota, Ana Carenina, Rita Elizabeth, Fernando Bacaneli e Eduardo Ferreira Pinto pela ajuda inestimável em fornecer material bibliográfico e dirimir dúvidas relacionadas à pesquisa. À Prof^a Edna Barros, Dr^a Edelweis Ritt, Marília Lima, Tiago Lins e Armando Gomes por fornecerem informações necessárias ao desenvolvimento deste trabalho.

À Karol Soares, Laura Campos, Neusa Lima e ao Prof. Arthur Oscar Guimarães por suas opiniões precisas que nortearam os meus caminhos.

O meu respeito profundo a quatro pessoas que sempre me incentivaram e sem eles não seria possível a realização deste trabalho: Jörg Bliesener – meu ombro amigo, programador, consultor e acima de tudo, meu companheiro de vida; Jackson Maia, meu co-orientador que além de amigo, sempre procurou me mostrar que eu poderia ser melhor como ser humano e profissional; Hamilton Mendes, que esteve sempre disposto a me ajudar quando as dúvidas surgiam e Alex Moreira, que sempre me indicou o caminho certo a seguir, me estimulando quando as forças se esvaíam.

Agradeço a Deus por estes anjos na minha vida.

ouk imae idenai, ah mae oido
Sócrates

RESUMO

O objetivo desta dissertação é prospectar a base de especialistas acadêmicos que trabalham na área de microeletrônica no Brasil, com a finalidade de contribuir na formulação de políticas públicas que viabilizem a inserção, em médio prazo, do setor de semicondutores em um sistema de aprendizado ativo e, em longo prazo, a inserção do País no mercado mundial como um ator global. A escassez de recursos humanos qualificados para o desenvolvimento de projetos e processos de fabricação de CIs no país ainda se configura em um dos principais entraves a serem enfrentados pelo Brasil, bem como a falta de interação entre seus diversos atores que trabalham de forma isolada ou em pequenos grupos, além de gargalos na regulamentação que propiciem um ambiente favorável à dinamização do setor. A motivação central para a realização desta pesquisa foi o fato de que a microeletrônica é uma área multidisciplinar que perpassa diversas cadeias produtivas, possibilitando gerar desenvolvimento econômico de forma sustentável e inovação tecnológica no país de maneira duradoura. Para diminuir o gargalo tecnológico do país em relação à produção e comercialização de produtos de alta complexidade tecnológica, a estratégia de desenvolvimento é atrair empresas de custo médio/baixo que se especializaram em projetos - *design houses* (DHs), fabricantes de circuitos integrados dedicadas à produção dos CIs, bem como viabilizar a criação de um ambiente atrativo para que essas fábricas possam se estabelecer em território nacional. A lógica das ações analisadas nesta pesquisa é a de inserir o Brasil em nichos do mercado mundial no segmento de semicondutores, ganhando relevo a idéia de constituição de um Sistema Setorial de Aprendizado Ativo para os semicondutores, com o objetivo de produzir inovações e revertê-las em riquezas para o país. O trabalho realizado permitiu identificar onde estão localizados os doutores que atuam na área (instituição de vínculo) e verificar se estes pesquisadores estão articulados/conectados com a finalidade de produzir conhecimento na área de microeletrônica. O resultado obtido poderá gerar conhecimento para que o Estado fomente ações focadas numa capacidade produtiva que possa gerar inovações no setor, viabilizando, no futuro, a inserção do Brasil no mercado mundial como um ator global para o setor de semicondutores.

Palavras-chave: Microeletrônica, Inovação, Aprendizado Ativo, Políticas Públicas, Doutor

ABSTRACT

The main goal of this M.Sc. dissertation is to prospect the base of academic experts which are working in the microelectronics area in Brazil to contribute in the public policies formulation that make possible the insertion at medium term of the semiconductors sector in an active learning system and at a long term country's insertion in the world market as a global actor. The country's shortage of human resource qualified for IC manufacturing projects and processes still presents one of the principal problems that this country needs to face, as well as the lack of interaction between its various actors, that work isolated or in small groups and shortcomings in regulations that would provide a favorable environment for the sector's dynamization.

The central motivation to realize this study was the fact that microelectronics is a multidisciplinary field which crosses various productivity chains, which permits a sustained economic development of High Tech; the development strategy is to attract companies with low or medium costs that specialize in projects (Design Houses, DH) and manufacturers dedicated in IC production as well as to facilitate the creation of an attractive environment that permits that these factories establish themselves in the national territory.

The aim of the activities analyzed in this study is to insert Brazil in worldwide niche markets in the semiconductor segment, growing the idea of constructing a System Sector of Active Learning for semiconductors, aiming at producing innovations and turning them into country resources. The work was able to identify where the doctors that work in the field work (in terms of organizations), and verified if these researchers are articulated/connected with the goal to produce knowledge in the field of microelectronics. The obtained result could generate knowledge that the country can give support focused activities in a productive capacity that could produce innovations in the sector, permitting the future insertion of Brazil in the World Market as one of the principal actors in the microelectronics sector.

Keywords: Microeletronics, Innovation, Active Learning, Public Policies, PhD

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Primeiro Transistor construído por <i>Bardeen, Brattain</i> e <i>Shockley</i>	26
Figura 2 - Primeiro circuito integrado da história, desenvolvido por <i>Jack S. Kilby</i>	27
Figura 3 - Lei de Moore.....	28
Figura 4 – Evolução da densidade de transistores nos circuitos integrados.....	29
Figura 5 – Projeção do mercado de semicondutores do WSTS	31
Figura 6 - Mapa comparativo Brazil IP 2002, 2008 e PNM 2007	87
Ilustração 7 - Investimentos em bolsas e fomento por doutor/ano segundo região geográfica - 2000-2008	116

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comparação entre Aprendizado ativo, passivo e Sistema Nacional de Inovação.....	40
Tabela 2 - Projetos aprovados Na Chamada Pública MCT/FINEP/FNDCT - Microeletrônica 01/2005	71
Tabela 3 - Projetos aprovados no Edital FINEP 01/2007	73
Tabela 4 - Demanda Bolsas de Produtividade em Microeletrônica	82
Tabela 5 - Demanda de Bolsas Especiais em Microeletrônica.....	82
Tabela 6 – Projetos do Brazil-IP	86
Tabela 7 – Projetos do Edital 59/2008 com vínculo em outras ações	88
Tabela 8 - Divergências encontradas na maneira de registrar o título de vários artigos.....	106
Tabela 9 - Artigos de dois autores escolhidos aleatoriamente e resultados do algoritmo Soundex	110
Tabela 10 - Artigos semelhantes identificados.....	112
Tabela 11 - Comparação de dois títulos do mesmo artigo, identificados como semelhantes..	113
Tabela 12 - Comparação dos títulos de dois artigos diferentes, identificados como semelhantes	113
Tabela 13 - Algoritmo para identificar os membros da rede de microeletrônica	125

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Encomenda PNM por Região	74
Gráfico 2 - Edital 13/2007 por Região	74
Gráfico 3 – Organograma do PNM- <i>Design</i>	85
Gráfico 4 - Modelo de Dados extraídos dos Currículos Lattes, elaborado por Jörg Bliesener para este trabalho	103
Gráfico 5 - Número de Doutores por Região	115
Gráfico 6 - Número de Pesquisadores por Estado	117
Gráfico 7 - Número de Pesquisadores por Instituição	118
Gráfico 8 – Percentual de Doutores por Faixa Etária	119
Gráfico 9 - Número de Pesquisadores por Sexo	120
Gráfico 10 - Rede de co-autores identificados a partir dos Artigos publicados	123
Gráfico 11 - Detalhamento de um nó da rede de microeletrônica	124
Gráfico 12 - Sub-redes de Pesquisadores da área de Microeletrônica sem os vínculos fracos	128

LISTA DE SIGLAS

ABINEE – Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica
AM – Amazonas
APEX – Agência Brasileira de Promoção de Exportações e Investimentos
APL - Arranjos Produtivos Locais
ASIC - *Application Specific Integrated Circuits*
BNDES - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CA – Comitê de Assessoramento
CAMEX - Câmara do Comércio Exterior
CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CDT – Centro de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico
CEITEC – Centro de Excelência em Tecnologia Eletrônica Avançada
CEM - *Contract Equipment Manufacturers*
CEPAL - Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe
C.E.S.A.R. – Centro de Estudos e Sistemas Avançados do Recife
CETENE – Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste
CI – Circuito Integrado
CI-Brasil – Circuitos Integrados Brasil
CKD – *Completely Knock-Dow*
CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
COFINS – Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social
CT – Centro de Treinamento
CTI – Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer
CT-INFO – Fundo Setorial de Tecnologia da Informação
CT-PIM – Centro de Ciência, Tecnologia e Inovação do Pólo Industrial de Manaus
DH – *Design Houses*
DH-BH - *Design House* de Belo Horizonte
EDA – *Electronic Design Automation*
FATECIENS/RS – Fundação de Apoio à Tecnologia e Ciência do Rio Grande do Sul
FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos
FinFET - Fin Field Effect Transistor
FNDCT – Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
FPGA - *Field Programable Gate Array*
Ge – Germânio
IBRAPE - Indústrias Brasileiras Reunidas Philips
IC – *Integrated Circuit*

ICT - Instituições Científicas e Tecnológicas
IDM - *Integrated Device Manufacturers*
IEEE – *Institute of Electrical and Electronics Engineers*
IP - *Intellectual property*
IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
IPI – Imposto sobre Produtos Industrializados
IPv4 - *Internet Protocol version 4*
ITA - Instituto Tecnológico de Aeronáutica
ITRS - *International Technology Roadmap for Semiconductors*
LINCS - Laboratório para a Integração de Circuitos e Sistemas
LSI-TEC – Laboratório de Sistemas Integráveis Tecnológico
McBS - *MulticPhannel Buffered Serial Port*
MCM - *Multi-Chip Module*
MCT – Ministério da Ciência e Tecnologia
MDIC – Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior
MEC – Ministério da Educação
MOS - Metal Oxide Semiconductor
MP3 – *MPEG-1/2 Audio Layer 3*
MPE – Micro e Pequenas Empresas
MPEG4 – *Moving Picture Experts Group 4*
NIMETEC – Associação Núcleo Interdepartamental de Microeletrônica
OEM - *Original Equipment Manufacturers*
OLED - *Organic Light-Emitting Diodes*
PADIS - Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Indústria de Semicondutores
PATVD - Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Indústria de Equipamentos para a TV Digital
PBPQ - Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade
PCB - *Printed Circuit Board*
P&D – Pesquisa e Desenvolvimento
PDNTM - Programa de Disseminação de Novas Tecnologias em Microeletrônica
PDP – Política de Desenvolvimento Produtivo
PI – Propriedade Intelectual
PIB – Produto Interno Bruto
PIS – Programa de Integração Social
PIT – Países de Industrialização Tardia
PITCE – Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior
PNI - Política Nacional de Informática
PNM – Programa Nacional de Microeletrônica

PPA – Plano Plurianual
PROEX – Programa de Crédito à Exportação
PUC-RS – Pontifícia Universidade do Rio Grande do Sul
RECOF – Regime Aduaneiro de Entrepósito Industrial sob Controle Informatizado
RH – Recursos Humanos
RHAE – Recursos Humanos para Atividades Estratégicas
SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
SEGeT - Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia
SEPIN – Secretaria de Política de Informática
Si – Silício
SIA - *Semiconductor Industry Association*
SIP - *Silicon Intellectual Property*
SKD - *Semi Knock-Down*
SNI – Sistemas Nacionais de Inovação
SOC - *System on a Chip*
SSI – Sistemas Setoriais de Inovação
SUFRAMA – Superintendência da Zona Franca de Manaus
TIC - Tecnologia da Informação e Comunicação
TSMC - *Taiwan Semiconductor Manufacturing*
UEFS – Universidade Estadual de Feira de Santana
UFC – Universidade Federal do Ceara
UFMG – Universidade Federal de Campina Grande
UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais
UFMT – Universidade Federal do Mato Grosso
UFPA – Universidade Federal do Pará
UFPE – Universidade Federal de Pernambuco
UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UFRN – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
UFS – Universidade Federal de Sergipe
UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina
UFSM – Universidade Federal de Santa Maria
UMC - *United Microelectronics Corporation*
UnB – Universidade de Brasília
UNCTAD – *United Nations Conference on Trade and Development*
UNESP – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”
UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas
UNIFEI – Universidade Federal de Itajubá
UNIPAMPA – Universidade Federal do Pampa

UNIVALI – Universidade do Vale do Itajaí

USP – Universidade de São Paulo

ZFM – Zona Franca de Manaus

SUMÁRIO

Introdução.....	19
CAPÍTULO I.....	24
1 Breve Histórico da Microeletrônica	24
1.1 Contextualização Mundial da Microeletrônica	24
1.2 Impactos no Mercado	30
1.3 O Setor Mundial de Semicondutores como uma Sociedade em Rede	32
1.4 Sistema Setorial de Inovação em Semicondutores	34
1.5 O Setor de Semicondutores no Brasil	42
CAPÍTULO II.....	51
2 Desenvolvimento da Microeletrônica no Brasil.....	51
2.1 Zona Franca de Manaus.....	51
2.2 Lei de Informática	53
2.3 Lei Nº 11.484/07	57
2.4 Programa Nacional de Microeletrônica (PNM)	57
2.5 Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior (PITCE).....	61
2.6 Política de Desenvolvimento Produtivo (PDP)	63
2.6.1 Encomenda DH CI-Brasil	75
2.6.2 Edital 59/2008	79
2.6.3 Centros de Treinamento	80
2.6.4 Brazil-IP	80
2.6.5 Edital 14/2007 – Programa de Disseminação de Novas Tecnologias em Microeletrônica - PDNTM.....	81
2.6.6 Recursos Humanos em <i>Design Houses</i> – Estágios no Exterior	81
2.6.7 Bolsas de Produtividade em Pesquisa	82
2.6.8 Bolsas Especiais.....	82
2.6.9 Edital Universal – 14/2008 e 14/2009.....	83
2.6.10 Edital 04/2008 – Apoio Técnico.....	83
2.6.11 Edital 06/2008 - Jovens Pesquisadores	83
CAPÍTULO III.....	84
3 Resultados Parciais obtidos pelo PNM- <i>Design</i>	84
3.1.1 PNM – GM/GD (Mestrado e Doutorado no País)	85
3.1.2 Brazil-IP	86
3.1.3 Edital 59/2008.....	88

3.1.4	Encomenda CI-Brasil	88
3.1.5	Centros de Treinamento (CTs).....	89
3.1.6	Edital 25/2009	89
3.1.7	Disseminação de Tecnologias Modernas de Microeletrônica e Circuitos Embarcados para a Rede de Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia - IFs	89
3.1.8	Edital 14/2007 - PDNTM	89
3.1.9	Estágio na França – ST <i>Microeletetronics</i>	90
3.2	Sistema de Aprendizado Ativo	94
3.3	O Sistema Setorial de Inovação em Semicondutores no Brasil.....	96
CAPÍTULO IV.....		99
4	Metodologia Utilizada e Resultados Alcançados.....	99
4.1	Plataforma Lattes.....	99
4.2	Metodologia Utilizada para Mapear os Doutores que Formam a Rede de Microeletrônica no Brasil.....	100
4.3	Importação dos Dados na Base SQL.....	102
4.4	Cruzamento de Dados com a Pesquisa de 2007	104
4.5	Identificação dos Co-autores	105
4.5.1	Abordagem Nomes dos Autores	105
4.5.2	Abordagem DOI	105
4.5.3	Abordagem Título	106
4.5.4	Abordagem <i>Soundex</i>	107
4.5.5	Abordagem Similaridade <i>Levenshtein</i>	110
4.6	Análise do Perfil dos Doutores da Área de Microeletrônica no Brasil.....	114
4.7	Formação de Redes	121
4.8	Redes de Colaborações	127
4.9	Análise da Rede de Microeletrônica do Brasil.....	128
CONCLUSÕES.....		130
5	BIBLIOGRAFIA.....	134
ANEXO		139
Entrevistas		139
	Entrevistado: Armando Gomes – Diretor-Geral da <i>Freescale</i> Brasil.....	139
	Entrevistada: Marília Lima – CEO da empresa <i>Siliconreef</i>	147

Entrevistado: Nilton Itiro Morimoto – Presidente da Sociedade Brasileira de Microeletrônica – SBMICRO	150
Entrevistada: Edelweis Helena Garcez Ritt - Diretora Presidente Interina da Associação Sem Fins Lucrativos CEITEC.....	153

Introdução

Nos anos de 2008 e 2009 o mundo enfrentou uma crise financeira de proporções similares à de 1929, quiçá mais graves que àquela. A origem da recente crise residiu no calote ao pagamento de empréstimos imobiliários nos EUA e na falência ou pedido de concordata de diversas instituições financeiras e empresas americanas de alguma forma vinculadas ao setor imobiliário. Essa crise também teve reflexos na economia brasileira, mas, de certa forma, com impacto muito menor que o verificado em outros países.

No momento, o Brasil está em fase de crescimento econômico, baseado em consumo interno e exportação de *commodities*, tendo projeções de crescimento ainda maiores nos próximos anos. Para manter esse ritmo econômico no longo prazo parece necessário encontrar novas opções de caráter tecnológico que busquem a expansão da capacidade produtiva de maneira a ampliar os comércios interno e externo. É fato que a inovação tecnológica tem desempenhado papel fundamental na inserção, aceleração e manutenção do crescimento de longo prazo em diversas Nações, particularmente aquelas cujo investimento em P&D (Pesquisa e Desenvolvimento) têm se mantido consistentes por períodos mais longos.

A Coreia é um bom exemplo de como a inovação tecnológica pode influenciar no crescimento econômico. Em 30 anos, o país passou de uma economia baseada na agricultura de subsistência para uma economia industrializada e com alto poder inovador. Tudo isso graças a estratégias voltadas, inicialmente, para aprender de forma mais ativa e posteriormente para produzir inovação. A competência adquirida não foi apenas voltada para o desenvolvimento de produtos com alto valor agregado, buscou-se estimular todo um sistema voltado para inovação, focando-se na capacidade de produzir, investir, empreender e inovar. Segundo Linsu Kim¹ “Os coreanos desenvolveram estratégias para adaptar as invenções estrangeiras às suas necessidades e condições, resultando em novas e importantes descobertas e criações”, que estimularam a entrada de novos investimentos naquele país viabilizando o surgimento de outras inovações.

Em economias emergentes, vários fatores atraem investimentos voltados para a inovação: crescimento econômico e estabilidade, interação universidade-indústria, bem como a existência de legislação de propriedade intelectual e incentivos governamentais. A maioria desses fatores se aplica ao Brasil. Cabe então a pergunta: onde investir para manter o crescimento econômico de forma sustentada?

¹ KIM, Linsu. Da inovação à imitação: a dinâmica do aprendizado tecnológico na Coreia / Linsu Kim: tradutora: Maria Paula G. D. Rocha – Campinas, SP. Editora da Unicamp, p. 20. 2005.

Os semicondutores podem ser um dos segmentos para a aplicação de recursos públicos e privados, por se tratar de um setor que se constitui em um dos elos de integração de produtos eletrônicos da atualidade, permitindo que vários outros setores se desenvolvam e não fiquem dependentes de tecnologia externa. Além disso, com exceção de alguns poucos períodos de retração em razão da conjuntura econômica mundial que conteve a demanda por componentes, esse setor tem crescido em vendas globais nos últimos 25 anos a uma taxa média anual de 13,5%². Em 2008 o mercado mundial de semicondutores movimentou cerca de 248,6 bilhões de dólares³, já em 2009, devido à crise econômica mundial iniciada em 2008, esse mercado enfrentou uma retração, que mesmo assim movimentou em torno de 195,6 bilhões de dólares. As projeções são de que exista um potencial de crescimento para os próximos anos.

Aqueles países que desenvolvem capacidade de criar novas tecnologias tornam-se mais competitivos no mercado externo, detendo maior poder de investimento e lucro frente a outros países. Com poucas exceções, tais como a Petrobrás e a Embraer, o Brasil é ainda um produtor de bens com baixa complexidade tecnológica, especializando-se em exportar *commodities* ou manufaturados de baixo valor agregado. Segundo dados do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC)⁴ a pauta brasileira tem demonstrado que a importação é fortemente vinculada a bens direcionados à atividade produtiva e que o comércio exterior tem crescido a partir de 2002 baseado na exportação de produtos básicos e manufaturados, entendendo como produtos básicos óleos brutos e petróleo, minérios de ferro e seus concentrados, carne de frango, suína e bovina, café cru em grão, grãos de outras espécies, bovinos vivos e demais produtos básicos. Já a exportação de manufaturados tem se baseado em automóveis de passageiros (por meio de empresas multinacionais instaladas no país), óleo diesel, açúcar refinado, partes e peças para veículos automotivos e tratores, calçados, pneumáticos, silício, suco de laranja congelado, café solúvel, tubos de ferro fundido, ferro ou aço e seus acessórios.

A economia brasileira encontra-se em *déficit* em relação ao complexo eletrônico. Para diminuir o gargalo tecnológico em relação à produção e comercialização de produtos de alta complexidade tecnológica, o país tem estabelecido estratégias de desenvolvimento que buscam atrair fabricantes de circuitos integrados (*foundries*), bem como propiciar um ambiente atrativo para que essas fábricas possam se estabelecer em território nacional. A escassez de recursos

² Fonte: O futuro da indústria de semicondutores: a perspectiva do Brasil. Coletânea de artigos – Série Política Industrial – 3. Brasília, 2004. 213p., p. 13.

³ GUTIERREZ e MENDES; BNDES Setorial 30, p. 157 – 209, 2009.

⁴ <http://www.desenvolvimento.gov.br/sitio/interna/interna.php?area=5&menu=1161>, Acesso em 15 de março de 2010.

humanos qualificados para o desenvolvimento de projetos e processos de fabricação de circuitos integrados no país ainda se configura como um dos principais entraves a serem enfrentados pelo Brasil, bem como a falta de interação entre os diversos atores do setor que trabalham de forma isolada ou em pequenos grupos, aliados a gargalos na regulamentação que propiciem um ambiente favorável à dinamização do setor.

Algumas ações têm sido realizadas pelo Governo Federal objetivando inserir o Brasil no mercado mundial de semicondutores. Para isso, foram elaboradas políticas públicas no sentido de atrair maiores investimentos externos e de firmar acordos de transferência tecnológica para que o país possa se capacitar internamente inserindo-se em nichos de mercado no setor de semicondutores.

Das políticas em andamento, algumas ações são no sentido de prover recursos humanos qualificados para o desenvolvimento de circuitos integrados. Nesse contexto, o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq tem um papel estratégico, pois cabe a ele fomentar iniciativas, identificar competências, bem como contribuir para a elaboração de políticas para o setor. Dentre as ações coordenadas pelo CNPq destacam-se o Programa Nacional de Microeletrônica – PNM, Circuitos Integrados Brasil – CI-Brasil, *Brazil Intellectual Property* – Brazil-IP, Recursos Humanos em *Design Houses* - Estágios no Exterior e ações referentes aos Centros de Treinamento de Projetos de Circuitos Integrados – CTs. O foco dessas políticas públicas converge normalmente para Centros de Excelências já estabelecidos sem observar as separações internas desses centros e suas conexões externas que atravessam as fronteiras institucionais, isso pode ser demonstrado com os resultados desse trabalho ao verificar que os recursos estão normalmente distribuídos em poucos centros de pesquisas, a despeito da pulverização de doutores aptos a trabalhar em microeletrônica espalhados em diversas instituições no país.

No segmento de semicondutores existem ações que podem ser otimizadas com definições que se dêem a partir de informações mais precisas, particularmente, por inferir que o setor acadêmico é um possível gerador de novas técnicas, processos e equipamentos que poderão transformar-se em inovações, pois é nele que se concentram as pesquisas e os recursos humanos com a mais alta qualificação para a pesquisa no país. Esse breve diagnóstico nos levou à busca pela caracterização da base acadêmica nacional do setor de microeletrônica no Brasil. Isso motivou o desenvolvimento deste trabalho, a partir do qual foi possível identificar a rede de microeletrônica no Brasil, visando caracterizar a rede acadêmica focada nos doutores que atuam no setor de semicondutores e suas instituições de vínculo, a partir de dados cadastrados na Plataforma Lattes do CNPq.

Uma motivação central para a realização deste trabalho foi o fato de que a microeletrônica é uma área multidisciplinar que perpassa diversas cadeias produtivas, podendo gerar desenvolvimento econômico de forma sustentável e a possibilidade de se fazer inovação tecnológica no país de maneira duradoura, como resultado de uma política de longo prazo. A pesquisa realizada permite inferir que esse setor pode viabilizar a inserção do país no mercado global de forma mais pró-ativa.

A indústria de semicondutores é um dos grandes motores da economia inovadora da atualidade, sendo, junto com outras poucas tecnologias que direta ou indiretamente necessitam de seu desenvolvimento, responsável pelo surgimento de sistemas nacionais voltados para a Inovação.

Conforme dito anteriormente, o Brasil está crescendo baseado no consumo interno e na exportação de *commodities*. Esse crescimento não trás, necessariamente, um desenvolvimento baseado em uma maior capacidade de gerar inovação tecnológica, esta sim o elemento motor capaz de fazer o país avançar tecnologicamente e alcançar sua independência em termos de importação de produtos de alta complexidade tecnológica.

O Brasil se encontra fora dos sistemas nacionais de inovação mundial ou dos sistemas setoriais de inovação, quando muito, o país tenta estruturar um sistema de aprendizado ativo para o setor de semicondutores. As políticas públicas recentes são no sentido de prover o Brasil de infraestrutura capaz de criar um ambiente propício às interações necessárias ao desenvolvimento do setor de semicondutores de maneira a inseri-lo no mercado a partir da capacidade de apreender as inovações externas e, em um breve futuro, gerar endogenamente uma capacitação tecnológica nacional.

O governo desempenha papel fundamental na estruturação de um sistema de aprendizado tecnológico de forma mais ativa: ele pode promover a interação entre os atores do sistema, principalmente para melhorar a relação entre a academia (que produz a pesquisa básica) e a indústria (que pode transformá-la em inovação). É o governo quem possui maiores condições de investir na infraestrutura do setor e na difusão de tecnologia fornecendo o aparato legal para prover uma estabilidade jurídica no mercado, marco legal que deve originar-se de uma visão macro e microeconômica que possa estimular investimentos em segmentos estratégicos.

Com base nesse cenário, esta pesquisa buscou prospectar a base de especialistas acadêmicos que trabalham na área de microeletrônica no Brasil, para contribuir na formulação de políticas públicas que viabilizem a inserção, em médio prazo, do setor de semicondutores

em um sistema de aprendizado ativo e, em médio prazo, a inserção do Brasil no mercado mundial como um *global player*.

Esta dissertação está organizada em 4 capítulos. No capítulo 1 procurou-se contextualizar a importância da microeletrônica em nível mundial, as estratégias para atrair a instalação de fábricas e centros de pesquisa internacionais de circuitos integrados no Brasil, a inserção no mercado global e as políticas e programas que estão em andamento no país.

No capítulo 2, descreveu-se e realizou-se uma breve análise das políticas públicas dos últimos anos para o setor de semicondutores.

No capítulo 3, procurou-se responder à questão se existe ou não no Brasil um Sistema Nacional de Inovação. E complementarmente se as políticas públicas implementadas nos últimos oito anos (2002-2009) foram, de fato, no sentido de construir um Sistema Nacional de Aprendizado Ativo para o setor de semicondutores. Para isso, algumas reflexões sobre um Sistema Setorial de Aprendizado Ativo foram empreendidas, utilizando-se para tal de entrevistas realizadas com pessoas-chave no setor de semicondutores.

No capítulo 4 são apresentados os resultados das ações desenvolvidas pelo CNPq e a metodologia utilizada para o mapeamento dos doutores da área de microeletrônica. O trabalho realizado permitiu identificar onde estão localizados esses doutores e suas instituições de vínculo, além de verificar se esses pesquisadores estão articulados/conectados com o objetivo de produzir conhecimento na área de microeletrônica, bem como para dar subsídio para que o Estado possa fomentar ações focadas em uma capacidade produtiva destinada a gerar inovações no setor.

Nas conclusões descrevem-se os resultados obtidos com a análise realizada, discutem-se os principais pontos observados na pesquisa e as sugestões feitas pelos entrevistados para o setor de semicondutores. O trabalho apontou para a necessidade de que o Estado promova ações para a indução da interação entre os diversos doutores da área de microeletrônica e suas respectivas instituições, para que eles possam trabalhar de forma conectada com o objetivo de produzir inovação no país.

É factível afirmar, portanto, que diversos ajustes nas políticas até aqui implementadas serão necessários para que se possa promover o desenvolvimento do setor de semicondutores no país, mas para que isso ocorra é prioritário que os diversos órgãos governamentais da área atuem a partir de informações que permitam a otimização desses esforços, de forma conectada e sinérgica, possibilitando o surgimento de um Sistema Setorial de Inovação da Microeletrônica.

CAPÍTULO I

Neste capítulo, a proposta inicial é de fazer uma breve contextualização da microeletrônica mundial, enfatizando seus aspectos históricos e mercadológicos. Posteriormente optou-se em discutir o setor mundial de semicondutores como uma sociedade em rede e a sua inserção em um sistema setorial de inovação ou de aprendizados ativo e passivo. Ao final procurou-se contextualizar o setor de semicondutores no Brasil e suas possibilidades de inserção no mercado internacional.

1 Breve Histórico da Microeletrônica

1.1 Contextualização Mundial da Microeletrônica

A necessidade humana de se comunicar e ter o registro desses diálogos é observada desde a utilização de pinturas rupestres, papiros, papéis e, a partir do séc. XX, por meio de sistemas informatizados de tecnologias da informação e comunicação (TIC). Esse contexto mais moderno contribuiu para o desenvolvimento de várias tecnologias destinadas à agilidade e à confiabilidade das comunicações e das atividades comerciais.

Com a necessidade de estabelecer a contagem referente à venda e aquisição de bens, houve o inevitável surgimento de uma matemática mais evoluída para o cálculo de operações com Algarismos mais complexos, que otimizassem o tempo e proporcionassem facilidades para os seus usuários. Tudo isso convergiu para a informatização dos sistemas. Como resultado, vários inventos e pesquisas foram desenvolvidos para atingir tal objetivo. Da primeira máquina de calcular, que pudesse proporcionar a contagem numérica, até o computador que chegasse a simular situações e cálculos mais complexos foram quase 500 anos de pesquisa e desenvolvimento tecnológico.

Em 1623, o alemão Wilhelm Schickard desenvolveu a máquina de calcular, considerada a precursora do computador. Essa foi uma inovação que favoreceu novas pesquisas de cientistas da época, contribuindo para o desenvolvimento de vários modelos de máquinas de calcular, surgidos entre os séculos XVII e XIX. Mas somente em 1822 surgiu, com Charles Babbage, uma nova máquina mais sofisticada denominada “máquina analítica”. A matemática Augusta Ada King - Condessa de *Lovelace* - que desenvolvia um trabalho com Babbage, foi uma das poucas pessoas a perceber a magnitude do invento, o que lhe possibilitou realizar um novo

trabalho: programar a nova máquina mesmo antes de seu desenvolvimento⁵. O feito inédito tornou-a a primeira programadora do mundo e despertou a curiosidade de outros inventores.

Desde então, a nova tecnologia foi alvo do incansável trabalho de vários estudiosos que se propuseram a desenvolvê-la. No início do século XX, o inglês Alan Mathison Turing interessou-se em estudar as possibilidades da computação, o que viabilizou o desenvolvimento, sob a forma teórica, de uma máquina conhecida como Máquina Universal de *Turing*. Essa máquina possibilitou calcular qualquer número e função de acordo com instruções apropriadas. A invenção foi utilizada na 2ª Guerra Mundial para estabelecer códigos seguros de comunicação entre os aliados.

O período que antecedeu essa guerra foi centrado em pesquisas para fins militares em que a eletrônica passou a ser um dos focos de pesquisas patrocinadas pelos Estados Unidos. Em 1947, o laboratório de telefones *Bell* inventou o primeiro transistor, cujo elemento químico semicondutor⁶ era o germânio (Ge). O seu tamanho era bem menor que o das válvulas até então utilizadas e era bem mais rápido. Tratava-se de uma nova tecnologia que revolucionaria o mundo e que valeu aos seus inventores, William Bradford Shockley, John Bardeen e Walter H. Brattain, o prêmio Nobel de Física em 1956. Os transistores foram de suma importância para a revolução microeletrônica, entretanto, inicialmente houve uma dificuldade para inseri-los no mercado devido ao seu elevado custo de fabricação e preço final. A dinâmica que envolveu aquela inovação é bem explicada por Alem Filho (2006, p. 3):

Embora fosse uma realização científica formidável, o transistor não alcançou, de imediato, a supremacia comercial. As dificuldades de fabricação somadas ao alto preço do germânio (Ge), um elemento raro, mantinham o preço muito alto. Os melhores transistores custavam 8 dólares numa época em que o preço de uma válvula era de apenas 75 cents.

⁵ Esse processo prévio pode ser melhor entendido na seguinte afirmação: “Ada foi uma das poucas pessoas que realmente entenderam os conceitos envolvidos no projeto de Babbage e durante o processo de tradução de uma publicação científica italiana sobre o projeto de Babbage incluiu algumas notas de tradução que constituem o primeiro programa escrito na história da humanidade”. Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Ada_Lovelace, acessado em 10 de junho de 2009.

⁶ Semicondutores são substâncias cuja condutividade elétrica, ao contrário do que ocorre com os condutores normais, aumenta com a temperatura. Assim, são condutores nas temperaturas usuais e isolantes nas baixas temperaturas. Além do germânio, do silício e de alguns outros elementos, são semicondutores uma grande quantidade de substâncias entre as quais se destacam os compostos binários constituídos por átomos de grupos diferentes da tabela periódica como, por exemplo, GaAs, AlSb e InSb. Uma propriedade imediatamente evidente dos materiais semicondutores é que sua função como dispositivo em um circuito eletrônico não depende de estruturas relativamente volumosas, como era o caso da válvula. E mais: “Os semicondutores provocaram uma verdadeira revolução na tecnologia da eletrônica. Nenhum aparelho eletrônico atual, desde um simples relógio digital ao mais avançado dos computadores, seria possível sem os mesmos.”

Diante do entrave comercial estabelecido, sobretudo pelo alto custo do principal elemento químico de sua fabricação, foram realizados novos estudos para substituição do germânio por outro elemento que possibilitasse um bom desempenho a um custo bem menor. Foi descoberta, assim, a viabilidade de se utilizar o silício (Si) como semiconductor. Tal fato promoveu a redução dos custos e a popularização do transistor, provocando o que hoje realmente se pode denominar de revolução na eletrônica.

O transistor a silício tornou viável a revolução dos computadores e equipamentos eletrônicos, pois apresentou várias vantagens em relação ao antigo transistor de germânio: possuía características elétricas melhores, baseava-se em uma tecnologia relativamente simples e o silício era encontrado abundantemente na natureza, não se restringindo a poucos fornecedores dessa matéria-prima. Essas vantagens foram cruciais para a substituição de componentes valvulados por eletrônicos.

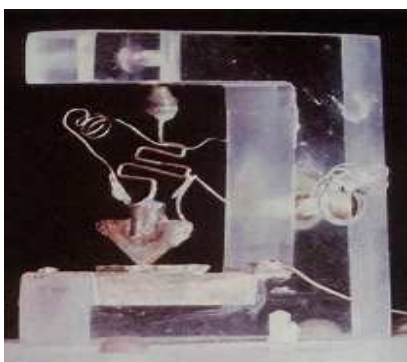


Figura 1 – Primeiro Transistor construído por *Bardeen, Brattain e Shockley*
Fonte: Adaptada do site <http://gamesbrasil.uol.com.br/forum/showthread.php?t=48103>

Percebendo as oportunidades que estavam surgindo, em 1955, William Shockley deixou o *Bell Labs* e montou a empresa *Shockley Semiconductor*, em Palo Alto, na Califórnia. Por ser considerado uma pessoa de gênio agressivo⁷, Shockley acabou motivando que oito funcionários saíssem de sua empresa e montassem a empresa *Farchild Semiconductor* como uma nova divisão da empresa de produtos ópticos *Fairchild Camera Corporation*⁸. Entre eles estava Robert Noyce, que posteriormente, junto com Andy Grove e Gordon Moore deixariam a *Farchild* e formariam a Intel, hoje a maior fabricante de circuitos integrados (*chips*) do mundo.

O surgimento da idéia de miniaturização e integração de circuitos em uma mesma lâmina de silício era apenas questão de tempo. Em 1958, Jack Kilby – da empresa *Texas Instruments* e Robert Noyce – da *Farchild*, uniram esforços para o desenvolvimento do que seria chamado

⁷ Do Transistor ao Microprocessador, http://www.eletrica.ufpr.br/mehl/historia_transistor.pdf, acessado em 03/10/09
⁸ Idem.

circuito integrado. Kilby focou-se na miniaturização dos componentes e Noyce na sua interconexão.

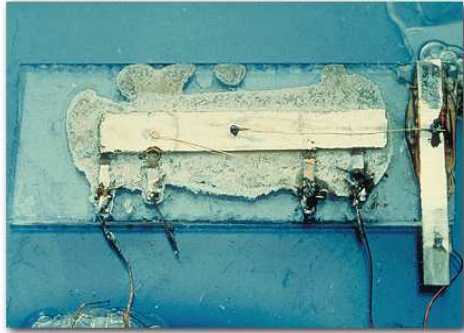


Figura 2 - Primeiro circuito integrado da história, desenvolvido por *Jack S. Kilby*.

Fonte: Adaptada do site

<http://images.google.com.br/images?hl=de&source=hp&q=primeiro+circuito+integrado&btnG=Bilder-Suche&gbv=2&aq=f&oq>

Essa integração de sistemas miniaturizados abriu um grande leque de possibilidades para inovações, além de promover o surgimento de novas empresas que se tornariam grandes atores no mercado mundial.

Com a evolução do circuito integrado, não apenas o aspecto econômico foi privilegiado. A continuidade das pesquisas proporcionou também a evolução da capacidade de acumulação de transistores. Em abril de 1965, Gordon Moore publicou um trabalho na revista *Electronics Magazine*⁹, no qual previu que o número de transistores que cabiam em um *chip* poderia dobrar ano a ano. Dez anos depois, Moore revisou sua previsão e constatou que o prazo para um *chip* dobrar sua complexidade, seria de 24 meses e posteriormente revisado para 18 meses. Em 1975, os *chips* tinham mais ou menos 65 mil transistores. Hoje, um único *chip* pode conter milhões de transistores.

⁹ *Electronics Magazine*, Volume 38, Number 8, April 19, 1965.

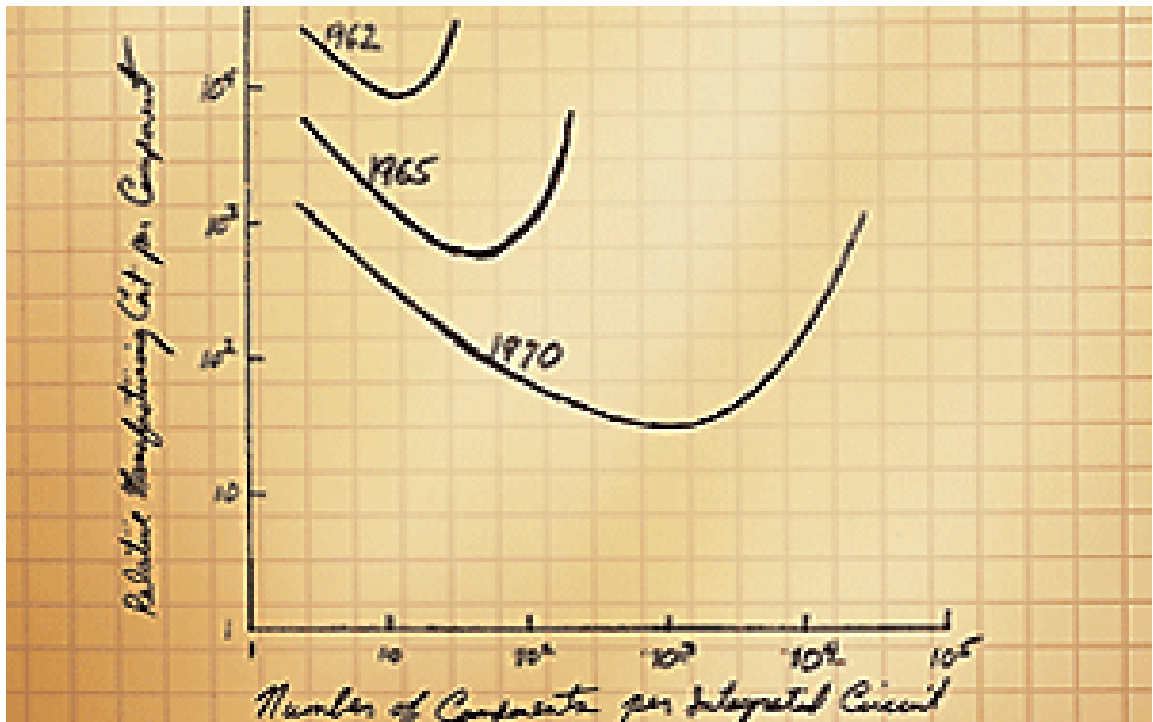


Figura 3 - Lei de Moore

Fonte: Adaptada do site <http://www.intel.com/technology/mooreslaw/index.htm>

O gráfico acima descreve a evolução do número de componentes por circuito integrado em relação ao seu custo relativo de produção. Em 1962, existia tecnologia para inserir 30 transistores por *chip*, entretanto, o ponto de equilíbrio entre custo/benefício era em torno de 10 transistores por circuito integrado. O custo elevado para a inserção de transistores e produção do *chip* não compensava frente à demanda de mercado da época. Posteriormente, o preço para a inserção de transistores em um *chip* diminuiu ainda mais. O desenvolvimento da tecnologia permitiu a evolução dos *chips* em relação ao aumento de sua complexidade e de sua velocidade possibilitando a revolução dos computadores pessoais (e de equipamentos eletrônicos) nas últimas décadas. Um bom exemplo da Lei de Moore foi a evolução dos microprocessadores, que de 1970 até o ano 2000 teve a sua capacidade de armazenamento de transistores em um único *chip* aumentada em mais de 13 mil vezes:

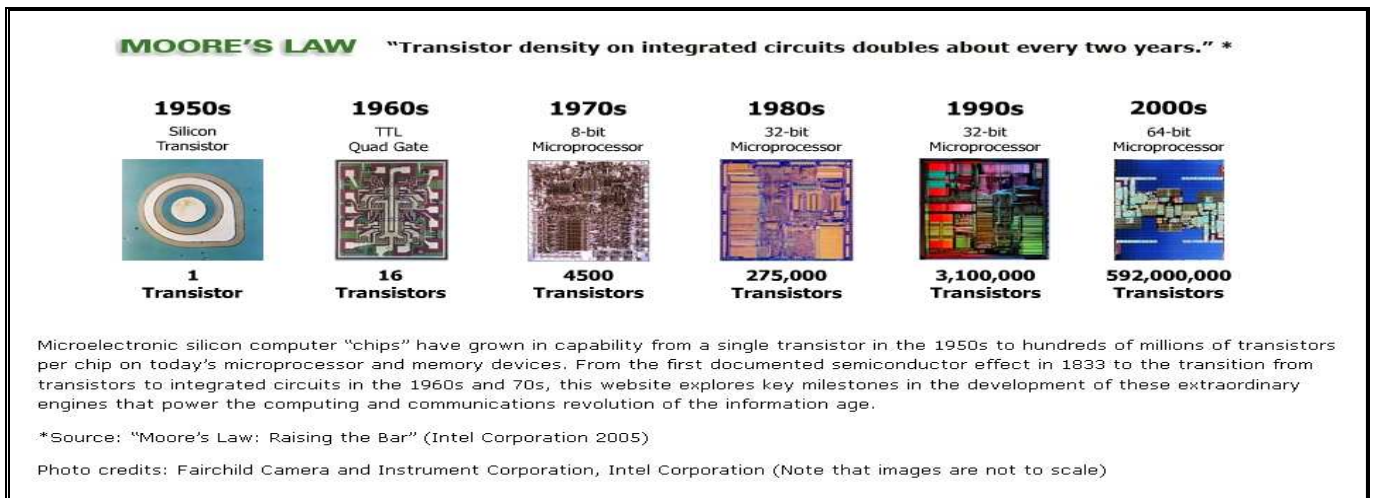


Figura 4 – Evolução da densidade de transistores nos circuitos integrados
 Fonte: Adaptada do site <http://gamesbrasil.uol.com.br/forum/showthread.php?t=48103>

A previsão que Moore realizou em 1965 foi tão contundente para o setor que hoje o *International Technology Roadmap for Semiconductors* (ITRS) revisou a Lei de Moore e agregou novas características: (GUTIERREZ e MENDES - 2009)

A Lei de Moore guiou sozinha os esforços de migração para geometrias menores nos primeiros 30 anos da industria. No entanto, ja há algum tempo que outra força está em ação, no sentido do aumento do desempenho dos produtos por meio de inovações no projeto e no processo de fabricação, além de soluções de software, levando a uma "diversificação funcional". Seria a resultante dessas duas forças – a redução da geometria e a diversificação funcional – a guiar a evolução da indústria nesta década. O ITRS chamou de "More than Moore" esse fenômeno capaz de incorporar funcionalidades aos produtos e aumentar o seu valor para o usuário. (grifo da autora)

Para confirmar o ponto de vista do ITRS, atualmente novas tecnologias estão em desenvolvimento ou em uso por algumas empresas com a finalidade de aumentar e diversificar as funcionalidades do circuito integrado, além de diminuir o tamanho do *chip*. A tecnologia *Fin Field Effect Transistor* (FinFET) permite que as dimensões dos transistores MOS¹⁰ sejam reduzidas a escalas inferiores a 100 nm, além de possuir excelentes propriedades elétricas para aplicação digital. Na linha da diversificação funcional tem-se a concepção de processadores com núcleos múltiplos de processamento como um bom exemplo.

A *Intel Corporation* está utilizando a tecnologia *Metal Gate* aliada ao material *High-K*, para a construção de paredes de isolamento e portas de interruptores em seus transistores de 45

¹⁰ Transistores MOS – *Metal Oxide Semiconductor* é uma tecnologia de semicondutores.

nanômetros (nm)¹¹ permitindo a diminuição do tamanho e o aumento da complexidade do *chip*. Há apenas uma década, o melhor processo tecnológico era o de 250 nm, o que significa que as dimensões do transistor tinham 5,5 vezes o tamanho e 30 vezes a área da nova tecnologia. Essa tecnologia possibilita que novos computadores sejam oferecidos com maior velocidade de processamento, melhor *design*, menor tamanho, mais eficiência em relação ao consumo de energia, além de potencialmente menores custos. A partir desses dados é possível inferir que a Lei de *Moore* (ou *more than Moore*) continue valendo para a próxima década.

No momento, novas tecnologias estão em fase de desenvolvimento buscando maior performance em espaços cada vez menores. Acredita-se que para a próxima década, a escala a ser utilizada será de 4 nm para uso em processadores. Existem ainda desafios a serem sanados para que essa tecnologia seja utilizada, mais esses desafios instigam a capacidade humana em procurar soluções inovadoras.

1.2 Impactos no Mercado

As tecnologias hoje existentes e em permanente desenvolvimento, promovem a expansão da indústria de semicondutores e possibilitam que produtos complexos sejam mais baratos, estimulando o aumento substancial da sua participação na economia mundial. A capacidade de integração de um *chip*, aliada a sua capacidade de memória, velocidade dos microprocessadores e a sua miniaturização viabilizaram a disseminação de sua utilização em outras áreas de forma mais eficiente. Os produtos ficaram mais valorizados do ponto de vista tecnológico e, devido ao maior saber útil neles embutido, aumentou também o seu valor na chamada sociedade do conhecimento.

Para se ter uma idéia do ritmo de desenvolvimento dessa tecnologia, entre 1959 e 1962, os preços dos semicondutores caíram 85% e a sua produção aumentou cerca de 20 vezes nos dez anos seguintes. O preço médio de um circuito integrado caiu de US\$ 50.00 em 1962, para US\$ 1.00 em 1971 (CASTELLS, p.77). A utilização da microeletrônica em variadas máquinas e o seu nível de integração tem proporcionado essa taxa de crescimento.

Nos últimos 25 anos, o setor registrou um crescimento anual médio de 13,5%, ainda que com alguns períodos de retração. Em 2009 o setor teve um período de retração devido à crise mundial. Segundo dados da *Semiconductor Industry Association* - SIA¹², a venda mundial de

¹¹ A Inovadora Tecnologia para transistores da Intel representa a maior mudança nos chips para computadores em 40 Anos <http://www.intel.com/portugues/pressroom/releases/2007/0129.htm>, acessado em 07/07/2009.

¹² *Global Chip Sales Increase 5 Percent Month-on-Month For Immediate Release. October 02, 2009.*

semicondutores em agosto/2009 foi de US\$ 19.1 bilhões¹³. De acordo com a *World Semiconductor Trade Statistics* (WSTS) a expectativa é que a indústria volte a crescer a partir de 2010, mantendo este crescimento pelo menos até 2012, pois as possibilidades de utilização de *chips* ainda se apresentam muito abrangentes, dependendo da capacidade humana de desenvolver inovações, de empresas ou países em investir e de um ecossistema bem articulado que possa promovê-las.

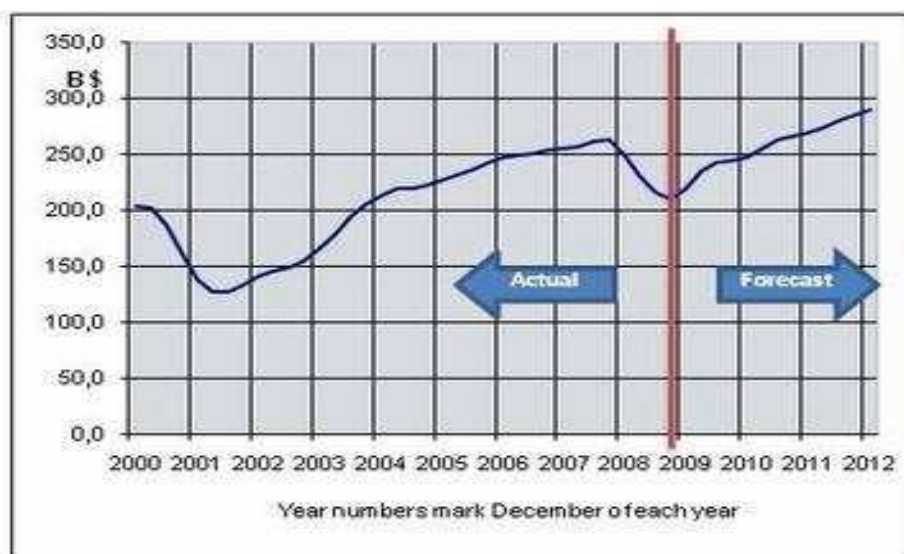


Figura 5 – Projeção do mercado de semicondutores do WSTS
Fonte: Adaptada do *World Semiconductor Trade Statistics*

Os semicondutores têm capacidade de penetração além dos limites da eletrônica, estando presentes em quase todas as atividades humanas na vida moderna. Eles evoluem para uma crescente integração de sistemas, a partir da miniaturização e barateamento dos produtos eletrônicos, integrando circuitos inteiros em um único componente. Todo esse progresso técnico, aliado a alterações sociais e econômicas possibilitadas por esta inovação tecnológica, conduziu o setor de semicondutores para relações em escala mundial, seja pela abrangência em que seus produtos perpassam todos os setores modernos, seja pela forma com que a microeletrônica se faz presente na produção, venda e distribuição de seus produtos.

Este ramo de atividade evolui para um novo modelo econômico que tem suas interações por meio de verdadeiras redes de relações, além de ser responsável por grande parte das

¹³ Se comparado ao mês de julho/2009, houve um aumento de 5%. Entretanto, se compararmos o mês de agosto/2009 com agosto/2008, houve uma redução de 16.1%, quando as vendas foram de US\$ 22.7 bilhões. A empresa de consultoria *Garther* (2009)¹³ avaliou que o impacto da crise financeira iria resultar no declínio do faturamento mundial do setor em torno de 24,1%, se comparado a 2008.

inovações que ocorrem no mundo. O setor se relaciona em rede e se organiza como um sistema mundial de inovação, com objetivos setoriais específicos, conforme se explicitará nos tópicos 1.2 e 1.3 a seguir.

1.3 O Setor Mundial de Semicondutores como uma Sociedade em Rede

É possível afirmar que a partir da década de 70 do século passado configurou-se um novo modelo econômico mundial com características que o distingue de outros modelos até então predominantes. Essa nova economia é de escala global, está focada na capacidade de obter e gerar informações e conhecimento, além de ter suas interações definidas por meio de redes. De acordo com Castells (1999 – p. 119) essa nova economia surgiu no último quartel do século XX, e é por ele definida:

*É informacional, global e em rede para identificar suas características fundamentais e diferenciadas e enfatizar sua interligação. É informacional porque **a produtividade e a competitividade de unidades ou agentes nessa economia (sejam empresas, regiões ou nações) dependem basicamente de sua capacidade de gerar, processar e aplicar de forma eficiente a informação baseada em conhecimentos.** É global porque as principais atividades produtivas, o consumo e a circulação, assim como seus componentes (capital, trabalho, matéria-prima, administração, informação, tecnologia e mercados) **estão organizados em escala global, diretamente ou mediante uma rede de conexões entre agentes econômicos.** É rede porque, nas novas condições históricas, a produtividade é gerada, e a concorrência é feita em uma rede global de interações entre redes empresariais. (grifo da autora)*

Por essa nova economia estar bastante baseada na inovação como geradora de riquezas, as empresas procuram uma forma de se aliarem estrategicamente no sentido de que o fluxo de informações e conhecimento possa transitar mais facilmente. Para isso a configuração em rede de empresas em nível global possibilita uma maior integração entre os atores que passam a se comunicar de forma mais interativa, com vistas a melhorar a produtividade e obter cada vez mais lucro. Cumpre destacar neste ponto os limites impostos pelo próprio sistema econômico, por exemplo, ao criar toda uma série de mecanismos de apropriação privada e exclusiva dos lucros por meio de patentes, contratos de *Know how*, licenciamentos etc.

Essa interação, no modelo em que se configura atualmente, somente foi possível com o desenvolvimento da tecnologia da informação (TI) e principalmente com o surgimento da Internet. Certamente essas tecnologias estão entre os principais fatores desse novo modelo econômico, pois permitiu a integração entre economias diversas, difusão de informação e

conhecimento em nível global, mudanças culturais, novos modelos de gestão de negócios etc. Tudo isso leva a crer que o mundo ainda vem vivenciando um processo de mudança de paradigma, fruto de uma mudança tecnológica voltada para a informação e informatização de sistemas que perpassa aspectos culturais, sociais e institucionais envolvidos nesse novo modelo econômico¹⁴.

A união de esforços de empresas no sentido de se inserir no mercado de forma mais ativa e competitiva, além de induzir a criação de uma configuração mais dinâmica para atrair recursos humanos mais capacitados, investimentos e conhecimentos de qualquer parte do mundo propiciou o surgimento de espaços físicos chamados *clusters*, que tinham por finalidade centralizar esses recursos e proporcionar a formação de interações entre os diversos atores envolvidos na geração e difusão das novas tecnologias. Foi assim com o Vale do Silício, nos EUA, com a Manufatura Eletrônica de Jalisco, no México, além de outros centros na Ásia, Europa e Oriente Médio.

Essa aproximação geográfica entre empresas viabilizou o estabelecimento de redes de interações cada vez mais complexas. A *United Nations Conference on Trade and Development* - UNCTAD (1998, p. 2-3, *apud* Senhoras, 2002) faz uma esclarecedora distinção conceitual entre *Networking* e *Clustering*:

*Networking é comumente usado para descrever cooperações formais e informais entre firmas. Tais relações podem tomar forma de troca de conhecimento, relações comerciais, de competição entre outras. Clustering é um conceito espacial. **Firmas estão localizadas próximas umas das outras, o que não significa automaticamente colaboração entre elas.**(grifo da autora)*

Portanto, não é necessariamente a centralização de recursos que faz com que as empresas possam se desenvolver, mas, principalmente, o grau de interação (formais ou informais) que viabiliza que as relações se estabeleçam e produzam novas oportunidades de negócios. Na chamada economia global, os mercados financeiros são interdependentes e se interligam globalmente e isso só foi possível com o desenvolvimento das tecnologias de comunicação. Mercados, antes isolados ou regionalizados, hoje funcionam em rede. Investimentos especulativos levam segundos para ir de um lado a outro do mundo, influenciados por alguma oscilação externa na taxa de juros ou por empresas de avaliação que

¹⁴ Mesmo sendo importantes, mas por fugir ao escopo dessa Dissertação, aspectos culturais, sociais e institucionais não serão objetos de análise na presente pesquisa.

influem na cotação de moedas ou ações. A capacidade e infraestrutura tecnológica, aliada ao acesso a novos conhecimentos e a recursos humanos altamente especializados, são fatores essenciais de competitividade para essa nova economia globalizada.

As interações em *clusters* ou em redes servem para facilitar a estratégia de uma empresa em sobreviver e/ou obter lucro. Essa estratégia está pautada em se ter acesso ao conhecimento, que é o bem intangível mais importante nessa nova economia, tornando possível o desenvolvimento de inovações. A capacidade de inovar, difundir e aplicar o conhecimento adquirido viabiliza a passagem de empresas ou países para um patamar mais competitivo no mercado internacional, ampliando ganhos e reaplicando-os em investimentos, que possibilitarão mais ganhos, que podem até mesmo viabilizar a constituição de um círculo virtuoso voltado para a inovação.

Essa transformação decorrente da inserção de novas tecnologias e do seu consequente modelo econômico, teve a indiscutível participação do setor de semicondutores como um dos catalisadores do desenvolvimento de tecnologias para a difusão da informação. Mas o setor também se beneficiou das novas formas de organização do conhecimento. Com o objetivo de implantar-se e solidificar-se em um mercado de bens e serviços global na área de microeletrônica e por apresentar um comportamento dinâmico, a indústria de semicondutores tem se estruturado em forma de rede e/ou em *clusters*. Essas interações podem viabilizar o surgimento de inovações, sejam elas em produto ou processo.

Na concepção utilizada neste trabalho, a inovação não está apenas voltada para um produto final sendo vendido em um determinado mercado. Ela pode ser entendida como processo, nos quais estão inseridas questões como capacitação de recursos humanos, legislação, gestão, logística etc. O aparato institucional existente por trás desses diversos segmentos permite o surgimento de sistemas de inovação, sejam eles em nível nacional ou setorial.

Nesse sentido, vários setores da economia têm se estruturado em forma de sistemas setoriais, buscando criar produtos ou processos inovadores que venham a gerar lucros, conforme se analisa a seguir.

1.4 Sistema Setorial de Inovação em Semicondutores

O progresso técnico é responsável pelo surgimento de inovações nos diferentes processos de apropriação dos ganhos de produtividade, sua relação com o trabalho, mercado e geração de riquezas. O debate relativo aos Sistemas Nacionais ou Setoriais de Inovação deve considerar o processo pelo o qual as empresas e países têm utilizado para se desenvolver, a

habilidade em criar renda e aumentar a produtividade para competir e crescer. Dessa forma, quando uma firma ou nação insere pela primeira vez no mercado uma inovação tecnológica, a capacidade de gerar renda e, conseqüentemente, fazer novos investimentos é muito maior do que quando sua entrada no mercado se dá com a tecnologia madura. Disso decorre uma menor capacidade de produzir lucros e investimentos. (VIOTTI et al. – 1997)

Essa breve reflexão dá base à análise que se pretende realizar neste item. Cumpre inicialmente considerar o conceito de inovação tecnológica.

Freeman e Soete (1998) descrevem a inovação como sendo vital para o crescimento e manutenção da taxa de crescimento dos países, e também como vital para a conservação dos recursos e do meio ambiente, além de proporcionar a melhoria na qualidade de vida das pessoas. Já para CASSIOLATO e LASTRES¹⁵ (2000) a inovação pode ser entendida como:

O processo pelo qual as empresas dominam e implementam o *design* e a produção de bens e serviços que sejam novos para elas, independentemente do fato de serem novos para seus concorrentes – domésticos ou internacionais. Definir inovação dessa maneira não significa negar o papel da P&D na geração de novos conhecimentos, mas permite uma perspectiva mais ampla para o entendimento dos processos de capacitação e aprendizado realizado pelas firmas na busca de competitividade. (grifo da autora)

Para esses autores, se a inovação for utilizada no sentido da introdução de novos produtos e processos, ela não se restringirá a setores de alta tecnologia. Setores tradicionais podem ser inovadores usando de forma eficiente as tecnologias de informação e comunicação, envolvendo o aprendizado e a criação de conhecimento, além de novas e diferentes competências relacionadas ao desenvolvimento e implementação de produtos e processos.

Mas ao deixar a dimensão micro e considerar os condicionantes macroeconômicos da inovação, percebe-se a necessidade e a importância da estruturação em um país qualquer de um sistema nacional voltado para a inovação que crie as condições para se investir fortemente em P&D internos de forma cooperativa, que tenha a possibilidade de realizar pesquisa básica estruturada, objetivando ampliar a capacidade tecnológica para se produzir, aperfeiçoar e inovar. Tal feito é possível quando se tem um sistema coordenado e articulado de forma a proporcionar um ambiente que estimule um ecossistema estratégico com vistas a impulsionar o crescimento da economia de forma sustentada. Com a finalidade de viabilizar esse ambiente, várias nações procuram configurar um Sistema Nacional de Inovação (SNI) que tenha como

¹⁵ Sistemas de Inovação: Políticas e Perspectivas. José Eduardo Cassiolato e Helena Maria Martins Lastres. Parcerias Estratégicas - número 8 – p. 237-255 - Maio/2000.

estratégia a inserção da produção doméstica de forma mais ativa nos mercados interno e externo.

Oliveira (2001 *apud* Santa Rita) assim define os Sistemas Nacionais de Inovação:

*Arranjos institucionais com o objetivo de favorecer o relacionamento entre pesquisa básica e a aplicada, entre pesquisadores e empresários, a inovação, difusão e incorporação das novas tecnologias dentro e fora dos limites regionais. **É um ambiente institucional capaz de propiciar a capacitação técnica, a inovação, a difusão e a incorporação de novas tecnologias.** (grifo da autora)*

Para Cassiolato e Lastres (2000), a utilidade de se conceituar Sistemas Nacionais de Inovação reside no fato:

*de o mesmo tratar explicitamente questões importantes, ignoradas em modelos mais antigos de mudança tecnológica - especificamente o da diversidade e do papel dos investimentos intangíveis em atividades de aprendizado inovativo. Além disso - e baseando-se na consideração que uma diversidade significativa entre os países e instituições na forma, nível e padrão dos investimentos em aprendizado - focalizam-se particularmente as ligações entre instituições e suas estruturas de incentivos e capacitações. Num plano mais descentralizado, têm sido concebidos sistemas regionais, estaduais e locais de inovação...
...Assim, **a visão sistêmica da inovação se preocupa não apenas com o desempenho da firma isoladamente, mas, principalmente, com a integração das firmas em complexas relações econômicas e sociais com o seu ambiente.** (grifo da autora)*

Trata-se, portanto, de um aparato institucional disposto a propiciar um ambiente que seja capaz de aperfeiçoar ações, buscar e fortalecer parcerias entre o poder público (Estado), a iniciativa privada (setor produtivo) e a academia (universidades, institutos de pesquisa e centros de P&D) estimulando o desenvolvimento de produtos ou processos que possam agregar vantagens competitivas aos mesmos em busca de maiores fatias no mercado.

Partindo do pressuposto de que as interações das relações em um SNI são complexas e necessita de aparatos institucionais e aporte de recursos amplos, alguns setores têm se organizado de forma a promover a inovação em determinados segmentos. Essas interações são trabalhadas de forma a estimular a integração entre setores afins, promovendo o que pode ser considerado um Sistema Setorial de Inovação (SSI).

Na visão de Franco Malerba (2002) um Sistema Setorial de Inovação pode ser entendido como **um conjunto de novos e estabelecidos produtos para usos específicos, aliados a conjuntos de agentes que realizam as interações entre o mercado e não-mercado**

(universidades, instituições de financiamento, agências governamentais, associações técnicas etc), **para a criação, produção e venda desses produtos**¹⁶. (grifo da autora)

Esse tipo de arranjo setorial resulta da integração entre diversos setores e uma rede complexa de atores que interagem direta ou indiretamente com o mercado. A complexidade e a multiplicidade desses atores, com suas peculiaridades e funções, mantém relação direta com o progresso tecnológico em constante adaptação e modificação, na busca de uma sustentabilidade de longo prazo. (SILVESTRE 2007)

MALERBA (2002) parte do pressuposto de que as vantagens de uma visão sistêmica setorial residem na possibilidade de maior conhecimento da estrutura e das fronteiras de seus agentes e interações, de seus processos de aprendizado de inovação e de produção, de sua dinâmica de transformação e dos fatores que determinam as performances das firmas e dos países em que se localizam. O autor reconhece os sistemas setoriais de inovação e produção como constituídos por um conjunto de produtos e de agentes direta ou indiretamente relacionados ao mercado¹⁷.

Ainda segundo MALERBA (2002), um sistema setorial de inovação e produção deve ser analisado a partir de três dimensões responsáveis pela geração de novas tecnologias e de inovação, quais sejam: o conhecimento e domínio tecnológico; os atores e as cadeias; e as instituições, sejam elas públicas ou privadas. Para ele, em boa medida essas dimensões formam os pilares fundamentais do conceito de sistemas setoriais de inovação, como resultado da interação de diversas lógicas funcionais, da complexidade e dinamicidade, favorecendo a geração das inovações, que raramente ocorrem de forma isolada.

Importa destacar que são vistos como atores participantes do processo de inovação aqui em análise, tanto os usuários/clientes e os fornecedores das firmas, quanto as organizações não empresariais, associações de classe, sindicatos, universidades, centros de pesquisa, agências, governamentais, instituições financiadoras e autoridades locais, as subunidades de empresas, departamentos de pesquisa e desenvolvimento (P&D), bem como, indivíduos, consultores, técnicos especializados e pesquisadores.

Percebe-se, então, que estruturas diferenciadas são organizadas de forma que suas interações possibilitem a troca de conhecimento voltado para a inovação. Além disso, as

¹⁶ Esse conceito de sistema setorial de inovação e produção fornece uma visão multidimensional, integrada e dinâmica de setores, que *pode abranger vários níveis de análises sobre as inovações nas atividades de produção.* (pág. 248)

¹⁷ Entendendo que estes agentes podem ser indivíduos ou organizações em vários níveis de agregação, com processos específicos de aprendizado, competências, estruturas organizacionais, crenças, objetivos e comportamento que se interligam por meio de processos de comunicação, trocas, cooperações, competições e comandos.

Instituições possuem suas particularidades, com normas, rotinas e hábitos comuns que modelam as relações entre os diversos atores.

De forma geral, para MALERBA (2002) inicialmente os agentes são regidos por relações de troca, concorrência e hierarquia. Em seguida, a interação é explicada por modelos de cooperação formal e informal entre as firmas e outros agentes, sejam eles mercantis ou não mercantis, resultando em cooperações tácitas ou em cartéis, formas híbridas de governança, cooperação para P&D e redes de empresas, com o objetivo de integrar complementaridades em conhecimento, capacitações e especialização. Logo, os elementos diferenciadores das interações entre os agentes/organizações em um setor determinam as complementaridades dinâmicas e a estrutura setorial vigente.

A partir desse pressuposto, tem-se como vantagem de uma visão sistêmica setorial a possibilidade de se analisar determinado segmento, suas dinâmicas e interações, além de aprender com o sucesso ou fracasso de suas ações, em particular as que influenciam, positiva ou negativamente, no seu desenvolvimento, podendo haver ajustes e incentivos que determinam o avanço da competitividade do setor.

Um enfoque complementar sobre sistemas de inovação analisa o tipo de aprendizagem que cada empresa ou país pode apresentar, entendendo, de acordo com Viotti (2002), o aprendizado como sendo o processo de mudanças técnicas obtidas a partir da absorção de técnicas já existentes. Este autor, ao estudar a mudança técnica em países de industrialização tardia (PIT) conclui que a abordagem que considera o chamado Sistema Nacional de Inovação não é a mais adequada para ser utilizada nos países de industrialização tardia, visto que a inovação é um fenômeno internacionalizado nos países industrializados. No caso dos PITs, o processo de mudança técnica é focado mais no tipo de aprendizado (ativo ou passivo), do que propriamente na inovação. Nesse ponto de vista, ao considerar a dualidade de aprendizagem ativa ou passiva permite afirmar que esta última parece ser a mais apropriada para explicar o tipo de desenvolvimento do setor de semicondutores no Brasil.

Os tipos de aprendizado resultam das estratégias adotadas na absorção da tecnologia, podendo ser passivo ou ativo. No primeiro tipo, o país absorve a tecnologia, sem, contudo, absorver o conhecimento, aprendendo a lidar com essa tecnologia juntamente com a prática natural do processo de produção, obtendo apenas a capacidade básica das funções técnicas típicas para produção, tais como ajuste no processo de linha de produção, controle de estoque etc. A capacitação tecnológica predominante é a de produzir. A estratégia que domina a mudança técnica no aprendizado passivo é caracterizada pela absorção de tecnologias (ou

inovações) introduzidas originalmente no exterior, sem, contudo, agregar esforço significativo na capacitação tecnológica para dominar a tecnologia absorvida e aperfeiçoá-la.

No caso do aprendizado ativo, o país absorve o conhecimento, domina a tecnologia do processo ou produto, por exemplo, por meio de engenharia reversa, *benchmarking*, manutenção preventiva. O país tem um sistema de P&D interno ou busca adquirir externamente a tecnologia que não possui ou que necessita. Há um esforço deliberado para aprender, sendo as capacitações tecnológicas predominantes as de produzir e aperfeiçoar. A atitude é pró-ativa e normalmente se faz inovação incremental. Há o esforço para obter capacitação tecnológica com a finalidade de dominar a tecnologia absorvida e é desejável, mas não necessário, a existência de pesquisa básica estruturada.

No Sistema Nacional de Inovação o país possui um forte sistema de P&D interno e cooperativo, com pesquisa básica estruturada, as inovações se dão na tecnologia de produto ou processo e há o licenciamento tecnológico próprio ou para terceiros. As capacitações tecnológicas predominantes são as de produzir, aperfeiçoar e inovar (sejam elas inovações radicais ou incrementais).

Aprendizado Ativo	Aprendizado Passivo	Sistema Nacional de Inovação
Tem um sistema de P&D interno ou busca adquirir externamente a tecnologia que necessita	Absorve a tecnologia, sem absorver o conhecimento que fica na matriz	Possui forte sistema de P&D interno e cooperativo
Pode haver pesquisa básica estruturada	Pode haver pesquisa básica estruturada, mas é de pouca relevância	Pesquisa básica estruturada
Absorve o conhecimento e domina a tecnologia que pode levar à inovação incremental	Aprende com o processo natural de produção	Licenciamento tecnológico próprio ou para terceiros
Capacitações tecnológicas predominante são as de produzir e aperfeiçoar	Capacitação tecnológica predominante é a de produzir	Capacitações tecnológicas: produzir, aperfeiçoar e inovar

Tabela 1 - Comparação entre Aprendizado ativo, passivo e Sistema Nacional de Inovação

O setor de semicondutores no Brasil foi caracterizado pelo aprendizado passivo. Um bom exemplo para demonstrar esta afirmação é a Zona Franca de Manaus, onde as empresas não desenvolveram a capacidade de aperfeiçoar e inovar, utilizando-se apenas da capacidade de produzir principalmente por meio da montagem de produtos sem, contudo, adquirir e absorver a tecnologia neles embutida.

Atualmente, o país ainda não possui uma grande capacidade de aperfeiçoar a produção e existe pouquíssima inovação incremental no setor. Entretanto, este quadro parece estar mudando, pois se percebem, pelas iniciativas políticas, ações no sentido de migrar do aprendizado passivo para o ativo. Existem iniciativas governamentais que visam fortalecer a pesquisa básica, tais como o Instituto do Milênio e o Instituto Nacional para o setor de semicondutores. Além disso, foi criado um Comitê de Assessoramento específico para microeletrônica no CNPq¹⁸ para avaliar projetos de pesquisa habilitados a receber apoio governamental. Paralelamente, o Governo Federal tem procurado fortalecer o sistema de P&D¹⁹ interno com a implementação do Programa CI-Brasil²⁰ e o desenvolvimento de produtos com apoio da Lei de Informática e de Editais da FINEP²¹. Outra atitude pró-ativa do governo se refere à aquisição de ferramentas que possibilitem o desenvolvimento de projetos de circuitos integrados da empresa *Cadence*, bem como a tecnologia *X-Fabe* para o processo de fabricação

¹⁸ Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

¹⁹ Pesquisa e Desenvolvimento

²⁰ Circuitos Integrados Brasil

²¹ Financiadora de Estudos e Projetos

de *chips* do CEITEC. Essas estratégias pressupõem acreditar que está se esboçando no Brasil um sistema de aprendizado ativo para o setor de semicondutores.

Comparativamente, é possível afirmar que no caso de países que possuem um Sistema Nacional de Inovação identifica-se ali a realização de um trabalho contínuo de retroalimentação entre inovação radical, difusão e inovação incremental. Já em um Sistema Nacional de Aprendizado a retroalimentação ocorre entre absorção (difusão) e inovação incremental, permitindo verificar que não há a inovação denominada de radical para alimentar o sistema ou, quando ocorre, esta é um fenômeno raro. Normalmente, em países subdesenvolvidos ou nos denominados em desenvolvimento, ela é absorvida dos países industrializados. O que determina o posicionamento na concorrência é a capacidade que o sistema tem em absorver e gerar inovação. Como dito anteriormente, a forma como se absorve e reage às inovações é que vai caracterizar o tipo de aprendizado de uma nação.

Neste sentido, a indústria de semicondutores atua como potencializadora de inovações na atualidade, constituindo-se como base de crescimento econômico das novas economias para ampliar a capacidade de gerar renda e viabilizar um ecossistema que permita a inserção do país em um círculo virtuoso de inovações. Conforme foi abordado anteriormente, vários segmentos são contemplados por esse setor, o que justifica investimentos e políticas que estimulem a produção de conhecimento e garanta condições de concorrência entre os atores envolvidos no processo de inovação.

Apesar de alguns períodos de retração da economia mundial, o impacto econômico da indústria de semicondutores é evidenciado pelo volume de recursos operacionalizados na casa de bilhões de dólares. Por exemplo, apesar da crise financeira a *Semiconductor Industry Association* - SIA²² divulgou que as vendas mundial de semicondutores em 2009 foram de 226,3 bilhões dólares, contra 248,6 bilhões de dólares em 2008, com uma queda de 9 por cento. Segundo o Presidente da SIA, George Scalise, 2009 acabou sendo um ano melhor para a indústria de semicondutores do que o esperado. Para Scalise,

Os avanços na tecnologia estão continuamente permitindo o desenvolvimento de novos produtos, como os netbooks e computadores tablet. Os preços atraentes desses produtos estão criando novos segmentos de mercado que antes não existiam, aumentando a demanda global por semicondutores. Com a melhoria da confiança dos consumidores e os sinais de recuperação econômica em todo o mundo, a indústria de semicondutores está bem posicionada para o crescimento em 2010.

²² *Global Chip Sales Decline In 2009*,

http://www.sia-online.org/cs/papers_publications/press_release_detail?pressrelease.id=1707 , acessado em 01 de fevereiro 2010.

Partindo da premissa que esse setor continuará se expandindo por alguns anos e que dele dependem, direta ou indiretamente várias cadeias produtivas, configura-se como estratégico para o Brasil a manutenção e aprimoramento das políticas públicas de investimentos em semicondutores, no sentido de torná-lo um setor que produza inovação, possibilitando o desenvolvimento de diversos segmentos que necessitem da tecnologia de circuitos integrados e assim possam produzir inovação em outras áreas da economia nacional.

A despeito de períodos oscilatórios em relação às políticas para o desenvolvimento do setor de microeletrônica, é fato que o país está procurando estruturar-se no que concerne à capacitação de infraestrutura tecnológica e técnica voltada para o segmento de projeto de circuitos integrados. Todavia, as ações governamentais, no momento, são no sentido de estruturar um aprendizado ativo para o setor. O país ainda está aquém da formatação de um sistema setorial de inovação para semicondutores. Entretanto, conforme demonstrado anteriormente, as ações estabelecidas pelo Governo Federal são no sentido de impulsionar e estimular a capacitação de recursos humanos e a infraestrutura tecnológica com a finalidade de criar atrativos para que empresas multinacionais possam instalar-se aqui.

O Brasil, pelas peculiaridades de sua indústria e do próprio complexo eletrônico, não fica restrito a apenas uma janela de oportunidade, podendo ingressar em qualquer segmento que utilize semicondutores. O maior problema deste setor é o mesmo de outros da economia nacional e relaciona-se à continuidade das ações por vários governos e ao cumprimento de metas planejadas. Se os próximos governos derem continuidade às ações implementadas nesta década, como a PITCE e a PDP²³, é possível antever períodos mais alvissareiros para a microeletrônica no país, visto que o maior problema tem sido a oscilação entre períodos de existência e ausência de políticas para o setor, conforme se demonstrará, a seguir, em um breve histórico do setor de semicondutores no Brasil.

1.5 O Setor de Semicondutores no Brasil

O Brasil já desenvolvia pesquisas em microeletrônica desde a década de 1950 com a fabricação de transistores e diodos. Porém, mesmo sendo um setor estratégico, o governo brasileiro alternou períodos com políticas de estímulos ao desenvolvimento da área, com outros de ausência dessas políticas.

²³ PITCE – Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior; PDP – Política de Desenvolvimento Produtivo.

Dos anos 1950 até os anos 1990, o país passou por instabilidades nas ações governamentais para o setor. Segundo José Ripper²⁴ (2004 – p. 19), ao longo de mais de três décadas, várias empresas transnacionais criaram linhas de montagem de semicondutores no Brasil. A ênfase das políticas públicas brasileira normalmente era no mercado interno, com foco na substituição de importações. Isso trouxe empresas estrangeiras para o país com a finalidade de montar suas fábricas, mas sem, contudo, trazer seus centros de pesquisa e desenvolvimento, que permaneciam nos países de origem dessas empresas ou naqueles em que essas consideravam estratégicos.

O Grupo Phillips, por meio de sua subsidiária a IBRAPE (Indústrias Brasileiras Reunidas Philips), desenvolveu suas linhas de montagem para abastecer empresas no país que fabricavam rádios e televisões. Outras fábricas foram se instalando em locais próximos, o que estimulou os fabricantes de equipamentos a utilizarem os componentes Phillips em seus produtos. A IBRAPE, visando estimular a utilização desses componentes eletrônicos, distribuiu manuais detalhados sobre as características dos transistores e diodos para os estudantes e professores do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) e ao mesmo tempo promoveu descontos nesses componentes para essa instituição. Além desse grupo, outras empresas beneficiaram-se dessa política de substituição de importações: NEC, Texas Instruments, Fairchild, Phillinorte.

Neste ponto cumpre explicitar alguns aspectos da conjuntura internacional. Diversos autores destacam que na segunda metade do século XX o mundo estava em franca expansão do processo de globalização. A internet passou a interligá-lo por meio de redes de computadores, possibilitando a intensificação e rapidez no relacionamento entre as diversas culturas, além de permitir a expansão da economia mundial, quer seja a partir das aplicações financeiras (a chamada ciranda financeira) ou, de fato, por meio de investimentos diretos em setores produtivos. Ganha relevo o fato de a ciência ter evoluído em uma velocidade jamais vista anteriormente, o que foi fundamental para o desenvolvimento da microeletrônica mundial²⁵.

No Brasil, computadores e componentes já eram o segundo item na pauta de importação. O que possibilitava a transmissão de conhecimento mais rapidamente. Entretanto, perceberam-se problemas em relação à quebra do sigilo das informações governamentais - o que por um lado era um sério problema, contribuiu para ampliar a percepção de que o setor era estratégico

²⁴Diretor-Presidente da AsGa Soluções em Telecom (empresa produtora de equipamentos ópticos para telecomunicações).

²⁵ A respeito do tema ver: Alvim Tofler, Peter Drucker e Manuel Castells.

para a segurança nacional. Foi então que o Governo Federal procurou proporcionar um arcabouço legal de longo prazo, que culminou com a aprovação da Lei de Informática (Lei Nº 7.232/84 e posteriormente a Lei Nº 8.248/91).

Em 1984, o governo lançou a Política Nacional de Informática (PNI) com o prazo de vigência fixado em 8 anos e cuja principal finalidade era o estabelecimento de uma reserva de mercado, com o objetivo de estimular o desenvolvimento desse setor no País. Esta política sofreu diversas críticas, porque promovia o surgimento de cartéis, além de forçar o consumidor a adquirir produtos de baixa qualidade com preços acima dos praticados no exterior.

Mesmo com o crescimento mundial da área na década de 80, essa política não foi eficaz, no sentido de levar o setor a patamares de desenvolvimento similares ao de países desenvolvidos, pois não conseguiu estruturar uma base tecnológica do país que pudesse inseri-lo de forma mais competitiva no mercado internacional. Enquanto isso, a microeletrônica no Brasil oscilava entre momentos de expansão e de desestruturação. Para Ripper (2004), a decadência da indústria de semicondutores no país se deu em duas fases, uma delas anterior à década de 80:

(1) A primeira, em 1967, com a criação da Zona Franca de Manaus, para onde foi transferida toda a produção de bens eletrônicos, sob a forma de importação dos principais insumos dessa tecnologia, o que segundo o autor, deu início à desestruturação das tentativas de desenvolvimento da microeletrônica nas regiões sul e sudeste, gerando aí a primeira grande crise nacional do setor. Com a transferência para Manaus de toda a produção de bens eletrônicos de consumo, que eram produzidos com tecnologia estrangeira, o país passou a desempenhar um papel inerte, sem agregar conhecimento específico e profundo ao processo de desenvolvimento da microeletrônica, ajudando a consolidar um sistema de aprendizado passivo no Brasil.

(2) A segunda fase, iniciada em 1990, é marcada pela abertura comercial do Governo Collor, quando praticamente todas as empresas, motivadas pela reserva de mercado, fecharam suas portas em um período de seis meses. Das 23 empresas²⁶ produtoras de semicondutores no país, restaram apenas quatro - Itaucom, Aegis, Semikron e Heliodinâmica - atuando em etapas mais simples do processo produtivo. Essa abertura foi realizada sem o planejamento adequado e consideração quanto à preservação da engenharia no Brasil. As “portas” se abriram para a importação e para a substituição da produção local por àquelas projetadas no exterior, dando origem a desestruturação de todo o setor no país. As poucas empresas que

²⁶ Dados do Programa Nacional de Microeletrônica - PNM

sobreviveram a essa abertura diminuíram suas atividades e as focaram em pequenos nichos de mercado. A absorção das tecnologias oriundas do exterior passou a ser de forma passiva e o país foi mais uma vez desestimulado a desenvolver uma infraestrutura de pesquisa e desenvolvimento para o setor. Enquanto isso, os países asiáticos seguiam estratégias diferenciadas das utilizadas no Brasil.

Diferentemente da descontinuidade que tem caracterizado as políticas públicas adotadas no país para fomento ao setor de semicondutores, tomam-se os exemplos da China, Coréia e Taiwan que realizaram expressivos investimentos na indústria de microeletrônica desde a década de 80 e os têm mantido ao longo de todos esses anos, redundando na transformação desses países nos líderes atuais no fornecimento mundial de componentes semicondutores, especialmente circuitos integrados da categoria de memórias e visores ou *displays*, deslocando o Japão da condição de liderança nesses nichos, posição que havia conquistado na década de 80. Mais recentemente, a Índia – contrariando a visão de muitos especialistas que consideravam que se tratava de um país que havia definido sua opção exclusivamente pelo setor de programas de computador (*software*) como catalizador de sua inserção internacional no mercado mundial de tecnologia da informação – anunciou a implantação de uma política agressiva de incentivos à produção de microeletrônica.

A iniciativa da Índia constitui uma evidência que suscita alguma reflexão. Afora o fato de esse país ter sido apontado (juntamente com a China, Rússia e o próprio Brasil) como um dos novos protagonistas no campo econômico no século XXI, seus esforços podem ser interpretados, por um lado, como um elemento complicador à disposição brasileira de capturar investimentos nesse setor econômico; mas, por outro lado, ratifica posições defendidas por estudiosos, para o qual, um país que ambicione destacar-se no cenário mundial no século 21 não pode prescindir de viabilizar a indústria de microeletrônica, tornando cada vez mais claro que o país que não dominar esta tecnologia, estará alijado de um mercado de ponta, sendo apenas um mero espectador e comprador de todo o processo. Isto é ainda mais preocupante quando se leva em conta que a microeletrônica é a base do processo de convergência digital, que tende a concentrar mídias, produtos, serviços e processos no formato digital. Sem o domínio dessa base, a capacidade de inovar mesmo em outras áreas torna-se gradativamente dificultada.

Em 1986, a indústria de semicondutores representava 0,1% do PIB Mundial; em 2005, essa proporção ficou em torno de 0,35%. Entretanto, como essa indústria tem a capacidade de produzir insumo para qualquer cadeia produtiva demandante dessa tecnologia, uma

participação de 1% no PIB Mundial pode ser atingida nos próximos 10 anos. (MOORE, 1995 *apud* ALEM, 2006, p. 15)

Segundo dados da ABINEE²⁷ (2009), de 2001 a 2008 o faturamento da Indústria de eletroeletrônica no Brasil subiu de R\$ 58,2 bilhões para R\$ 123,1 bilhões, sendo que no ano de 2009 houve uma retração de 9% no faturamento. Para 2010 a ABINEE prevê que o setor tenha um crescimento de 11%, impulsionado pelas áreas de Telecomunicações (21%), Informática (12%), Material Elétrico (12%) e GTD - Geração, Transmissão e Distribuição de Energia Elétrica (12%). Em relação ao comércio exterior, o déficit do setor, em 2009, registrou queda de 23%, em relação a 2008. As exportações atingiram US\$ 7 bilhões e as importações, US\$ 24 bilhões.

Há espaço para o país melhorar sua performance em 2010, seja por meio da substituição da importação de produtos ou insumos do setor de eletroeletrônicos, seja pela sua inserção em novos nichos de mercado. Conforme observado pela participação no PIB mundial e pelas estratégias utilizadas por alguns países que buscam inserir-se de forma mais pró-ativa no mercado mundial, trata-se de um setor estratégico e que requer cada vez mais recursos humanos especializados, disponibilidade de investimento por parte dos governos²⁸ e da iniciativa privada, acesso ao mercado, alta atividade de inovação tecnológica, carga tributária que permita o desenvolvimento da área e eficiência administrativa que responda adequadamente ao seu rápido avanço. Esses desafios, se apropriadamente enfrentados, podem vir a gerar oportunidades para o Brasil competir internacionalmente, refletindo na economia nacional com expressivo impacto. Para que isso ocorra, é necessária a superação de algumas lacunas estruturais no país, como, por exemplo, aumentar o investimento em capacitação tecnológica, prover infra-estrutura logística destinada a reduzir as dificuldades na liberação alfandegária de material importado, bem como para agilizar os trâmites para a exportação de produtos do setor, garantir água limpa e energia, fundamentais para o processo de produção. Há ainda uma forte dependência do Brasil em relação à importação de componentes, sob a forma de *kits* ou aqueles montados em placas. O Brasil poderá, inicialmente, especializar-se no desenho e fabricação desses componentes, pois é aí que reside o valor agregado do produto e no qual o país poderá encontrar uma janela de oportunidade para inserir-se no mercado internacional de forma mais ativa e quando estiver com uma infraestrutura mais consolidada e em uma posição mais sólida no mercado internacional,

²⁷ SETOR elétrico e eletrônico em 2020: uma estratégia de desenvolvimento. Estudo/ ABINEE/ LCA Consultores. In: Fórum ABINEE Tec, 2009.

²⁸ É importante considerar que nos países desenvolvidos existem políticas públicas de Estado, que perpassam distintos Governos.

poderá investir em etapas da cadeia de circuitos integrados que requeiram aporte maior de recursos financeiros.

Nesses termos, a estrutura produtiva da indústria de semicondutores, antes verticalizada de criação e produção, foi dividida por várias empresas cada vez mais especializadas em etapas de projeto e processo da cadeia e pode voltar a ser novamente verticalizada como estratégia de empresas multi e transnacionais que desejam obter o controle e ganhos em todo o segmento de semicondutores. No Brasil, as políticas públicas e as ações delas decorrentes têm focado no sentido de sua inserção no segmento de desenho de circuito integrado, visando atrair para o país empresas que produzam os *chips* desenhados. Para exemplificar, pode-se simplificadamente dividir o setor em dois segmentos distintos: um segmento que elabora o projeto intelectual dos circuitos integrados e um outro que concretiza a produção em série desses *chips* em silício.

Apesar de novas tecnologias estarem em estágio de pesquisa ou em utilização por empresas específicas, a fundição do silício, que é ainda a mais utilizada, é uma atividade que envolve uma das tecnologias mais sofisticadas e caras do mundo. Uma fundição (*foundry*) moderna de silício tem seu custo estimado entre um e cinco bilhões de dólares. Com a elevação dos custos das fundições houve em muitos casos uma divisão de trabalho, separando empresas de custo médio/baixo, que se especializaram em projetos (*design houses* – DHs) e as *foundries*, estas dedicadas à produção dos circuitos integrados projetados por diferentes DHs. Com isto, há uma tendência mundial em valorizar o projeto intelectual, pois é nele que reside a capacidade de agregar conhecimento ao produto e promover inovações, o que possibilitará à economia ter maiores ganhos competitivos pela inserção de um novo produto no mercado (NETTO, 2005).

Segundo Alem Filho (2005), essa indústria engloba doze tipos de empresas, divididos em três grandes grupos distintos:

1) Cadeia Produtiva:

- *Integrated Device Manufacturers* (IDM) - são grandes conglomerados que integram todos os elos da cadeia produtiva de circuito integrado, dentro de sua estrutura. Como exemplos de IDM temos a *Cypress Semiconductor*, *Fujitsu*, *Hitashi*, IBM, IDT, Intel, *LSI Corporation*, *Matsushita*, *Mitsubishi*, *Freescale*, NEC, *Philips*, NXP, *Samsung*, *STMicroelectronics*, *Infineon*, *Renesas*, *Sony*, *National Semiconductor*, *Texas Instruments* e *Toshiba*. No Brasil, todas as empresas estão representadas na área de vendas, com exceção da *Freescale* que além de vendas também realiza o *design* no país.

- *Fabless* – São empresas que não investem em ativos de produção e recorrem a terceiros para a manufatura de produtos. Elas atuam nas etapas de concepção, projeto e serviço ao cliente.
- *Silicon Intellectual Property (SIP)* – Atuam no elo de projeto da cadeia produtiva de CI, comercializando bibliotecas proprietárias e propriedade intelectual (PI). Elas oferecem suas bibliotecas a partir de desenvolvimento interno autônomo. A empresa *Chipus* e algumas DHs do programa CI-Brasil pretendem entrar neste mercado.
- *Design Houses (DHs)* – São empresas contratadas para realizarem projetos de circuito integrado. Como exemplo de DH incluem-se as do programa CI-Brasil.
- Difusão ou *Dedicated Foundries* – São empresas especializadas no elo de fabricação, cujo negócio principal é a comercialização de capacidade produtiva para terceiros. Apresentam um foco estratégico no atendimento de um leque diversificado de clientes. No Brasil cita-se a CEITEC S.A. como exemplo de empresa de difusão.
- *Back-end* - Empresas de encapsulamento/teste/montagem – São empresas especializadas no elo de encapsulamento e testes dos circuitos integrados, concentrando-se na comercialização da capacidade produtiva para terceiros.

2) Empresas Fornecedoras da Indústria de Circuitos Integrados:

- *Electronic Design Automation (EDA)* - Ferramentas de Projetos – São empresas fornecedoras de ferramentas tecnológicas (*softwares*) para projetos de *design* dos CIs.
- Fornecedores de Equipamentos – Desenvolvem e comercializam equipamentos para as etapas de manufatura dos circuitos integrados, de tratamento de lâminas virgens, encapsulamento e teste.
- Fornecedores de Matéria-Prima – Empresas que fornecem matéria-prima para a indústria de semicondutores (gases, substâncias químicas, máscaras, entre outros).

3) Compradores de Dispositivos:

- *Original Equipment Manufacturers (OEM)* – São fabricantes de sistemas eletrônicos nos quais são incorporados os circuitos integrados.
- *Contract Equipment Manufacturers (CEM)* – São fabricantes que oferecem um amplo leque de serviços para os OEMs (montagem de placas de CI, aquisição de componentes eletrônicos, logística, atendimento pós-venda etc.).
- Distribuidores de CIs – Atuam como canais de vendas para componentes eletrônicos, ligando os produtores de circuitos integrados aos usuários. O Brasil tem uma grande quantidade de pequenos distribuidores.

Por perceber a importância da microeletrônica na economia global, o Brasil tem envidado esforços no sentido de se estruturar para proporcionar um ambiente adequado a investimentos e inovação. Neste sentido, o Governo Federal elaborou várias estratégias para desenvolver o setor. Dentre elas é possível destacar a Lei Nº 11.484, de 31/07/07, que rege os incentivos para estimular o segmento de TV Digital no país, o Programa Nacional de Microeletrônica (PNM), a Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior (PITCE) e, com a finalidade de fortalecer as diretrizes da PITCE, o Governo Federal lançou, em 2008, a Política de Desenvolvimento Produtivo (PDP).

Apesar dos incentivos governamentais para impulsionar a área de semicondutores no Brasil, o país ainda se encontra em estágio inicial de aprendizado ativo no segmento de desenho de circuitos integrados e, no que concerne à produção de *chips*, ainda não possui fábricas de grande porte para sua fabricação.

Nesse sentido, não se pode conceber o Brasil como um país inserido em um contexto internacional voltado para a inovação, pois ainda existem dificuldades estruturais que o impedem de considerar que o arranjo institucional vigente seja um Sistema Nacional de Inovação efetivamente estruturado e em funcionamento. É fato que os órgãos governamentais não se comunicam de forma estruturada e estratégica, ainda dependendo de relações informais entre pessoas envolvidas nos diversos segmentos, as empresas investem pouco em P&D próprios, as universidades não estão preparadas para desenvolver pesquisas voltadas para o mercado e nem tampouco são estruturadas com tal objetivo. São obstáculos que poderiam ter sido superados ao longo das últimas décadas, favorecendo o crescimento da área, se houvesse desde a década de 60, uma política contínua, estratégica e estruturada.

No caso da microeletrônica, apesar de alguns períodos descontínuos de políticas para o setor, pode-se inferir que o Brasil reúne condições básicas para a estruturação de um “Sistema Setorial de Aprendizado Ativo para Semicondutores”. Esta afirmação considera que estão em andamento ações governamentais com o propósito de prover o país de capacitação técnica e infraestrutura tecnológica em desenho e fabricação de circuitos integrados. Nesse sentido, esse trabalho parte da premissa de que o setor de semicondutores no Brasil ainda não está articulado em formato de rede nacional, e sim por redes locais que interagem entre si. Apesar das políticas governamentais em andamento, o setor de semicondutores no país ainda carece de uma estruturação que fortaleça a interação entre o segmento empresarial, acadêmico e governamental.

As políticas do governo para semicondutores, desde a criação da Zona Franca de Manaus, em 1967, até a Política de Desenvolvimento Produtivo em 2008, constam no próximo capítulo.

CAPÍTULO II

Neste capítulo são discutidas as políticas públicas propostas nos últimos 30 anos para consolidar e expandir a indústria eletrônica no Brasil, bem como os seus efeitos sobre o setor de semicondutores e ações políticas específicas para fomentar a instalação no País de um parque produtivo desses componentes. Além disso, é descrito brevemente o papel dos órgãos executores das atuais políticas públicas para o setor de semicondutores, enfatizando a atuação do CNPq nos últimos anos para capacitar o setor de recursos humanos especializados.

2 Desenvolvimento da Microeletrônica no Brasil

Como discutido no capítulo anterior, a viabilização no país de um sistema de aprendizado ativo requer a otimização das políticas que busquem o envolvimento da comunidade acadêmica. Por tratar-se de órgão central na execução das políticas científicas do MCT, o CNPq tem bases de dados adequadas para atuar como importantes instrumentos de suporte aos agentes públicos incumbidos de elaborar modelos e estratégias de fomento a setores econômicos intensivos em conhecimento, como é o caso do setor de semicondutores.

2.1 Zona Franca de Manaus

A Zona Franca de Manaus (ZFM), criada em 1967, teve como objetivo consolidar a presença nacional na Amazônia Ocidental por meio da inserção econômica explicitada no estímulo ao desenvolvimento industrial de Manaus.

O cerne do modelo adotado para a ZFM consistiu em instituir incentivos fiscais à instalação de empresas na região, além de atrair consumidores interessados em adquirir bens sofisticados ou cuja importação era dificultada em outras regiões brasileiras, na qual a demanda era estimulada por meio da diminuição ou isenção de impostos de importação de produtos.

Para gerenciar a ZFM foi criada a Superintendência da Zona Franca de Manaus – SUFRAMA, que teve a responsabilidade de construir um modelo de desenvolvimento regional para assegurar a viabilidade econômica daquele novo pólo industrial e a melhoria da qualidade de vida das populações locais, bem como, propor ações e medidas que contribuíssem para utilizar de forma sustentável os recursos naturais do ecossistema amazônico. Como forma de assegurar a viabilidade econômica da ZFM, minimizar as desvantagens locais, particularmente no tocante à logística e baixa disponibilidade de mão-de-obra qualificada, além de estimular o desenvolvimento da região, inicialmente o Governo Federal instituiu incentivos fiscais e extra fiscais pelo período de 30 anos. Esse apoio percorreu períodos históricos distintos em que os

focos das políticas públicas eram alterados de acordo com os planejamentos políticos de cada governo.

Atualmente, com a Política de Desenvolvimento Produtivo (PDP), as empresas brasileiras – incluindo as presentes na ZFM - são estimuladas a alcançar a eficiência produtiva e inovação, visando o aumento das exportações, conforme será analisada adiante.

Apesar de a ZFM ter induzido desenvolvimento na região norte, como já dito, também contribuiu para a desestabilização da incipiente indústria local de semicondutores, pois a redução tributária do custo de componentes microeletrônicos importados combinada com a ausência de uma política que fomentasse a produção local de componentes semicondutores com custos competitivos tornou mais vantajoso para a indústria localizada no pólo industrial de Manaus utilizar componentes importados. Essa tendência foi potencializada ainda pela ausência de mecanismos – o que perdura até hoje - que estimulassem o desenvolvimento local dos bens finais²⁹, o que acabou por estimular a estruturação de um modelo produtivo fortemente baseado na importação de “kits” desmontados³⁰.

Vale mencionar que esse modelo de negócios não foi adotado apenas no Brasil, tendo sido utilizado em diversos países periféricos, como foi o caso do México por meio das “maquilas”, não havendo normalmente capacidade de indução de formação de empresas locais com capacidade de competir internacionalmente.³¹

Em vez de viabilizar a estruturação do Brasil para que ele se tornasse mais competitivo internacionalmente, optou-se por proteger o mercado brasileiro de multinacionais estrangeiras, acreditando que desta forma estaria estimulando o desenvolvimento da indústria de informática

²⁹ Conforme constatado em diversos estudos (vide Paulo Tigre; Vinhais, Regina et al; Bampi, Sérgio et al e Silva, J.M.; Mendes, Hamilton), a agregação local de valor (e o conseqüente emprego de componentes fabricados num dado país) está muito mais vinculada à existência de capacidade local de engenharia de projetos dos bens finais do que a regulamentos que estabeleçam exigências relativas à índices de nacionalização. No caso particular da ZFM a estratégia adotada não incorporou entre os seus objetivos internalizar na região a capacidade de desenvolvimento, optando-se por uma abordagem de resultados em curto prazo que consistiu em estruturar apenas capacidade fabril, capaz de atender ao mercado local (desde que combinado com a manutenção de barreiras tarifárias, mas com poucas chances de inserção internacional, criando assim um sistema local de aprendizado passivo.

³⁰ A partir da edição das Leis N^{os} 8.248 e 8.387, ambas de 1991, paulatinamente (e de forma mais enfática em alterações recentes implementadas por meio da Lei N^o 11.077, de 2004), o governo brasileiro tem utilizado o mecanismo do chamado processo produtivo básico (PPB) como um instrumento para induzir o adensamento da cadeia produtiva do complexo eletrônico. Ao se avaliar os resultados alcançados em diferentes segmentos fica evidenciado que os êxitos são maiores quando os bens são fruto de engenharia de desenvolvimento local.

³¹ Vale mencionar o caso da Coréia em que o governo, a partir de meados da década de 80, implantou mecanismos para estimular e apoiar o ingresso de grandes grupos locais no complexo eletrônico “os *Chaebols*” (Viotti, 2002). Diferentemente do caso brasileiro, onde a indústria eletrônica foi implantada com ênfase tão somente na substituição de importações e restrita à fabricação, a Coréia desde o princípio estimulou a apropriação da tecnologia (fomento a engenharia, a pesquisa, o desenvolvimento e a inovação) e a inserção internacional. Transcorridos em torno de 2 décadas empresas coreanas tornaram-se líderes nos mercados de “chips” de memória, telas de “LCD”, telefones celulares, entre outros bens eletrônicos.

no país. Essa opção foi concretizada com a aprovação da Lei de Informática, em outubro de 1984.

2.2 Lei de Informática³²

A Lei Nº 7.232³³, de 23 de outubro de 1984, tornou-se o primeiro marco legal a estabelecer diretrizes de uma política pública para estimular a implantação e consolidação de uma indústria de bens de informática e automação no Brasil, ou seja, uma Política Nacional de Informática (PNI). O principal objetivo dessa política era criar capacitação local para desenvolver e fabricar produtos de informática e automação de maneira autônoma – embora alguns projetos tivessem como ponto de partida a produção a partir de acordos de transferência de tecnologia para fabricantes brasileiros. A idéia básica da reserva de mercado para fabricantes nacionais de bens de informática e automação era que os investidores somente estariam motivados a empreender em um setor de elevado risco e complexidade se lhes fosse assegurado um mercado mínimo, preservando os fabricantes da indústria nascente de competição precoce com grupos estrangeiros já estabelecidos e com isso, proporcionando um período mínimo que viabilizasse o desenvolvimento de tecnologia nacional em diferentes segmentos.

Vale mencionar que outros países adotaram mecanismos semelhantes – embora às vezes camuflados – com relativo sucesso, em alguns casos (como é o da Coréia) viabilizando inclusive a criação de grupos industriais capazes de desafiar a hegemonia americana e japonesa que perdurou ao longo das décadas de 70 e 80.

No caso brasileiro, essa abordagem não atingiu os objetivos pretendidos de tornar o País uma potência no setor de informática e automação em função de diversos fatores não incorporados à política implantada. Neste sentido, diferentemente do que ocorreu em países como Taiwan, Coréia e China, não se estabeleceram metas de ocupação de espaços no mercado externo e tampouco foram criados mecanismos que viabilizassem a inserção das empresas nascentes no mercado internacional, além de relegar a um plano secundário o estabelecimento de exigências de investimentos mínimos em pesquisa, desenvolvimento e inovação a título de contrapartida à proteção oferecida.

³² Os tópicos 2.2 e 2.3 são frutos de discussões esclarecedoras com Hamilton Mendes (MCT).

³³ A relação de todos os *sites* consultados referentes a todas as leis citadas no texto está disponível na Bibliografia.

A reserva de mercado³⁴ também não foi complementada por outros instrumentos de estímulo à produção, como, por exemplo, o poder de compra do Estado. A consequência fundamental das lacunas da política criada foi o impedimento de ganhos de escala que permitissem maior redução de custos de produção de maneira a tornar os bens produzidos no País mais competitivos, além de não ter criado condições para que a indústria brasileira se tornasse inovadora e, portanto, capaz de disputar liderança em segmentos específicos. A intenção era a de que as empresas aqui instaladas auferissem margens (que as fortalecessem economicamente) normalmente factíveis ao fabricante inovador – como comumente acontece em um ambiente de concorrência monopolística.

Em 1990, com a eleição do presidente Collor optou-se por fomentar a produção local sem a preservação de espaços econômicos cativos ao produtor nacional, tendo sido a Lei Nº 7.232/84 substituída pela Lei Nº 8.248/91, que, entre outras alterações, removeu barreiras para a produção no País de quaisquer bens por empresas de capital estrangeiro, extinguiu exigências de conteúdos nacionais mínimos (índices de nacionalização) e criou incentivos fiscais à fabricação local, tendo por outro lado, estabelecido que as empresas beneficiárias desses incentivos deveriam assumir compromissos de realizar investimentos mínimos em atividades de pesquisa e desenvolvimento, sendo os valores dessas inversões definidos como percentuais mínimos do faturamento auferido no mercado local.

Embora a Lei Nº 8.248, de 1991, indiscutivelmente contenha avanços relativamente à legislação anterior (como por exemplo, prever o uso do poder de compra da administração pública para estimular a produção local e não obrigar as empresas a se verticalizarem para atender a índices de nacionalização que frequentemente resultavam em custos excessivos em função de ociosidade e baixa escala de produção), ainda se revelava um instrumento incompleto para fomentar o setor de tecnologia da informação. A citada lei continuou a não incluir mecanismos de estímulo à exportação e à internacionalização de empresas brasileiras. Cumpre explicitar que o lado mais danoso à indústria brasileira como consequência da aplicação da Lei Nº 8.248/91 foi a inexistência de uma efetiva política tecnológica industrial, que fosse o sustentáculo da empresa nacional e evitasse o processo de desindustrialização então verificado.

A Lei Nº 8.248/91 recebeu algumas modificações implementadas por meio das Leis Nº 10.176/01 e Nº 11.077/04, que fundamentalmente trataram do prazo de duração dos benefícios

³⁴ Vale mencionar que a rigor a abordagem de reserva de mercado (ainda que tenha ficado associado ao setor de tecnologia da informação em função de estar explicitamente fixado a um instrumento legal) era amplamente difundida na economia brasileira até a abertura comercial implementada no governo Collor, tendo vigorado, por exemplo, no setor automobilístico.

e estabeleceram exigências de investimentos das empresas em pesquisa e desenvolvimento em instituições localizadas fora das regiões sul-sudeste (onde está concentrada a maior parte dos fabricantes).

Um breve resumo da legislação citada auxilia na compreensão do caminho até aqui percorrido:

- Lei Nº 8.248/91 - dispôs, principalmente, sobre a capacitação e competitividade do setor de informática e automação.
- Lei Nº 10.176/01 - versou sobre a capacitação e competitividade para o setor de informática e automação, estipulando benefícios para empresas de desenvolvimento ou produção de bens e serviços nessas áreas, que investissem em atividades de P&D em tecnologia da informação.
- Lei Nº 11.077/04 - previu a redução do percentual do Imposto sobre Produtos Industrializados - IPI, de 95 a 70%, pelo período de 2005 a 2019, com a finalidade de estimular as empresas de desenvolvimento ou produção de bens e serviços de informática e automação. Os principais objetivos dessa lei foram os seguintes:
 1. Preservar o parque industrial construído durante a fase denominada “reserva de mercado”. Esse objetivo foi alcançado na medida em que o parque de fabricantes ampliou-se (no início de 2002 existia em torno de uma centena de empresas incentivadas; atualmente esse número multiplicou-se por 4);
 2. Manter um equilíbrio regional desestimulando o deslocamento maciço das empresas que sobrevivessem à abertura comercial para o pólo industrial de Manaus (conforme aconteceu na década de 70 com os segmentos de áudio e vídeo)³⁵;
 3. Propiciar a interação universidade-empresa, com ganhos mútuos, procurando replicar no setor eletrônico experiências exitosas observadas em países como a França, Alemanha, EUA e Japão que tinham a indústria de Tecnologia da Informação e Comunicação - TIC mais desenvolvida;

³⁵ Fonte: Hamilton Mendes – MCT.

4. Estruturar a legislação que condiciona a concessão de redução tributária, induzir a exigência de pesquisa e desenvolvimento não apenas internos, mas também por meio de convênios com instituições de ensino e pesquisa³⁶.

Por outro lado, essa lei não conseguiu estimular o surgimento de empresas com grande presença internacional e líderes em seus segmentos como conseguiu a Coréia (por meio da *Samsung* e LG) e Taiwan (pela *Acer* e *Via Technologies*). Uma possível explicação para o insucesso do estímulo ao surgimento de empresas de classe mundial é a dispersão dos instrumentos públicos de incentivo em vários órgãos diferentes, no lugar de benefícios em “pacote”.

A despeito disso, não se conhecem casos análogos em países cuja indústria de transformação é comparável ao nível tecnológico do Brasil. Argentina, Austrália e África do Sul tiveram sua indústria consolidada com forte apoio de Lei de Informática. Cabe destacar alguns resultados dessa lei, que embora importantes, são nichos de mercado que não se caracterizam por grandes volumes:

1. Automação bancária – o Brasil dispõe de fabricantes de equipamentos dispensadores de cédulas reconhecidos como inovadores, desenvolvidos pelas empresas Perto e Itaotec;
2. Equipamentos de comunicação de dados - roteadores, multiplexadores (com destaque para os multiplexadores ópticos), desenvolvidos pelas empresas Teracom, Digitel, AsGa e Padtec;
3. Centrais de comutação privada (também conhecido como PABX), desenvolvidas pelas empresas Leucotro e Digistar;
4. Terminais ponto de venda e impressoras fiscais para automação comercial desenvolvidas pelas empresas Itaotec e Bematech;

Além da regulação de arranjos produtivos de base tecnológica como foi o caso da Lei de Informática e suas correções, o advento de novas tecnologias que dependem de concessão estatal para seu funcionamento também pode ser usado como oportunidade de indução de desenvolvimento tecnológico. Um exemplo desse caso é a inserção no mercado de TV Digital levou à criação do Sistema Brasileiro de Televisão Digital, com características brasileiras. Para

³⁶ Atualmente as beneficiárias com faturamento superior a um patamar estabelecido em R\$15 milhões/ano têm conseguido realizar parcerias bastante frutíferas entre academia e empresa, com ganhos mútuos (Hamilton Mendes – MCT).

isso, vários estudos e negociações foram realizados culminando na edição da Lei Nº 11.484/07, analisada a seguir.

2.3 Lei Nº 11.484/07

Em 31 de maio de 2007 foi sancionada a Lei Nº 11.484 que dispôs sobre os incentivos às indústrias de equipamentos para TV Digital e de componentes eletrônicos semicondutores, além de dispor sobre a proteção à propriedade intelectual das topografias de circuitos integrados, instituindo o Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Indústria de Semicondutores (PADIS) e o Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Indústria de Equipamentos para a TV Digital (PATVD). Essa lei previu que pessoas jurídicas que realizassem investimentos em pesquisa e desenvolvimento (P&D) obtivessem redução de impostos, na concepção, no desenvolvimento, no projeto, na difusão, no processamento físico-químico ou encapsulamento e teste de um *chip*, na fabricação de elementos fotossensíveis, foto ou eletroluminescentes e emissores de luz; ou em montagens finais dos mostradores de informação (*displays*), além de estabelecer o regime de proteção à topografia de circuitos integrados. Os prazos dos benefícios da lei foram estipulados entre 12 e 16 anos e, como contrapartida, as empresas deveriam investir 5% do faturamento em pesquisa e desenvolvimento.

Esta Lei criou um marco no Brasil no que concerne a incentivos para a produção de semicondutores no país, com capital nacional ou estrangeiro. Esses incentivos são comparáveis aos dos países asiáticos, embora ainda sejam necessários alguns ajustes tais como: a) a necessidade de conceder a isenção do imposto de importação para os insumos utilizados na produção e em bens de capital; b) a garantia de acesso a regime alfandegário diferenciado para empreendimentos em fase de implantação; e c) a necessidade de uma definição clara de linhas de crédito para implantação industrial ou implantação de infraestrutura destinada a P&D.

Antes de se chegar a um padrão nacional de TV Digital, muitas ações foram realizadas com a finalidade de prover uma infraestrutura mínima que permitisse ao país atuar em segmentos da microeletrônica. Para isso, foi realizado um diagnóstico do setor e verificou-se que havia a necessidade de, além da realização de outros investimentos, investir na qualificação de recursos humanos. Desse diagnóstico inicial surgiu o Programa Nacional de Microeletrônica (PNM).

2.4 Programa Nacional de Microeletrônica (PNM)

Lançado em 2002 com o objetivo de identificar oportunidades para a formulação de uma estratégia viável para o desenvolvimento de uma indústria competitiva de microeletrônica no

país. O PNM surgiu da necessidade de iniciar uma política industrial para o setor de semicondutores tendo como foco o segmento de circuitos integrados.³⁷ O documento básico indicou com alta prioridade a mobilização dos instrumentos de estímulo à demanda de mercado, incentivando serviços qualificados de engenharia e componentes semicondutores demandados por esses serviços.

O Programa Nacional de Microeletrônica dividiu-se em três subprogramas distintos:

- Subprograma de Projeto de Circuitos Integrados (instalação de centros de projeto de CIs, ou *Design Houses*);
- Subprograma de Fabricação de Circuitos Integrados (instalação de fábricas de CIs, ou *Foundries*); e
- Subprograma de Encapsulamento e Testes (também chamado de *back-end* do processo produtivo).

Cada um desses subprogramas exige um grau de investimento, que pode ser fator inibidor para manutenção de políticas públicas para o setor. Por exemplo, uma *design house* (DH) exige financiamento menor, se comparada com os outros estágios, estando o principal valor de investimentos no pagamento de especialistas em projeto de circuitos integrados, nos equipamentos e no licenciamento do *software* utilizado pelos projetistas. Os custos da instalação de uma DH variam de US\$ 1 milhão a US\$ 5 milhões. Para a etapa de encapsulamento e testes, o investimento gira em torno de algumas centenas de milhões de dólares. A maior dificuldade para as duas etapas é encontrar nichos de mercado para garantir a sua sustentabilidade econômica. Para a etapa de fabricação do *chip*, o investimento é muito maior, chegando a alguns bilhões de dólares.

A partir de 2005, com a percepção de que havia uma oportunidade a ser explorada na moderna cadeia produtiva de semicondutores, o PNM passou a dar mais foco para o segmento de projetos de circuitos integrados com a finalidade de estimular a solidificação do setor de semicondutores nesse segmento em uma iniciativa denominada de CI-Brasil. Para isso, o programa procurou apoiar-se nas seguintes estratégias³⁸:

³⁷ Ver Programa Nacional de Microeletrônica. In <http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/5311.html>, acessado em 01/07/2009.

³⁸ http://www.mct.gov.br/upd_blob/0000/475.pdf, acessado em 08/07/2009.

- formação de recursos humanos (RHs) e estrutura de apoio tecnológico para a própria formação de RHs;
- atração de empresas de projeto de circuitos integrados internacionais, desenvolvimento e disseminação de *start-ups* de DHs, numa parceria entre governos federal e estadual e empresas de microeletrônica e de bens finais; e
- acesso a mercados, tanto local como internacional, com o apoio das próprias empresas que podem agir como intermediadores (*brokers*) internacionais, com a participação crescente de residentes para aprendizagem dos processos; e
- infra-estrutura de rede – deve atender às necessidades das instituições acadêmicas participantes do PNM e das *design houses* atraídas e criadas no país.

Os argumentos utilizados na época pelos gestores públicos para a escolha dessas estratégias foram pautados na tendência mundial à desverticalização da cadeia produtiva de CIs que favorece as atividades independentes de projeto, na carência internacional de projetistas de *chips* e de *hardware* dedicado, além da necessidade de investimentos fixos relativamente baixos na constituição destes empreendimentos de engenharia de base eletrônica, similares aos custos de instalação de empresas de software.

A criação de uma DH depende de fatores que variam na complexidade das etapas a serem desenvolvidas. Quanto mais detalhada e próxima do processo de fabricação for a *design house*, maiores investimentos serão necessários com gastos em ferramentas de software para o desenvolvimento dos projetos.

Para uma empresa se estabelecer como uma DH ela é percebida pelo mercado conforme o seu modelo de negócios de projetos de *chip*:

- Prestação de serviços (*Design Service*) – desenvolve o desenho completo ou em partes do *chip*;
- Licenciamento de módulo de propriedade intelectual – licenciam o desenho do *chip* e a propriedade intelectual, sendo que normalmente passa para a empresa que o comprou sob a forma de licenciamento, vendas e *royalties*;
- *Fabless* – a empresa concebe o desenho do *chip*, terceiriza a fabricação e, na etapa de encapsulamento, põe a sua marca.

O CI-Brasil contempla ações para viabilizar a atuação na implantação de empresas para realizar pelo menos inicialmente atividades de prestação de serviços e o desenvolvimento de

módulos IP (*Intellectual property*). Essa estratégia fica evidenciada quando se examinam os primeiros projetos concretos de *chips* encomendados às DHs nos editais financiados por recursos públicos para esta finalidade, além do financiamento de grupos acadêmicos que vêm atuando no desenvolvimento de módulos de propriedade intelectual, por meio do programa Brazil-IP (mais detalhes adiante). As duas alternativas abrem perspectivas importantes para o fortalecimento do setor eletrônico nacional, mas também apresentam desafios consideráveis para a implantação de empreendimentos viáveis. Numa evolução posterior é de se esperar que pelo menos algumas das DHs do programa adotem o modelo de negócios *fabless*, usualmente mais rentável.

No tocante à prestação de serviços de projeto de *chips*, a experiência internacional tem mostrado que essa atividade estimula tanto a especialização de recursos humanos em projetos de circuitos integrados, quanto o surgimento de novas empresas motivadas pela disponibilidade de recursos humanos qualificados, incentivos governamentais, logística que facilite o desenvolvimento do setor, além de mercado atraente para investimentos. Assim, é quase que obrigatório que, concomitantemente à implantação das primeiras DHs, sejam despendidos esforços que estimulem a inovação e o projeto de bens eletrônicos (ou intensivos no emprego de eletrônica) com o intuito de gerar a demanda pelos serviços dessas DHs. Em um primeiro momento, é inevitável o subsídio público já que de uma maneira geral os bens de elevado volume do complexo eletrônico - televisores, microcomputadores e aparelhos telefônicos celulares - oferecem poucas oportunidades de negócios para DHs nacionais na medida em que sua tecnologia é majoritariamente externa e fortemente baseada no emprego de *chips* desenvolvidos por DHs já consolidadas no setor – e, além disso, são empresas que frequentemente impõe padrões ao mercado. Neste sentido, uma estratégia a ser considerada para encontrar novos nichos de mercado pode ser a promoção junto a setores econômicos fortes localizados no país (agronegócios, rastreamento veicular, controle de acesso pessoal por biometria: leitura de íris, leitura de digitais etc) de vantagens competitivas que podem ser alcançadas com o auxílio da microeletrônica.

A outra vertente (oferta de módulos IP) pode enfrentar barreiras de natureza comercial, técnica e possivelmente cultural, visto que os clientes tendem a ser do universo altamente competitivo da indústria de microeletrônica, a menos que sejam conquistados com ofertas de produtos com custos extremamente atraentes e por módulos funcionalmente equivalentes a opções disponíveis no mercado internacional, mas com elevados ganhos de desempenho. Uma outra possibilidade mais complexa, mas não impossível, se refere à produção de inovação radical em segmentos que empresas brasileiras sejam líderes ou que possam obter a venda de

grandes volumes no mercado interno, podendo inclusive licenciar a propriedade intelectual do *chip* desenvolvido.

Conforme comentado anteriormente, a Coréia (hoje um competidor de destaque no complexo eletrônico em geral e em particular no setor de microeletrônica) levou mais de uma década para alcançar o patamar em que se encontra. Neste ponto é importante destacar um aspecto: qualquer que seja o modelo de negócios que o Brasil venha a utilizar é necessário salientar que as chances de êxito serão consideravelmente ampliadas caso se mantenha o foco da política pública implantada - o equivalente a afirmar que se deva tratar a questão por meio de uma política de Estado e não de Governo. Como prova da importância do setor para o país, o Governo Federal lançou em 2004 a Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior que tratou o segmento industrial de semicondutores como prioritário, conforme veremos a seguir.

2.5 Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior (PITCE)

A PITCE foi lançada em 31 de março de 2004. Esta política fez parte de um conjunto de ações que compunham a estratégia de desenvolvimento apresentada no documento “Orientação Estratégica de Governo: Crescimento Sustentável, Emprego e Inclusão Social”, do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC) e esteve articulada com os investimentos planejados para a infra-estrutura e com os projetos de promoção do desenvolvimento regional, sendo parte integrante do conjunto de medidas previstas no Plano Plurianual (PPA).

Essa política industrial foi discutida e negociada com o setor privado no intuito de aumentar e fortalecer a competitividade do país no mercado internacional. A política buscou, no curto prazo, diminuir as restrições externas do país e, no médio e longo prazo, equacionar o desenvolvimento de atividades-chave, que permitiriam ao país gerar capacitações visando auferir ganhos de escala e aumentar sua capacidade de competir de forma mais ativa no mercado internacional. Para isso a PITCE selecionou cinco linhas de ações para sua implantação:

- inovação e desenvolvimento tecnológico;
- inserção externa;
- modernização industrial;
- capacidade e escala produtiva; e
- opções estratégicas.

Como opções estratégicas, a PITCE escolheu quatro segmentos industriais: bens de capital, fármacos, semicondutores e software, além de três setores denominados “portadores do futuro”: biomassa, biotecnologia e nanotecnologia, privilegiando o conhecimento e o ambiente para estímulo à inovação tecnológica, com a interação dos segmentos governo, iniciativa privada, comunidade acadêmica e de pesquisa. Esta política definiu ações e medidas em três macro-eixos: formação, capacitação e treinamento de recursos humanos; implantação e modernização da infra-estrutura científica, tecnológica e de apoio à pesquisa, desenvolvimento e industrialização; além da atração de investimentos em fabricação e projeto de circuitos integrados e de bens finais no Brasil.

Como segmento estratégico, o setor de semicondutores já tinha ganho fundamentação teórica e prática, entre outros documentos, no Programa Nacional de Microeletrônica do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) e nos estudos do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) sobre “Estratégias para Implantação da Indústria de Circuitos Integrados no Brasil” e as “Diretrizes de Política Industrial, Tecnologia e de Comércio Exterior” do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), tendo feito parte das referências das linhas de ações que nortearam o lançamento da PITCE para o setor.³⁹

A PITCE teve suas ações e medidas concentradas na modernização industrial, na inovação e no desenvolvimento tecnológico que pudessem levar ao crescimento econômico. Nesse sentido, um dos seus macros objetivos foi o domínio de tecnologias de fabricação de componentes semicondutores avançados como precursor das inovações tecnológicas para o setor na próxima década. Isso com a finalidade de construir uma base de desenvolvimento sustentado tecnologicamente, que pudesse atrair maiores investimentos para o setor e, como mencionado, inserir o país de forma mais ativa no mercado de microeletrônica.

O programa para semicondutores apresentou dois pilares⁴⁰:

- 1) Atração de investimento direto externo, cabendo destacar a(s):
 - o condições iniciais de atração desenvolvidas - aduana rápida (novo Recof), lei de topografia de circuitos integrados, lei de inovação; e
 - o Definição de grupo especializado para interlocução com empresas.

³⁹ Ver SBMicro, 2005 e Campanhola, 2007.

⁴⁰ Mário Sérgio Salerno – in “A Política Tecnológica, Industrial e de Comércio Exterior do Governo Federal” Revista Parcerias Estratégicas - http://www.cgee.org.br/arquivos/pe_19.pdf, acessado em 18/06/09.

2) Capacitação local incluindo o:

- Programa de formação de recursos humanos (CNPq);
- Centro de prototipagem rápida, com um modelo de negócios que visou integrar projeto e desenvolvimento de componentes, ensino e prestação de serviços às empresas. Teve como finalidade atender à indústria com tecnologias já maduras, mas que são dominantes no mercado, para que se mantenha o controle sobre a funcionalidade dos produtos que receberão os componentes; e
- Laboratório nacional de tecnologia industrial para micro e nanofabricação, cujo projeto foi apresentado ao Ministro da Ciência e Tecnologia para análise.

Com a política industrial de 2004, algumas ações que já estavam em andamento desde 2002 para estimular o setor de semicondutores foram fortalecidas e outras foram desenvolvidas. Começaram a se definir os papéis das instituições governamentais no sentido de uma efetiva gestão das políticas públicas e destinação de recursos públicos para os programas prioritários dessa política. Posteriormente, com a aprovação de Política de Desenvolvimento Produtivo – PDP em 2008 essas ações foram consolidadas.

Algumas medidas estão em andamento (e foram incorporadas pela PDP) e, segundo o ponto de vista aqui defendido, são importantes para impulsionar uma política específica voltada para a inovação no país. Entretanto, as ações da PITCE por se enquadrarem mais como diretrizes de uma política industrial, ainda eram genéricas, não especificando as ações de cada opção estratégica. Para isso, foi lançada a Política de Desenvolvimento Produtivo que buscou fortalecer as diretrizes da PITCE como forma de consolidar o desenvolvimento e crescimento produtivo de longo prazo da economia brasileira.

2.6 Política de Desenvolvimento Produtivo (PDP)

Em 12 de maio de 2008 a Política de Desenvolvimento Produtivo foi lançada pelo Governo Federal, sendo pensada como um conjunto de políticas para fomentar setores que foram considerados potencializadores e catalisadores do crescimento econômico, buscando fortalecer as conquistas alcançadas pela PITCE. Essa política tem forte ênfase na inovação e no desenvolvimento tecnológico, com a finalidade de aumentar a inserção do Brasil nos mercados internacionais. Ela está dividida em quatro metas-país que definem expectativas em relação à dinâmica e o desempenho da economia brasileira nos próximos 3 anos, são elas: ampliação do investimento fixo (meta 21% do PIB), elevação do gasto privado em P&D (0,65% do PIB), ampliação da participação das empresas exportadoras brasileiras (1,25% do PIB) e

dinamização das micro e pequenas empresas (MPEs) (aumentar em 10% o número de MPE exportadoras).

A Política de Desenvolvimento Produtivo é pautada em três eixos fundamentais: investimentos, tecnologia e exportações e é dividida em três níveis:

- **Sistêmico** – compreende iniciativas no sentido de prover uma estrutura que mobilize positivamente o setor produtivo assim descritas: melhorar o ambiente jurídico, simplificar as operações de comércio exterior de bens e serviços, fomentar a inovação e os investimentos em P&D na economia, estimular projetos de obras de infra-estrutura, entre outros.
- **Programas Estruturantes para Sistemas Produtivos** – são aqueles voltados para setores e complexos produtivos, que são primordiais para que o país se torne competitivo, além de criar conhecimento, ampliar a produtividade e gerar inovações para toda a estrutura produtiva do país (complexo industrial da saúde e o da defesa, de biotecnologia, de tecnologias da informação e software e de setores como aeronáutico, mineração, siderurgia e petroquímica).
- **Destaques Estratégicos** – é formado por temas de políticas públicas que não têm dimensão sistêmica ou setorial e que possuem programas específicos, por sua importância para construir bases sólidas para o desenvolvimento (exportações, micro e pequenas empresas, integração produtiva do Brasil com a América Latina e com a África, redução dos desequilíbrios regionais e incentivo à produção ambientalmente sustentável).

Os Programas Estruturantes para Sistemas Produtivos foram definidos em três categorias de programas distintos, mas que se complementam: *Programas Mobilizadores em Áreas Estratégicas*, *Programas para Fortalecer a Competitividade* e *Programas para Consolidar e Expandir Liderança*. Dentre os Programas Mobilizadores em Áreas Estratégicas, destaca-se o de Tecnologia da Informação e comunicação onde estão inseridos a microeletrônica e *displays*.

Para o setor de microeletrônica o principal objetivo foi ampliar a produção local e exportação de componentes. Nesse sentido a PDP estabeleceu duas grandes metas para essa área:

- Implantar duas empresas de fabricação de circuitos integrados (ou MEMS); e

- Elevar o número de *design houses* do Programa CI-Brasil de 7 para 14 e fortalecer a sua atuação (o que já aconteceu, com o lançamento do Edital 59/2008 do CNPq).

Para a área de microeletrônica, encontram-se em andamento as medidas e ações abaixo destacadas:

- aperfeiçoamento do Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Indústria de Semicondutores (PADIS) – fundamental para o sucesso das negociações já iniciadas e ainda em andamento;
- programa de Treinamento de Projetistas – programa de treinamento em que participam MCT, MEC, CAPES e CNPq;
- consolidação das *design houses*; e
- financiamento e estruturação de capital – fundamental para o fortalecimento do Programa CI-Brasil em sua nova fase, com financiamento pelo BNDES e FINEP.

A PDP procura avançar em relação à PITCE no que concerne ao objetivo de definir com clareza as responsabilidades de gestão nos seus diversos programas. A coordenação das ações empreendidas pelas instituições governamentais para a PDP é conduzida pelo Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior – MDIC⁴¹.

Com o intuito de definir as responsabilidades institucionais, Comitês-Executivos foram estabelecidos de acordo com tema ou sistema produtivo. Esses comitês são compostos por representantes de instituições governamentais e, cada unidade gestora tem um técnico responsável pela coordenação de ações estabelecidas.

Para alcançar esses objetivos, a política utiliza-se dos seguintes instrumentos:

- Apoio à inovação, financiamentos, exportação e capitalização;
- Subvenção, crédito e capital de risco;
- Incentivos fiscais à inovação (Lei de Inovação – 10.973/04 e Lei do Bem – 11.196/05);
- Incentivos fiscais à produção (PADIS – Lei 11.484/07);

⁴¹O MDIC tem como apoio uma Secretaria-Executiva, formada pela Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial - ABDI, BNDES e Ministério da Fazenda. Essa estrutura prevê um Conselho Gestor, presidido pelo Ministro do MDIC e formado por representantes da Casa Civil da Presidência da República e dos Ministérios da Fazenda - MF; Planejamento, Orçamento e Gestão - MPOG; e Ciência e Tecnologia - MCT.

- Incentivos fiscais (Lei de informática – 10.176/01);
- PROEX – Financiamento à exportação;
- APEX - Promoção comercial;
- MDIC, BNDES e ABDI - Atração de investimentos estrangeiros;
- ABDI - Articulação público/privada; e
- SUFRAMA – Apoio à exportação.

Para verificar o andamento da PDP, a ABDI utiliza o Sistema de Gerenciamento de Projetos – SGP, que permite o acompanhamento e a avaliação das ações, bem como a criação de indicadores para verificação das metas previamente acordadas, emissão de relatórios técnicos e monitoramento pelo setor privado sobre a aplicação dos recursos e andamento de ações. O Conselho Nacional de Desenvolvimento Industrial – CNDI é considerado a instância superior de monitoramento, aperfeiçoamento e validação da PDP.

Para impulsionar as ações da área de microeletrônica, a PDP procurou definir papéis e ações de forma que cada instituição seja responsável pela gestão dos programas, cumprimento de metas, acompanhamento e avaliação dos objetivos e resultados sob sua responsabilidade. A articulação e coordenação entre a PDP e outros programas será realizada pela Casa Civil, sendo que a política como um todo fica a cargo de um Conselho Gestor e a gestão dos programas compete aos Comitês Executivos específicos (CEX).

Destacam-se abaixo as instituições e programas relacionados ao setor de semicondutores, suas ações e resultados, com uma breve análise das políticas públicas relacionadas à área:

- **Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior – MDIC.** Tem suas atribuições voltadas na PDP para o setor de microeletrônica e *displays* com a finalidade de promover investimentos em inovação (reduzindo a incerteza jurídica quanto à aplicabilidade dos incentivos à inovação tecnológica previstos na chamada Lei do Bem nº 11.196/05); ampliar a produção local e as exportações de componentes microeletrônicos e de *displays*, convertendo o Brasil em plataforma de exportação (atração de investimentos estrangeiros) com a identificação de investidores potenciais, organização de missões para divulgação do mercado brasileiro e utilização dos instrumentos de apoio existentes, bem como o incentivo à estruturação de operações de investimento direto externo em microeletrônica (incluindo *joint-ventures*). Além disso, o MDIC

faz parte do grupo interministerial que analisa os projetos que são submetidos aos incentivos do PADIS, integrando a comissão do CI-Brasil e do Comitê da Área de Tecnologia da Informação (CATI) e controla, junto com o Ministério da Fazenda, a Câmara do Comércio Exterior - CAMEX.

- **Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão** – MPOG. Participa do Conselho do CEITEC, da PDP (onde a microeletrônica é estratégica), mas ainda não tem ação específica. Futuramente o MPOG poderá atuar na regularização de questões relacionadas às compras públicas e uso de TIC ou de programas de governo relevantes (ex.: uso de etiquetas inteligentes).
- **Ministério da Fazenda** – MF. Faz parte do grupo interministerial que analisa os projetos que são submetidos aos incentivos do PADIS e da PDP. É importante para tratar de questões relacionadas a ex-tarifários (II e IPI)⁴². No PADIS está prevista a desoneração de investimentos (fundamentalmente bens de capital). Atua nas importações/exportações procurando operacionalizar a logística e os procedimentos necessários a essas ações. Um dos objetivos é atrair fabricantes de circuitos integrados para o Brasil. Tem a função de coordenar as ações sistêmicas no setor de microeletrônica. Suas medidas visam aperfeiçoar o PADIS, eliminando as restrições de acesso a incentivos do Programa na aquisição de máquinas e equipamentos usados e permitir que as empresas de informática e automação possam deduzir da base de cálculo do IRPJ⁴³ e da CSLL⁴⁴ os dispêndios relativos a P,D&I⁴⁵, multiplicados por um fator de até 1,8.
- **Ministério de Ciência e Tecnologia** – MCT. Tem suas ações voltadas para a área de semicondutores, com o objetivo de ampliar a produção local e as exportações de componentes microeletrônicos; implantar empresas brasileiras de base tecnológica; apoiar as PMEs⁴⁶ (*design houses*); promover o investimento em inovação; apoiar centros tecnológicos; atrair investimentos

⁴² II – Imposto de Importação e IPI – Imposto sobre Produto Industrializado

⁴³ IRPJ – Imposto de Renda sobre Pessoa Jurídica

⁴⁴ CSLL – Contribuição sobre o Lucro Líquido

⁴⁵ P,D&I – Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação

⁴⁶ PME – Pequena e Média Empresa

estrangeiros; apoiar a capacitação e treinamento para especialistas em projetos de CI e processo de manufatura de semicondutores.

- **Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial - ABDI**⁴⁷. Entidade responsável por coordenar as ações e programas dos chamados Destaques Estratégicos, atuando em questões fundamentais para desenvolver a indústria brasileira, perpassando por diversos complexos produtivos. Neste nível, essa Agência estabeleceu estratégias de grande relevância para seis dimensões de destaque: ampliação das exportações; fortalecimento das micro e pequenas empresas; regionalização; integração produtiva da América Latina e Caribe, com foco inicial no Mercosul; integração com a África; e produção sustentável.

- **Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social - BNDES**⁴⁸. Órgão do Governo Federal responsável pelo financiamento de longo prazo para a realização de investimentos em todos os segmentos da economia, em uma atuação que inclui as dimensões social, regional e ambiental. Em seu Planejamento Corporativo 2009/2014, o BNDES elegeu a inovação, o desenvolvimento local e regional e o desenvolvimento socioambiental como os aspectos mais importantes do fomento econômico no contexto atual, e que devem ser promovidos e enfatizados em todos os empreendimentos apoiados pelo Banco:
 - i) à **inovação** por meio do apoio às atividades de P&D, engenharia e gestão da inovação, entre outros itens ligados à capacitação técnica e gerencial;
 - ii) ao **desenvolvimento local e regional** fomentando investimentos integrados em diferentes escalas territoriais e diferentes institucionalidades (APL⁴⁹, em torno de grandes projetos, cidades-pólo, bacias hidrográficas), apoiando políticas integradas de desenvolvimento urbano e priorizando regiões menos desenvolvidas; e
 - iii) ao **desenvolvimento socioambiental**, apoiando projetos que primem pelo desenvolvimento sustentável (crescimento econômico, bem-estar

⁴⁷ <http://www.abdi.com.br/?q=node/3>, Acesso em 09/10/2009.

⁴⁸ http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Institucional/O_BNDES/A_Empresa/, Acesso em 09/10/2009.

⁴⁹ APL – Arranjo Produtivo Local

- social e preservação do meio ambiente), investimentos em energias renováveis e eficiência energética, em recuperação de passivos ambientais e em desenvolvimento de tecnologias e serviços ambientais.
- Para o setor de semicondutores, o BNDES procura converter o Brasil em plataforma de exportação, apoiando o financiamento e capitalização de empresas incluindo às PMEs (*design houses*); a criação de centros tecnológicos; atraindo investimentos estrangeiros; fortalecendo a infraestrutura tecnológica; a consolidação de empresas brasileiras; o financiamento e capitalização de empresas do setor de semicondutores; bem como a atração de investimentos estrangeiros. Neste sentido e com a preocupação de diminuir o déficit na balança comercial brasileira e tornar o país menos dependente de tecnologia externa, o BNDES está negociando a instalação de 5 fábricas de *displays* no Brasil. Para atrair empresas do setor, o Banco concede um pacote de incentivos fiscais que concede isenções no Imposto de Importação (II), Imposto sobre Produto Industrializado (IPI), PIS e Cofins⁵⁰ na fase de instalação das fábricas, benefícios na compra de insumos na fase de produção, que seria parcial, no caso do II, e isenção total de IPI, PIS e Cofins. Essas fábricas cobrirão toda a cadeia produtiva do setor de semicondutores e *displays*, indo desde a produção de *chips* até o encapsulamento de *displays*⁵¹.
 - **Financiadora de Estudos e Projetos – FINEP.** Integra o Ministério da Ciência e Tecnologia e tem as seguintes medidas para o setor de semicondutores: estruturação, fortalecimento e capitalização de Fundos de Empresas Emergentes (FEE) e Fundos de *Venture Capital*; desenvolvimento e capitalização de incubadoras e parques tecnológicos, articulados com universidades e centros de pesquisa; fortalecimento do Programa CI-Brasil e modernização dos centros de P&D (incluindo tecnologia de processos); fortalecimento da infra-estrutura tecnológica; identificar “janelas de oportunidades” (produtos e/ou componentes) para a entrada de empresas brasileiras em tecnologias emergentes de *displays*. Para a implementação das ações destinadas à microeletrônica, a FINEP lançou três editais, um em 2005 e outros dois em 2006 e 2007, conforme descritos abaixo:

⁵⁰ COFINS – Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social

⁵¹ Folha de São Paulo, de 27 de setembro de 2009 apud <http://www.inovacao.unicamp.br/report/news-curtissimas090928.php#semi>
Acesso em 29 de setembro de 2009.

1. Chamada Pública MCT/FINEP/FNDCT – Microeletrônica – 01/2005

Teve como objetivo selecionar propostas para concessão de apoio financeiro a projetos em Microeletrônica e Nanoeletrônica, visando ao interesse da indústria no Brasil, que contemplem aplicações em dispositivos eletrônicos e à capacitação tecnológica da indústria de *hardware* voltada para as tecnologias de informação, comunicação, eletroeletrônica, automação e correlatas. Essa chamada pública teve como finalidade estimular empresas brasileiras, grupos de empresas brasileiras ou consórcios de empresas brasileiras formalmente constituído, de qualquer porte, em parceria com Instituições Científicas e Tecnológicas - ICTs, dispostas a aplicar recursos financeiros, associados aos recursos do FNDCT⁵², para execução de projetos que focalizassem as seguintes tecnologias:

- Concepção, projeto, fabricação e teste de circuitos integrados;
- Concepção de microssistemas, nanossistemas e de dispositivos eletrônicos e optoeletrônicos discretos;
- Concepção, projeto, fabricação e teste de sistemas embarcados, integrando *hardware* e componentes de *software* embarcados em *chip*;
- Desenvolvimento de arquiteturas e sistemas de *hardware* dedicados em FPGA (*field-programmable gate arrays*) e circuitos integrados para aplicações específicas (ASIC - *application-specific integrated circuits*).

⁵² Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

Os projetos aprovados neste edital estão relacionados na Tabela 2:

Chamada Pública MCT/FINEP/FNDCT - Microeletrônica 01/2005 Projetos Aprovados		
Título do Projeto	Executor do Projeto	UF
Coletor Eletrônico de Opiniões utilizando <i>System-on-a-Chip</i> , com transmissão de dados por GPRS e visualização de resultados via <i>WEB</i>	Laboratório de Microeletrônica - CEFET/PR	PR
Circuito para transporte de dados <i>Ethernet/IP</i> sobre redes de alta velocidade PDH/SDH	PUC/RS	RS
Sistema de autenticação de locutor em hardware dedicado	Universidade Estadual do Rio Grande do Sul	RS
Desenvolvimento de prototipagem do circuito integrado de aplicação específica	CEITEC	RS
Diodo ultra-rápido com lâmina epitaxial	UNICAMP	SP
Desenvolvimento de módulo de laser de bombeio e testes de confiabilidade	CPqD	SP
Microsistemas híbridos em silício: Fabricação de transmissores de pressão piezoresistivos inteligentes de baixo custo e altíssima precisão	LSI-TEC	SP
Telefone sem fio com voz amostrada em espalhamento espectral	CTI	SP
Desenvolvimento de eletrônica embarcada para PIGS ultra-sônicos	USP	SP
Projeto de módulos DVB-S2B e DVB-C para sistemas de codificação digital de vídeo	CESAR	PE
Desenvolvimento de um conversor AD para aplicação em UCPS	UFSM	RS
Solução para rastreabilidade e identificação utilizando RFID	PUC/RS	RS
Leitora criptográfica de cartões magnéticos	CTI	SP
Dispositivo orgânico optoeletrônico	PUC/RS	RS

Tabela 2 - Projetos aprovados Na Chamada Pública MCT/FINEP/FNDCT - Microeletrônica 01/2005

Fonte: Adaptada do *site*

http://www.finep.gov.br/fundos_setoriais/outras_chamadas/resultados/Resultado_Microeletronica_01_2005.PDF

2. Chamada Pública MCT/SEBRAE/FINEP/Ação Transversal – Cooperação ICT – MPE – 07/2006. Este edital não foi operacionalizado diretamente pela FINEP.

Essa chamada teve como objetivo selecionar projetos de inovação tecnológica de interesse de micro e pequenas empresas (MPEs) a serem executados por instituições científicas e tecnológicas (ICTs), públicas ou privadas, em cooperação com MPEs brasileiras inseridas em Arranjos Produtivos Locais (APLs) e no âmbito das prioridades estabelecidas na Política Industrial Tecnológica e de Comércio Exterior, quais sejam:

- ações horizontais - aumento da competitividade das empresas pela inovação; adensamento tecnológico e dinamização das cadeias produtivas; incremento dos gastos com pesquisa e desenvolvimento tecnológico;

- opções estratégicas - semicondutores/microeletrônica, *software* e bens de capital, exceto os segmentos de fármacos e medicamentos que foram apoiadas por outras chamadas da FINEP;
- áreas portadoras de futuro da PITCE - biotecnologia; nanotecnologia; biomassa/energias renováveis; e
- projetos dos segmentos industriais das cadeias produtivas de Petróleo e Gás Natural, exceto para os temas relativos a óleos pesados, dutos e tecnologias de gás natural, que serão apoiados em chamada específica.

Essa chamada foi subdividida em duas linhas de ação, sendo uma para projeto de grupo de MPEs inseridas em Arranjos Produtivos Locais e a outra para projeto de grupo de MPE com atuação no âmbito da PITCE e/ou da cadeia produtiva de Petróleo e Gás.

No âmbito da chamada foram comprometidos recursos não reembolsáveis no valor total de até R\$35.000.000,00 (trinta e cinco milhões de reais) provenientes dos Fundos Setoriais (50%) e dos recursos do SEBRAE (50%), conforme discriminado abaixo:

- Linha 1: R\$ 25.000.000,00 (vinte e cinco milhões de reais);
- Linha 2: R\$ 10.000.000,00 (dez milhões de reais).

Adicionalmente, foram comprometidos recursos não-reembolsáveis no valor de até R\$ 4.500.000,00 (quatro milhões e quinhentos mil reais), provenientes dos Fundos Setoriais, para aplicação em bolsas de fomento tecnológico nas ICT e/ou nas MPEs (Programa RHAE/Inovação).

a) Chamada Pública MCT/FINEP/Ação Transversal – Cooperação ICT/Empresas Microeletrônica – 01/2007

Essa chamada pública teve como objetivo selecionar propostas para o apoio financeiro a projetos cooperativos de pesquisa, desenvolvimento e inovação, de dispositivos semicondutores e optoeletrônicos, que resultassem em produtos visando à competitividade tecnológica da indústria brasileira nas tecnologias de informação, comunicação, eletroeletrônica e automação, entre outras.

Os projetos concentraram-se exclusivamente nas seguintes tecnologias:

- concepção, projeto, fabricação e teste de circuitos integrados destinados a sistemas embarcados;
- concepção de microssistemas, nanossistemas e de dispositivos eletrônicos e optoeletrônicos, em particular os dispositivos luminescentes orgânicos (OLED – *organic light-emitting diodes*); e

- desenvolvimento de arquiteturas e sistemas de *hardware* dedicados em FPGA (*field-programmable gate arrays*) e circuitos integrados para aplicações específicas (ASIC – *application-specific integrated circuits*).

Os projetos abaixo listados foram aprovados na chamada pública referente ao ano de 2007:

Chamada Pública MCT/FINEP/Ação Transversal Coop.		
Título	Executor	UF
Chip Para Aquisição de Sinais Eletrocardiográficos	LSI-TEC	SP
Plataforma de Desenvolvimento de Sistemas Embarcados para Saúde usando arquitetura ARM e FPGA	UnB	DF
Desenvolvimento de Sensores de Infravermelho com Transições Intrabanda (nanoestruturados) e Interbanda	IEA	SP
Circuito Integrado RF de Ultra-Baixo Consumo	INT - NORDESTE	PE
ISDTV Demodulador	CEITEC	RS
Testador de cartuchos com impressão.	INT - NORDESTE	PE
Desenvolvimento de Engine Biométrico FPGA	UNICAMP	SP
Desenvolvimento do Protótipo em ASIC de um Switch EDD	UFRGS	RS
Sistema de Controle e Monitoramento de Veículos	UnB	DF

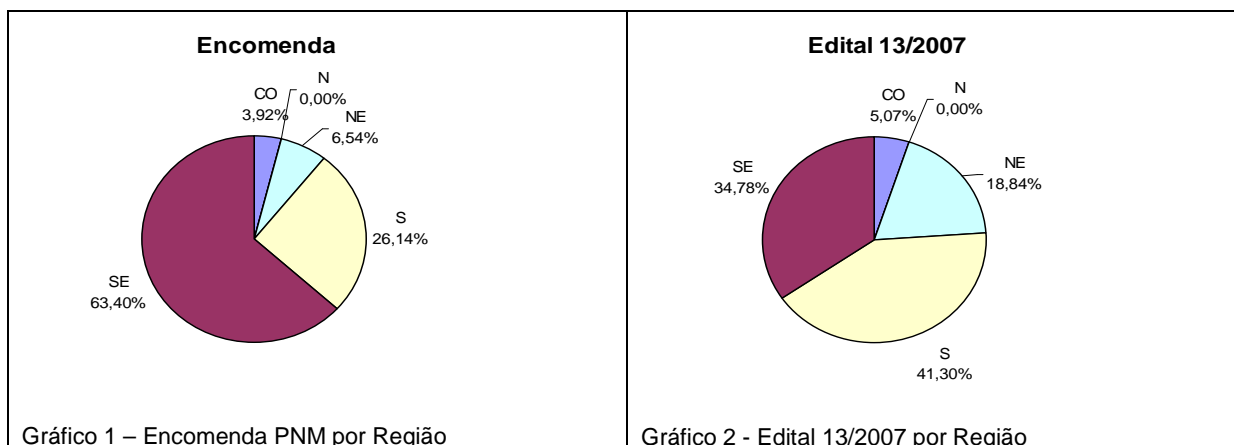
Tabela 3 - Projetos aprovados no Edital FINEP 01/2007

Fonte: FINEP – Cedida pelo Departamento de Estudos, Planos e Programas Integradores da FINEP

- **Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq.** Órgão vinculado ao MCT que tem suas ações voltadas para o fomento da pesquisa científica e tecnológica e à formação de recursos humanos para a pesquisa no país. Para o setor de semicondutores, o CNPq tem contribuído para a formação de RHs sob diversas formas, merecendo destaque o Programa Nacional de Microeletrônica que pode ser graficamente demonstrado abaixo.
 1. Programa PNM-*Design* tem sua origem em uma encomenda feita pelo MCT ao CNPq com o objetivo de apoiar e promover a consolidação dos programas de pós-graduação, por meio da implementação de bolsas de mestrado e doutorado para linhas de pesquisa ligadas à área de Microeletrônica com a finalidade de aumentar o número de profissionais nessa área. Foram executadas, nessa encomenda 306 bolsas, sendo 195 de mestrado e 111 de doutorado. O valor total utilizado soma R\$ 10.178.200,48.
 2. Com o sucesso dessa encomenda, o CNPq lançou o Edital CT-INFO - 13/2007 com o mesmo objetivo. Esse edital foi realizado em duas chamadas (09/2007 e

02/2008), obtendo a demanda bruta de 220 propostas, no valor total de R\$ 13.634.690,30. Foram implementadas 138 bolsas. O valor previsto de ser utilizado até o final desta ação é de R\$ 6.882.246,00.

As figuras abaixo demonstram a distribuição dos bolsistas atendidos pelo PNM, notando-se uma clara descentralização regional de recursos no caso do edital:



Fonte: CNPq – COAPD

Para 2010, está em fase de julgamento o Edital 17/2009 – PNM, que tem por objetivo apoiar e promover a consolidação dos programas de pós-graduação no País, por intermédio da concessão de bolsas de mestrado e doutorado para linhas de pesquisa ligadas à área de microeletrônica. A demanda bruta para o período de 2010 a 2013 foi de R\$ 6.000.000,00.

3. Para proporcionar um ecossistema favorável à inovação do setor, o Governo Federal estabeleceu outros programas e metas, sendo o Programa CI-Brasil considerado o mais importante para a área, no CNPq. Além desse programa, outras ações vinculadas a ele estão em andamento no CNPq:
 - Encomenda DH CI-Brasil
 - Edital 59/2008
 - Centros de Treinamentos
 - Brazil-IP
 - Edital 14/2007 - Programa de Disseminação de Novas Tecnologias em Microeletrônica (PDNTM)
 - Recursos Humanos em *Design Houses* - Estágios no exterior

2.6.1 Encomenda DH CI-Brasil

O Programa CI-Brasil foi inicialmente formatado como uma encomenda do MCT para implementação de bolsas pelo CNPq. Essa encomenda teve por finalidade financiar o pagamento de bolsas para projetistas de circuitos integrados, com o financiamento pela FINEP de estações de trabalho e pagamento de licenças para a utilização de *softwares* da empresa *Cadence*. Do início da implementação da encomenda, em 2006, até março de 2010, foram investidos pelo MCT/CNPq no programa CI-Brasil o valor de R\$ 13.843.986,00 para a capacitação ou fixação de projetistas, espalhados em 5 *design houses* (LSI-TEC, CEITEC, CTI, CETENE e CESAR). As DHs Centro de Ciência, Tecnologia e Inovação do Pólo Industrial de Manaus (CT-PIM) e o Centro de Pesquisas Avançadas *Wernher von Braun* participaram do Programa CI-Brasil sem a utilização de bolsas, mas com a utilização de estações de trabalho e licença do software da empresa *Cadence*.

As modalidades de bolsas utilizadas pelas DHs variam de acordo com a capacitação e experiência de cada bolsista. A modalidade de bolsa SDT-A é a de nível mais alto paga para o projetista de *chip* e, portanto, exige as maiores qualificações. O nível SDT-G é o de menor nível e normalmente é utilizada para bolsistas recém formados ou que ainda não têm experiência em projetos de chips, estando os outros níveis entre essas duas extremidades. Outra modalidade de bolsa utilizada em uma DH é a SEV, ela está subdividida em níveis A, B, C e D⁵³. Essa modalidade é utilizada para pessoas que trabalham com a gestão de uma *design house*, não executando, necessariamente, o desenho de um circuito integrado.

Nesse ponto apresenta-se uma pequena visão das DH atendidas pelo Programa CI-Brasil e o segmento em que cada uma delas está inserida.

- O Centro de Excelência em Tecnologia Eletrônica Avançada – CEITEC nasceu a partir de um Protocolo de Intenções firmado entre os governos federal, estadual (RS) e municipal (Porto Alegre), instituições de ensino e pesquisa e entidades empresariais e uma parceria com a empresa Motorola, hoje *Freescale*, que doou um conjunto de equipamentos de sua fábrica localizada em *Austin, Texas* para esse empreendimento. Em 2005, o Ministério da Ciência e Tecnologia assinou um contrato no valor de R\$ 148 milhões para a construção da empresa CEITEC pelo Consórcio Racional Engenharia/Delta Construções - vencedor da licitação⁵⁴.

Concebido inicialmente como uma associação civil sem fins lucrativos, a CEITEC S.A. hoje é uma empresa pública Federal ligada ao MCT especializada no desenvolvimento e

⁵³ Ver sobre as modalidades das bolsas no site: http://www.cnpq.br/normas/m_08_010.htm

⁵⁴ <http://www.ceitecmicrosistemas.org.br/portal/historico.php>, acessado em 28 de junho de 2009.

produção de circuitos integrados de aplicação específica (ASIC) contando com uma unidade de fabricação (em fase final de construção) e uma unidade de projeto voltada para o desenvolvimento de *chips* digitais e analógicos. Boa parte de seus projetistas vem da Associação CEITEC ou de outras DHs e Centros de treinamento, possuindo mestrado, doutorado ou experiência no desenvolvimento de projetos de circuitos integrados. Sua estratégia está voltada para a sua inserção no mercado global de semicondutores. Faz parte do *portfolio* da empresa o *chip* CTC 11001, que é um dispositivo para a rastreabilidade animal. A CEITEC S.A. também pode atuar nos segmentos de *Wireless Communication* e *Digital Multimedia*, bem como no desenvolvimento de tecnologia nacional para rastreabilidade de veículos e logística e automação industrial.

- O Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste – CETENE atua na área de microeletrônica por meio do LINCS – Laboratório para a Integração de Circuitos e Sistemas⁵⁵. Os serviços oferecidos pelo LINCS estão centrados na elaboração, processos de desenvolvimento e certificação de *IP-Cores* e treinamentos nas tecnologias, técnicas e metodologias associadas ao desenvolvimento de *IP-cores*. Atualmente atua no segmento de sistemas de controle nas áreas de bio-combustível e de iluminação pública. Adicionalmente tem projeto para tratamento de imagens aplicado ao trânsito. Em relação aos mecanismos de captação de recursos, a DH LINCS-CETENE está centrada na prestação de serviços (desenvolvimento de microeletrônica) e no investimento em propriedade intelectual.
- O Centro de Estudos e Sistemas Avançados do Recife – CESAR é um instituto privado de inovação que cria produtos, processos, serviços e empresas usando Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC). Atuando há mais de 10 anos em âmbito nacional e internacional, o CESAR interliga centros de inovação numa rede de conhecimento⁵⁶. É uma instituição solidificada na área de *software* e obteve vários prêmios nesse setor. O CESAR tem entre suas iniciativas a CESAR-IC *Design House* focada na criação de circuitos integrados que venham a contribuir com o uso dos recursos naturais de forma eficiente. A equipe projeta circuitos integrados direcionados a aplicações inovadoras em

⁵⁵ http://200.133.5.125/index.php?option=com_content&view=article&id=55&Itemid=73, acessado em 28 de junho de 2009.

⁵⁶ <http://www.cesar.org.br/node/17>, acessado em 28 de junho de 2009.

redes de sensores sem fio para monitoramento e controle de ambientes industrial e natural, proporcionando melhorias no controle de emissão de poluentes, economia no consumo de energia dentro do processo industrial, rastreabilidade de equipamentos/produtos em tempo real e eficiência em sistemas de irrigação na distribuição de água, entre outros⁵⁷. Desde o início de suas atividades o modelo de negócio da DH é que ela se torne uma unidade de negócios como outras empresas incubadas que existem hoje no CESAR. Como um dos resultados dessa *design house* foi aberta a empresa *SiliconReef*, uma *start-up* da DH. Essa empresa participou do Edital 59/2008 do CNPq e teve seu projeto aprovado para financiamento, estando em sua fase inicial. A *SiliconReef* é a evolução natural da DH do CESAR, sendo criada para ser uma unidade auto-sustentável e com fins lucrativos. A programação é de que o CESAR dará todo o suporte a *SiliconReef* até que ela atinja a auto-sustentabilidade, passando a incorporar a DH CESAR-IC. Provavelmente a empresa *SiliconReef*, após a sua solidificação, é que procurará inserir-se em nichos de mercado, mesmo porque, conforme dito anteriormente, a empresa absorverá a DH do CESAR.

Em 16 de outubro de 2009, a empresa *SiliconReef* conquistou o primeiro lugar do Desafio Brasil 2009, com o produto EH01 que promete uma melhoria de até 70% na eficiência da geração e armazenamento energético de redes sem fio. Trata-se de uma competição de empreendedorismo coordenada pelo Centro de Estudos em *Private Equity* e *Venture Capital* da Fundação Getulio Vargas (GVcepe) com apoio da INTEL, voltada para a criação de novos negócios baseados em tecnologia da informação.

- O Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer – CTI é uma instituição do Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT e atua no segmento de desenvolvimento de tecnologias de *software*, componentes eletrônicos, protótipos e produtos na área de Tecnologia da Informação, além de ferramentas e aplicações para a internet. Possui cerca de 230 pesquisadores e 12 laboratórios. Mantém diversas ações de cooperação internacional com o objetivo de fomentar a cooperação em pesquisa aplicada no segmento tecnológico⁵⁸. Atuando principalmente no segmento de *software*, inserindo-se também no de desenho de circuitos integrados. Para isso, sua estratégia está focada na formação de recursos humanos qualificados e no desenvolvimento de produtos em

⁵⁷ <http://www.cesar.org.br/node/31?q=node/315>, acessado em 04 de julho de 2009.

⁵⁸ http://www.cti.gov.br/quem_somos/index.htm, acessado em 28 de junho de 2009.

parceria com empresas. Participa no Programa CI-Brasil como *design house* e como sede do Centro de Treinamento 2, localizado em Campinas-SP.

- O Laboratório de Sistemas Integráveis Tecnológico – LSI-TEC foi fundado pelo Prof. João Antonio Zuffo, como evolução do Laboratório de Sistemas Integráveis da Escola Politécnica da USP. No início da década de 90 o LSI construiu em parceria com a *White Martins* a primeira linha própria para utilização de gases ultra-puros no Brasil, voltados para produção em microeletrônica. A partir do ano 2000, foi também criada uma associação sem fins lucrativos com o nome de LSI-TEC, no âmbito da qual culminou com a criação, em 2006, da *design house* LSI-TEC, que tem como foco de desenvolvimento de seus produtos os segmentos de Energia, Circuitos Modo-Misto e RF⁵⁹, Instrumentação e medidores e circuitos para área médica. Tem no seu *portfolio* de produtos o Sinalizador de falhas linhas AT, *Silicon Tunner*, condicionador de sinais de sensores.

Como estratégia competitiva, a *design house* LSI-TEC decidiu se diferenciar das demais DHs criando dois núcleos de competência em nichos que apresentam demandas de maior valor agregado, ou seja:

- No escritório São Paulo foi formado um grupo com forte competência em projetos analógicos e *mixed signal* para atender principalmente as empresas fabricantes de equipamentos médicos, de automação industrial, instrumentação e controle, entre outros. Dentre estes fabricantes estão várias empresas exportadoras, que precisam inovar para se manterem competitivas frente a fabricantes de outros países.
- No escritório Salvador o grupo se especializou em projetos digitais voltados para eletrônica de consumo, atendendo principalmente clientes no mercado Norte Americano.

Com o objetivo de atingir as metas proposta pela Política de Desenvolvimento Produtivo – PDP, o CNPq lançou o Edital 59/2008 com a finalidade de aumentar o número de instituições e promover a absorção de projetistas que já se encontravam em fase de treinamento, por meio da encomenda do MCT referente aos Centros de Treinamento, conforme veremos a seguir.

⁵⁹ RF – Rádio Frequência

2.6.2 Edital 59/2008

Como continuação do programa CI-Brasil foi elaborado o Edital 59/2008, em andamento desde o início de 2009. Com a implementação desse edital, a meta estabelecida pela Política de Desenvolvimento Produtivo foi alcançada, no que se refere à elevação do número de *design houses* do Programa CI-Brasil de 7 para 14. Para essa ação, o objetivo foi a criação de novos centros ou unidades de projetos de circuitos integrados em instituições públicas e privadas, com a finalidade de ampliar os projetos de CIs e promover a absorção de projetistas dessa área. Para cumprir esse objetivo, o edital foi dividido em 2 linhas de ação, sendo a Linha de Ação 1 para unidades em empresas e a Linha 2 para instituições sem fins lucrativos que tenham por objetivo estatutário ou regimental, pesquisa, desenvolvimento ou inovação tecnológica com atuação no tema do edital. O valor total aprovado pelo edital foi de R\$ 11.811.547,87.

Para a Linha de Ação 1 foram aprovados recursos somente em forma de bolsas SDT, conforme discriminado abaixo:

- Demanda Bruta: 6 propostas (R\$ 4.300.274,15)
- Aprovado: 5 projetos (R\$ 4.019.410,75)
- Bolsas implementadas até novembro/2009: 34

Para a Linha de Ação 2 foram aprovados recursos para bolsas SDT, BEV, BSP, custeio e capital, conforme abaixo especificado:

- Demanda Bruta: 20 propostas (R\$ 25.500.044,76)
 - Capital: R\$ 5.176.224,61
 - Custeio: R\$ 7.476.940,73
 - Bolsas: R\$ 12.846.879,42
- Aprovado: 7 projetos (R\$ 7.792.137,12)
 - Capital: R\$ 898.000,00
 - Custeio: R\$ 1.912.637,12
 - Bolsas: R\$ 4.981.500,00

Participaram do edital e tiveram projetos aprovados, ex-bolsistas do programa CI-Brasil. Alguns deles abriram empresas com a finalidade de participar do edital 59/2008, além de verem a oportunidade da inserção em nichos de mercado ainda promissores no segmento de projeto de circuito integrado, no qual se especializaram quando participaram do programa.

2.6.3 Centros de Treinamento

Outra ação em andamento no CNPq é o apoio à implantação de Centros de Treinamento de projetistas (CTs), que tem por finalidade conceder bolsas para projetistas, instrutores e equipe de apoio para o programa de capacitação brasileira em projetos de CI digitais, analógicos e mistos, visando a produção de circuitos integrados com aplicações no mercado mundial.

A implantação desses centros surgiu da necessidade de qualificar recursos humanos nas etapas de projeto e produção de circuitos integrados, visando induzir e atrair unidades de negócios empresariais focadas na indústria de semicondutores. Para isso, foram implantados dois centros de treinamentos localizados em Campinas (SP) e Porto Alegre (RS). No período de agosto de 2008 a março de 2010, o Centro de Treinamento 2, em Campinas, treinou 245 alunos. Já o Centro de Treinamento I treinou, no mesmo período, 176 projetistas. Alguns dos bolsistas treinados foram absorvidos pela empresa pública CEITEC ou por outras DHs do Programa CI-Brasil.

Paralelamente a essas ações, outras se seguiram no sentido de promover a capacitação técnica de projetistas de circuitos integrados, dentre elas destaca-se o Brazil IP, que envolveu diversas instituições no país, conforme se destaca a seguir.

2.6.4 Brazil-IP

O Brazil-IP, inicialmente um projeto selecionado em um Edital para apoio a projeto de grandes grupos do CT-INFO, possui aporte financeiro do Governo Federal desde 2002 e tem como objetivo o desenvolvimento de IP-cores e formação/capacitação de recursos humanos em projeto de circuitos integrados. O primeiro projeto em 2002, envolveu 8 instituições (UFPE, UNICAMP, UFCG, UFMG, USP, UnB, PUC-RS e UFRGS) e desenvolveu 4 IP-cores.

Considerando os resultados como bem sucedidos, o MCT decidiu constituir uma encomenda para replicar e alargar o escopo do Brazil-IP. Esta encomenda está em andamento no CNPq desde 2008 e foi aportado o valor de R\$ 3.280.000,00 para despesas com capital, custeio e pagamento de bolsas. São 18 subprojetos já em andamento desde 2008 em 16 instituições diferentes. Ao confrontar a rede social de microeletrônica com a distribuição regional do Brazil-IP, observou-se que esta encomenda conecta pequenos centros que desenvolvem projetos de *chips*, tais como a Universidade Federal de Sergipe (UFS), a Universidade Federal do Pará (UFPA), a Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT) e a Universidade Federal do Ceará (UFC) e que não estão conectados em redes maiores. O Brazil-IP demonstra ser oportuno porque, além de ter seu foco na captação e capacitação de recursos humanos em

nível de graduação que virão a dar sustentabilidade a um futuro Sistema Setorial de Aprendizado Ativo para semicondutores, ainda tem a função de integrar pequenos grupos que podem vir a ser futuros pólos de empreendimentos em circuitos integrados.

O número de bolsas em curso em abril de 2010 é de 85. Até o final de 2010, espera-se que os sub-projetos passem para 34, com o aumento para 176 bolsas em curso.

2.6.5 Edital 14/2007 – Programa de Disseminação de Novas Tecnologias em Microeletrônica - PDNTM

O Programa de Disseminação de Novas Tecnologias em Microeletrônica – PDNTM teve como finalidade a transferência de tecnologias como ASIC, FPGA, MCM (*multi-chip module*), sistemas-em-empacotamento (*systems-in-package*), PCB (*Printed Circuit Board*) ou microssistemas integrados (sistema em miniatura contendo circuitos eletrônicos, sensores e/ou atuadores), em empresas interessadas em aumentar a competitividade de seus produtos pela adoção de novas tecnologias, bem como empresas do setor de Microeletrônica interessadas na prospecção de informações visando a inserção de suas tecnologias em novos segmentos de mercado.

Esse edital teve como objetivo selecionar propostas financiando a elaboração de Planos de Viabilidade Técnica e Comercial (PVTC) para empresas interessadas na inovação de seus produtos ou processos através do uso da microeletrônica nas tecnologias citadas acima. A ênfase foi para empresas que utilizaram pela primeira vez as tecnologias especificadas. A demanda bruta foi de 30 propostas no valor total de R\$ 1.108.605,30, sendo aprovadas 28 propostas (93%) e utilizados o montante de R\$ 1.002.371,44 (90%). Este edital induziu a criação de pelo menos uma empresa que, posteriormente, foi contemplada no Edital 59/2008.

2.6.6 Recursos Humanos em *Design Houses* – Estágios no Exterior

Tratou-se de uma encomenda do MCT para o CNPq, que teve por finalidade aumentar a competitividade das *design houses* apoiadas pelo programa CI-Brasil, a partir da capacitação de recursos humanos em instituições francesas.

O programa foi dividido em duas partes principais: fundamentos e aplicações e estágio em indústria. A primeira parte correspondeu a estudos dentro do centro e foi realizado por meio de aulas teóricas, práticas e seminários sobre fundamentos básicos de segurança de sistemas integrados e suas aplicações. O estágio foi realizado em indústrias e teve como objetivo inserir o bolsista em um ambiente comercial.

Foram capacitados 12 bolsistas na modalidade SPE, recebendo cada um o valor de €1.100,00 mensais. Esses bolsistas foram indicados pelas DHs atendidas pelo programa CI-

Brasil. Os estágios tiveram a duração de 1 ano e 3 meses, divididos da seguinte forma: 6 meses de curso + 9 meses de estágio na fábrica. O investimento total da ação foi R\$700.000,00.

2.6.7 Bolsas de Produtividade em Pesquisa

Esta ação foi um resultado direto da criação do Comitê de Assessoramento da área de microeletrônica (CA-ME). Este comitê foi um marco para o setor, pois se configurou como a criação de uma identidade acadêmica na área de microeletrônica no CNPq. Por ser um comitê novo e ainda em fase de consolidação, tem sua demanda ainda pequena, pois muitos de seus pesquisadores estão espalhados em diversas áreas do CNPq, tais como engenharia elétrica e de materiais, física, química e ciência da computação.

Essa modalidade de bolsa está focada na demanda normal do CNPq e é destinada aos pesquisadores que se destacam entre seus pares, valorizando sua produção científica segundo critérios normativos, estabelecidos pelo CNPq, e específicos, pelos Comitês de Assessoramento (CAs) do CNPq.

A demanda para o Comitê de Assessoramento na área de microeletrônica está descrita abaixo:

	Solicitado	Recomendado	Aprovado
2007	41	23 (aprox. 56%)	21 (aprox. 51%)
2008	37	21 (aprox. 57%)	21 (aprox. 57%)

Tabela 4 - Demanda Bolsas de Produtividade em Microeletrônica

2.6.8 Bolsas Especiais

São aquelas que incorporam as modalidades de Pós-Doutorado Junior – PDJ, Pós-Doutorado Sênior - PDS, Pós-Doutorado Empresarial - PDI, Pesquisador Visitante - PV, Doutorado Sanduíche no País - SWP, Doutorado Sanduíche Empresarial - SWI, Pós-Doutorado no Exterior - PDE, Doutorado Sanduíche no Exterior – SWE e Estágio Sênior no Exterior – ESN. Os números globais neste caso foram:

	Solicitado	Recomendado	Aprovado
2007	6	5 (aprox. 83%)	5 (aprox. 83%)
2008	9	6 (aprox. 66,7%)	6 (aprox. 66,7%)

Tabela 5 - Demanda de Bolsas Especiais em Microeletrônica

2.6.9 Edital Universal – 14/2008 e 14/2009

Teve como objetivo apoiar atividades de pesquisas científica, tecnológica e de inovação que visassem contribuir significativamente para o desenvolvimento científico e tecnológico do País, em qualquer área do conhecimento e em temas de interesse dos fundos setoriais.

Nesse sentido, foram encaminhados para a área de microeletrônica 27 projetos, perfazendo um total de R\$ 1.846.900,16, tendo sido aprovados 8 projetos (29,63%), no valor total de R\$ 441.940,28, destinados ao pagamento de itens de capital e custeio.

O Edital 14/2009 ainda encontra-se em curso. As propostas aprovadas serão financiadas no valor global estimado de R\$100.000.000,00 (cem milhões de reais), sendo R\$ 40.000.000,00 (quarenta milhões de reais) oriundos do orçamento do CNPq e R\$ 60.000.000,00 (sessenta milhões de reais) oriundos do FNDCT/Fundos Setoriais. Para microeletrônica, a demanda bruta foi de 51 projetos.

2.6.10 Edital 04/2008 – Apoio Técnico

Este edital teve o objetivo de apoiar a execução de projetos de pesquisa científica, tecnológica ou de inovação, financiados com recursos públicos, por meio da concessão de bolsas de Apoio Técnico. Teve como demanda bruta para a área 11 projetos, sendo 6 aprovados.

2.6.11 Edital 06/2008 - Jovens Pesquisadores

Teve como objetivo apoiar a instalação de infra-estrutura e o desenvolvimento de projetos de pesquisa científica, tecnológica e de inovação executados por jovens pesquisadores, visando dar continuidade ao processo de expansão e consolidação de competências nacionais e ao avanço do conhecimento científico e tecnológico, em todas as áreas do conhecimento. Na área de microeletrônica obteve como demanda bruta 23 projetos perfazendo o total de R\$ 5.588.742,69. Desse total, uma proposta foi aprovada no valor de R\$ 24.962,00.

Todas essas ações aqui organizadas pelos respectivos editais foram programadas no sentido de estimular o setor de semicondutores no país. Cada instituição tem o seu papel decisivo para conduzir programas e fomentar iniciativas que possam proporcionar um ambiente atrativo de forma que o Brasil possa gerar conhecimento e estimular a inovação em diversos setores, para viabilizar a entrada do país de forma mais agressiva no mercado internacional.

CAPÍTULO III

Neste capítulo argumenta-se que o Brasil está se inserindo no que se pode chamar de Sistema Setorial de Aprendizado Ativo para o setor de semicondutores. Esta conclusão pode ser verificada a partir das análises das políticas públicas para o setor e de entrevistas com atores expressivos no cenário nacional de microeletrônica, bem como a partir da caracterização de Viotti (2002) sobre Sistemas Nacionais Inovação, com ênfase no Aprendizado Ativo e de Franco Malerba (2002) sobre Sistemas Setoriais de Inovação.

Como base para as análises referentes ao Sistema Setorial de Aprendizado Ativo, buscou-se inicialmente apresentar alguns resultados obtidos com as ações do Programa Nacional de Microeletrônica (PNM), bem como introduzir o conceito de Sistema Setorial de Aprendizado Ativo para semicondutores.

3 Resultados Parciais obtidos pelo PNM-*Design*

De início, é importante destacar que o PNM-*Design* inovou no cenário institucional ao adotar uma estratégia em que o foco foi empresarial, com a finalidade de atrair, fixar e promover o crescimento de *design houses* no Brasil. Para isso, várias ações foram desenvolvidas a fim de criar no país um ambiente propício à atração dessas empresas. Dentre elas destacam-se: a) PNM - financiamento à capacitação de recursos humanos em nível de pós-graduação (mestrado e doutorado); b) CI-Brasil – investimentos na capacitação de recursos humanos voltados para o mercado, que se desdobrou no Brazil-IP, *Design Houses*, Edital PDNTM, Microeletrônica para os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia - IFs, Centros de Treinamento e Treinamento no Exterior; c) Edital 25/2009 ação para treinamento no exterior na área, não diretamente ligada às DHs do CI-Brasil, mas cujo formato foi baseado na implementação, em 2007, da encomenda de bolsas de treinamento no exterior; e d) Licenças Acadêmicas – pagamento de softwares para a utilização acadêmica, conforme demonstrado no gráfico abaixo:

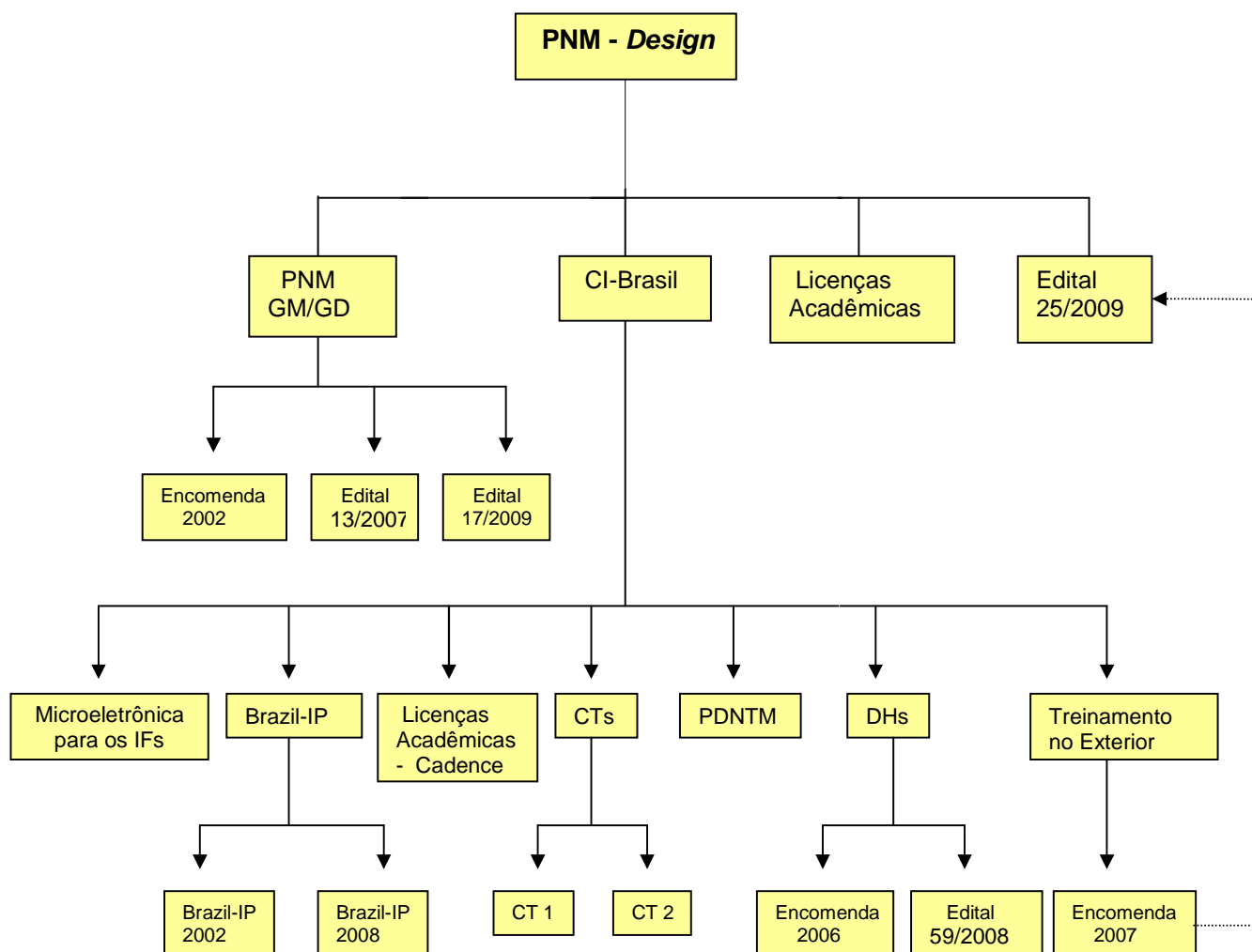


Gráfico 3 – Organograma do PNM-Design

3.1.1 PNM – GM/GD (Mestrado e Doutorado no País)

É uma ação da área de microeletrônica voltada para a formação e capacitação de recursos humanos em nível de pós-graduação. Por tratar-se de uma ação de formação de longo prazo, uma valiação mais apurada só poderá ser feita após o término do Edital PNM 13/2007, quando os bolsistas de doutorado terão efetivamente encerrado o seu tempo de bolsa, o que se dará até 2011. No momento é possível contabilizar apenas o resultado da encomenda de 2002. Dos 110 bolsistas que obtiveram bolsa de doutorado, 57 finalizaram, 39 estão em curso, 1 desistiu e 13 não foi possível localizá-los. Cumpre destacar que o método utilizado nesta pesquisa foi capaz de identificar 41% de ex-bolsistas de doutorado do PNM e que o critério sugerido foi capaz de mapear 26% dos bolsistas que eram do PNM e que não haviam se declarado como sendo da área de microeletrônica anteriormente.

Paralelamente a essa ação, outras se seguiram e outras estão em fase de implementação, destacando-se as ações do Brazil-IP, CI-Brasil, Centros de Treinamentos (1 e

2), Edital 59/2008, Treinamento de RHs no exterior, Microeletrônica para os IFETs cuja análise apresenta-se a seguir.

3.1.2 Brazil-IP

O Brazil-IP teve como objetivo atrair e formar recursos humanos em nível de graduação. Esta ação capacitou nos últimos 8 anos (2002-2009), 371 alunos, a um custo total em torno de 5 milhões de reais.

Esta ação proporcionou, além da capacitação dos bolsistas, o desenvolvimento dos *chips* MP3; 8051 e MPEG4 que obtiveram prêmios no exterior, bem como a interação de pesquisadores e instituições que não se encontravam inseridos em redes acadêmicas da área. Atualmente, 7 bolsistas do BRAZIL-IP são bolsistas de pós-graduação e 26 foram absorvidos pelas DHs do Programa CI-Brasil. No âmbito do Brazil-IP encontram-se em andamento 18 projetos em 16 instituições distintas, conforme Tabela 6:

INSTITUIÇÃO	PROJETO
UFPE	Projeto de um IP-cores <i>Multichannel Buffered Serial Port (McBSP)</i>
UFPA	Controlador programável de motor de passo
UFS	Desenvolvimento do módulo transmissor HDMI
UFPB	IP cores para compressão sem perdas de sinais biológicos e imagens médicas
UFCG	Módulo IP-cores para verificação automática de identidade vocal
UNIPAMPA	Projeto de uma unidade aritmética em ponto flutuante padrão IEEE-754
UNIVALI	IP de interface LIN escravo para sub-redes automotivas
UFRN	Conversor analógico-digital
UNESP	Desenvolvimento de módulo de processamento para filtragem digital de imagens em tempo teal
UNICAMP	Formação de recursos humanos em projeto de circuitos eletrônicos digitais e IP-cores
UFC	CPU com suporte a IEEE 1149.1 e <i>On-chip debug</i>
UEFS	Decodificador de áudio MPEG-2 AAC-LC
UFSC	Desenvolvimento de IP-cores para sistemas de radiofreqüência
UFSC	DCT-2D: Projeto e prototipação de um IP-cores para codificação de imagens em formato JPEG
UFSM	Amplificadores com ajuste digital de parâmetros
UFSM	Implementação <i>Fullduplex</i> do protocolo IPv4 (<i>Internet Protocol version 4</i>) em circuito integrado
UNIFEI	Desenvolvimento de um IP-Cores leitor de memória
UFMT	Projeto de um IP-Cores <i>USB-Client 2.0</i>

Tabela 6 – Projetos do Brazil-IP
Nota: Tabela elaborada pela autora.

Ao observar a abrangência regional do PNM e do Brazil-IP verificou-se que as ações do Brazil-IP foram mais abrangentes do que as do PNM, observando-se também que ambas não conseguiram incorporar a região Norte como parte integrante de um sistema de treinamento e capacitação de recursos humanos para a área.

A Figura 6, abaixo, auxilia a visualizar a expansão regional do Programa Brazil-IP (2002 e 2008) e do PNM - 2007⁶⁰:

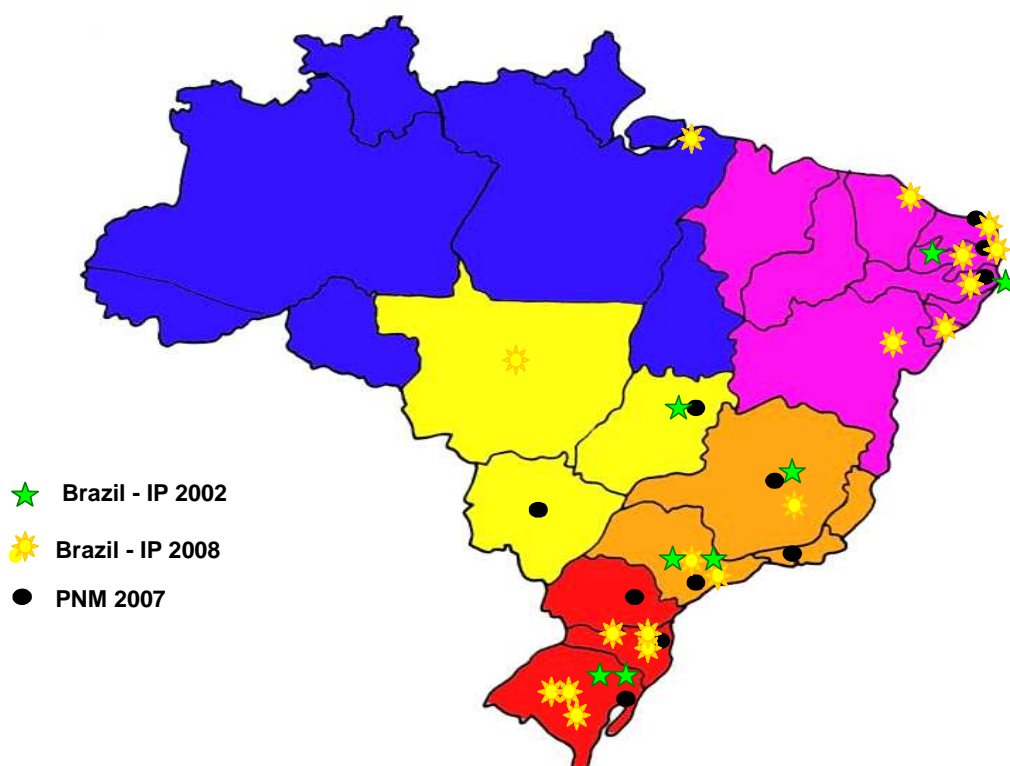


Figura 6 - Mapa comparativo Brazil IP 2002, 2008 e PNM 2007

Como indicador de sucesso desta ação, duas das cinco DHs comerciais do Edital 59/2008 têm como fundadores egressos do Brazil-IP. Apesar do êxito dos programas, depreende-se do mapa acima que ainda há a necessidade de se formular ações diferenciadas que integrem, particularmente, a região Norte aos programas em desenvolvimento para impulsionar a microeletrônica no país. Entre outras razões, esta necessidade se justifica pelo fato de existir um importante pólo de produtos eletrônicos situado na Zona Franca de Manaus.

⁶⁰ Mapa elaborado por Karol Maia, Analista em C&T do CNPq, apresentado no dia 04 de julho de 2009, em evento realizado na própria sede do CNPq.

3.1.3 Edital 59/2008

Esta ação encontra-se em andamento, não sendo possível avaliar integralmente seus resultados. Destaca-se, contudo, que das instituições que tiveram seus projetos aprovados no âmbito desse edital a maioria apresenta vínculo com ações governamentais para estimular o setor de semicondutores no país, conforme resumido na Tabela 7:

NOME DO PROJETO	OBSERVAÇÕES
<i>Freescale</i> Semicondutores Brasil	Participa das ações referentes aos Centros de Treinamentos e ao Programa CI-Brasil.
NIMETEC – Associação Núcleo Interdepartamental de Microeletrônica	Possui em sua equipe ex-bolsista do Programa CI-Brasil e entre os colaboradores, há 2 coordenadores de projetos do Brazil-IP.
DH-BH - <i>Design House</i> de Belo Horizonte	Possui em sua equipe ex-bolsista do Programa CI-Brasil
CDT/UnB	Possui em sua equipe um dos redatores da proposta do Livro Verde de Microeletrônica
Idea! Sistemas Eletrônicos	O coordenador participou do Projeto Brazil-IP, além de possuir ex-bolsistas do Brazil-IP e dos centros de treinamentos
<i>SiliconReef</i>	A coordenadora é egressa do Brazil-IP e do Programa CI-Brasil, tendo participado do edital PDNTM (Edital MCT/CNPq nº 11/2007 – Extensão Inovadora 2007), além de ter como sócio e membros de sua equipe ex-bolsistas do CI-Brasil.
ExcelChip Sistemas Eletrônicos	O coordenador é ex-bolsista do CI-Brasil no LSI-TEC.
FATECIENS/RS – Fundação de Apoio à Tecnologia e Ciência/RS	Alguns dos colaboradores eram bolsistas do CEITEC. Teve projeto aprovado no edital FINEP/2005 e o coordenador também é coordenador de projeto no Brazil-IP.
Chipus Microeletrônica Serviços de Engenharia Elétrica	O coordenador é ex bolsista do CI-Brasil no CEITEC.

Tabela 7 – Projetos do Edital 59/2008 com vínculo em outras ações
NOTA: Elaborado pela autora.

3.1.4 Encomenda CI-Brasil

Configura ação encomendada pelo MCT ao CNPq, contando, em março/2010, com 158 bolsistas que estão desenvolvendo projetos de *chips* em DHs do programa. Dos bolsistas que encerraram suas bolsas, alguns montaram novas empresas (vide tabela 7) para trabalhar em nichos de mercado da área de microeletrônica ou estão em empresas do setor de semicondutores.

3.1.5 Centros de Treinamento (CTs)

O objetivo principal dos Centros de Treinamentos tem sido de acelerar a capacitação de recursos humanos para a área de microeletrônica. Esses Centros surgiram para dar suporte ao programa CI-Brasil na etapa de treinamento, por meio de cursos e estágios para bolsistas recém graduados ou pós-graduados, com interesse em ingressar na área de projeto de *chip*. De 2008 até 2009 foram capacitados 458 alunos nos CTs 1 e 2, a um investimento total realizado no valor de R\$ 5.186.410,45.

3.1.6 Edital 25/2009

Tem como objetivo apoiar a realização de treinamento de graduandos, graduados e pós-graduados, nas áreas de projeto e processo de fabricação de circuitos integrados, em cooperação com instituições nacionais ou estrangeiras visando complementar a formação de especialistas que atuam em semicondutores e microeletrônica⁶¹. Este edital ainda encontra-se em fase de implementação, não sendo possível quantificar ou qualificar qualquer resultado.

3.1.7 Disseminação de Tecnologias Modernas de Microeletrônica e Circuitos Embarcados para a Rede de Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia - IFs

Tem como principais objetivos: a) construir uma versão piloto de um portal que servirá de referência na divulgação e disseminação de tecnologias em microeletrônica, com foco em dispositivos reconfiguráveis; b) desenvolver e produzir materiais didáticos para treinamento de professores que atuarão na disseminação das tecnologias assimiladas e para os públicos-alvo do portal; c) preparar curso básico de lógica programável em suas versões presencial e virtual para professores de ensino técnico (médio) e tecnológico (superior); e d) criar um laboratório de disseminação de lógica programável e sistemas embarcados, com o modelo básico de tutor com monitores e equipamentos suficientes para a criação de um ambiente de discussão de projetos, invenções e idéias com base em métodos e técnicas de lógica programável e dispositivos reconfiguráveis. Esta ação ainda está em fase de implementação pelo CNPq.

3.1.8 Edital 14/2007 - PDNTM

Trata-se de Edital lançado pelo CNPq com o objetivo de o financiar planos de viabilidade técnica e comercial de produtos ou processos para empresas da área de semicondutores. Como exemplos de resultados deste edital, dois de seus participantes tiveram projetos

⁶¹ <http://www.cnpq.br/editais/ct/encerrados.htm>, acessado em 03 de março de 2010.

aprovados no edital 59/2008, pelas empresas *Chipus* e *DH-BH* e o fato da empresa *Siliconreef* ter sido concebida com base no plano de negócios montado nesse edital.

3.1.9 Estágio na França – ST *Microelettronics*

Outra ação conduzida pelo CNPq teve como objetivo o treinamento em microeletrônica, de bolsistas das DHs em Centros de Excelência na França. Dos 12 bolsistas que participaram do programa de estágio no exterior, 10 estão trabalhando efetivamente no desenvolvimento de *chips* em DHs brasileiras ou em empresas da área que se encontram instaladas no Brasil e um dos bolsistas foi aprovado em concurso para Professor Auxiliar em uma universidade federal na área de engenharia.

Em razão da existência de um insipiente sistema integrado de acompanhamento e avaliação das ações relacionadas ao desenvolvimento do setor de semicondutores no Brasil, podem-se apenas contabilizar dados quantitativos, ficando prejudicada uma análise mais consubstanciada e qualitativa dos resultados obtidos pelas políticas públicas nos últimos 8 anos para o setor.

As ações fomentadas por essas políticas públicas foram no sentido de dar suporte à área, para que ela possa solidificar-se, crescer e futuramente promover inovações, não apenas em microeletrônica, mas em diversas cadeias produtivas que dependam direta ou indiretamente de circuitos integrados para viabilizar a sua expansão.

Neste sentido, há a percepção de que existe realmente a vontade política em impulsionar o desenvolvimento do setor e de que o País pode estar começando a estruturar ações que viabilizem a mudança de seu desempenho, ainda passivo, para atuar de maneira mais ativa frente ao mercado, buscando um papel de protagonista. Essa impressão é ratificada em entrevistas⁶² com participantes de diversos segmentos importantes do setor de semicondutores.

Para tentar compreender qual a percepção que alguns atores têm em relação ao futuro da microeletrônica no Brasil, procurou-se realizar entrevistas com os seguintes representantes do setor: um membro do Governo, representado pelo Sr. Henrique Miguel - Coordenador-Geral de Microeletrônica – SEPIN/MCT, que tem o papel de definir e promover as políticas públicas para o setor; Sr. Armando Gomes – Diretor-Geral da *Freescale* Brasil, empresa multinacional atuante no setor; Sra. Marília Lima – CEO da empresa *Siliconreef*, empresa *start-up* de uma DH financiada pelo Programa CI-Brasil que foi criada a partir das políticas públicas voltadas para o desenvolvimento da microeletrônica; Dr. Nilton Itiro Morimoto – Presidente da Sociedade

⁶² As entrevistas encontram-se anexas a esta dissertação.

Brasileira de Microeletrônica – SBMICRO, que tem como papel incentivar a comunidade científica e empresarial para os desafios da área, bem como contribuir com o governo na realização de estudos prospectivos da área; e Dra Edelweis Helena Garcez Ritt - Diretora Presidente Interina da associação sem fins lucrativos CEITEC, que foi o embrião da Empresa Pública CEITEC S.A.

Na entrevista com o Diretor-Geral da *Freescale* do Brasil ganha destaque a referência feita às políticas públicas recentes para o setor de microeletrônica no país, que apesar das restrições apontadas (desencontro entre agências do governo, execução e condução da política e suas ações de forma fragmentada etc.), segundo o entrevistado, “*esta administração fez coisas muito positivas para a microeletrônica*”. Há o reconhecimento de que o governo está tentando, mesmo que de forma ainda pouco estruturada, prover o país de infraestrutura necessária ao desenvolvimento do setor.

Já as respostas do representante do Ministério de Ciência e Tecnologia permitiram um breve, todavia importante diagnóstico do setor da microeletrônica no Brasil, a partir da análise das políticas públicas em desenvolvimento. Cabe destacar, nas respostas dadas pelo entrevistado, a menção feita de que “*os resultados do Programa CI-Brasil foram positivos principalmente pelo interesse e participação demonstrado pelas comunidades acadêmica e empresarial*”. Esse talvez seja um passo fundamental na consolidação de um efetivo *Sistema Setorial de Aprendizado Ativo* para o setor de semicondutores no país. Por fim, merece referência na entrevista a resposta dada em relação à *criação da empresa pública CEITEC*, que como espera o entrevistado, seja “*uma DH com mais de 100 projetistas, inserida no mercado internacional de semicondutores, com parceiros fortes e, na medida do possível, permitindo participação de capital nacional e internacional.*”

Na entrevista com a CEO da empresa *Siliconreef* destaca-se o interesse dado pela empresa aos “*incentivos públicos*”, que pela natureza das respostas podem ser entendidos como importantes elementos para a dinamização da ação privada, e isso pode ser interpretado como um indicador da eficácia buscada pelas atuais políticas públicas. A entrevistada destaca um conjunto de órgãos públicos (*FINEP, CNPq, BNDES*) responsáveis por tais incentivos. Mas inegavelmente a referência ao objetivo da *Siliconreef* é o que se pode considerar de inovador e de grande relevo: “*Colocar o Brasil como desenvolvedor de tecnologia de ponta e desenvolver tecnologia verde que gere sustentabilidade. O foco da gente hoje é energy harvesting, tirar energia do meio e produzir energia elétrica para os dispositivos eletrônicos, como por exemplo, energias solar, térmica e vibração*”.

Por outro lado, destaca-se também o fato de que a estratégia de negócios da empresa é “*ser incorporada por uma empresa maior. O modelo de negócios é vender propriedade intelectual*”. O governo brasileiro tem investido na implantação de DHs para gerar competência, inovação e lucro para o país. Quando se opta por vender a propriedade intelectual, o que provavelmente ocorrerá para empresas multinacionais do setor, fica o problema de como salvaguardar o investimento público.

Na entrevista realizada com o Presidente da Sociedade Brasileira de Microeletrônica – SBMICRO, a sua primeira referência diz respeito ao *Plano Nacional de Microeletrônica*, que segundo ele vem “*criando sinergia entre os grupos de P&D nas diversas áreas de pesquisa, com a finalidade de estabelecer metas conjuntas para o desenvolvimento tecnológico*” do país. Interessante aspecto conceitual é revelado pelo entrevistado ao discorrer sobre a eterna dicotomia ciência e tecnologia, quando ele afirma: “*A microeletrônica é utilizada como MEIO para a inovação nos mais diversos setores da economia. Ela em si promove mais desenvolvimento tecnológico do que inovação em microeletrônica*”. É relevante a afirmação do entrevistado: “*a SBMICRO julga serem adequadas as políticas públicas adotadas até o momento para o desenvolvimento do setor de microeletrônica no País considerando tanto o momento histórico, quanto o econômico pelo qual o Brasil está passando*” e “*As políticas públicas para o setor de microeletrônica eram praticamente inexistentes até alguns anos atrás. A criação da PITCE inseriu a área de microeletrônica novamente na pauta de prioridades do Governo Federal. Diria até que colocou todas as áreas de desenvolvimento científico e tecnológico na pauta de prioridade do governo.*”

A entrevista com a Diretora Presidente Interina da associação sem fins lucrativos CEITEC corrobora o aspecto positivo das políticas públicas em desenvolvimento neste momento no Brasil. Pergunta relativa à percepção da entrevistada em relação às políticas públicas para o setor de semicondutores no Brasil, obteve uma resposta direta: “*Positiva*”, tendo ressaltado, no entanto, que apesar do setor de semicondutores exigir agilidade, tais políticas ainda se caracterizam por certa lentidão na sua implementação. A respeito de um Sistema Setorial de Inovação para Semicondutores no Brasil, a resposta dada foi a que esse sistema vem se estruturando “*devagar*”, mas certamente encontra-se em estruturação.

Após observar as respostas às entrevistas, percebe-se que apesar dos problemas encontrados em relação à crise econômica mundial, que afetou principalmente empresas internacionais que desenvolviam projetos no país ou utilizavam a expertise brasileira em projetos de circuitos integrados, é factível afirmar que há uma expectativa de que o ano de 2010 e os próximos anos sejam positivos para a área de microeletrônica, com a possibilidade de

crescimento neste setor. Isso vai requerer recursos humanos qualificados e em quantidade suficiente para atender demandas por projetos de CIs, o que pode ser uma oportunidade para o Brasil, já que este se encontra em fase de estruturar a sua capacidade tecnológica e produtiva.

Conforme explicitado nas entrevistas, existe a percepção de que as políticas públicas encontram-se adequadamente orientadas no sentido de inserir o Brasil em um patamar mais competitivo para o setor de semicondutores. Entretanto, de acordo com as respostas apresentadas, constatou-se que as diversas ações implementadas ainda não conseguiram viabilizar a interação fundamental entre os atores envolvidos para que atuem em sinergia. Percebe-se o início de uma cooperação entre o Governo e a iniciativa privada e o Governo e a academia, faltando uma melhor interação entre os três atores: Governo, iniciativa privada e academia.

Acrescenta-se a isso o fato de que, apesar dos esforços governamentais para investir na área, ainda serão necessárias políticas públicas de forte impacto para acelerar a passagem do País de um aprendiz passivo para um ativo e posteriormente para um participante de impacto no mercado mundial.

Aplicando ao setor de semicondutores a definição de um sistema nacional de inovação, conforme descrito por Viotti (2004), conclui-se que o Brasil não está inserido em um Sistema Nacional de Inovação (SNI), mas sim que está se constituindo aqui um sistema de aprendizado ativo para o setor de semicondutores. Segundo o autor, para estar inserido em um SNI, o País deveria ter conhecimento, competência, infraestrutura tecnológica e de recursos humanos, forte capacidade de investimento, sinergia entre os principais atores envolvidos no processo, além de todo um aparato gerencial e jurídico voltado para a inovação.

Apesar de no País existir conhecimento e competência acadêmica, estes recursos ainda são utilizados de forma fragmentada e muitas vezes isoladas. As políticas públicas implementadas ainda não foram suficientes para estimular a necessária interação nacional entre todos os atores envolvidos no processo de inovação, quando comparado a países que já se encontram inseridos em um SNI. O Brasil ainda tem problemas relacionados à baixa capacidade de investimentos pelo Governo e iniciativa privada, em pesquisa e desenvolvimento que gerem inovação para o setor de semicondutores, bem como a elaboração de uma infraestrutura tecnológica e de investimento privado que permita ao País avançar rápida e consistentemente para um Sistema Nacional de Inovação.

Neste sentido, existe sim o esforço deliberado do governo para absorver e dominar a tecnologia de semicondutores, além disso, estão sendo desenvolvidas as capacidades no

aperfeiçoamento que vão além das necessárias às de produzir, podendo vir a gerar inovação que é um dos elementos principais para ganho de competitividade.

As políticas públicas desde 2002 são no sentido de capacitar o país e prover infraestrutura tecnológica e de gestão, além de aparato jurídico e incentivos fiscais que possam viabilizar o desenvolvimento do setor. O investimento na área está acontecendo conforme demonstrado no capítulo anterior, por meio de capacitação científica e tecnológica, troca de experiências com instituições estrangeiras e aplicação de subsídios para estimular à produção. Além disso, está se estruturando no País um mercado interno que permite a implantação de novos nichos para o setor.

Persiste no país ainda a necessidade de mobilizar os atores no sentido de trabalharem de forma concatenada e, além disso, existem problemas relacionados à abrangência dos programas e das leis de incentivo, bem como a fragmentação das ações políticas distribuídas entre vários órgãos governamentais, o que contribui para que os atores sintam-se desestimulados em função de burocracias internas de cada instituição. Por parte do Governo, surge como necessária, e de certa forma urgente, a implementação de um efetivo monitoramento da execução das ações implantadas e em desenvolvimento (a chamada *avaliação durante*), que possa servir de suporte para a tomada de decisões de continuidade ou alteração/reestruturação das ações em execução, bem como o aperfeiçoamento das ações de gerenciamento integrado possibilitando uma gestão mais eficiente dos recursos públicos.

De acordo com as percepções e constatações expostas, o Brasil ainda tem muito que fazer para inserir-se em um Sistema Nacional ou Setorial de Inovação. Podendo, no momento, encontrar-se em um estágio inicial de um Sistema Setorial de Aprendizado Ativo para o setor de semicondutores.

3.2 Sistema de Aprendizado Ativo

VIOTTI (2002) argumenta que a mudança técnica é fator crucial para o crescimento e desenvolvimento de uma economia. Além disso, o autor observa que o processo de mudança técnica e sua absorção em países que apresentam industrialização tardia é essencialmente a estratégia utilizada para estimular o processo de aprendizagem na absorção de tecnologia externa para produzir (ou não) inovação.

Para isso, a estratégia a ser desenvolvida pode ser focada no tipo de aprendizado que cada país (ou empresa, região etc) adota. Em um *aprendizado ativo*, o país (ou empresa, região etc) absorve técnicas já existentes, busca apreendê-las e a partir deste passo produz melhorias que podem até mesmo levar a inovações sejam elas incrementais ou radicais.

Os investimentos em projetos, equipamentos e tecnologias passam gradualmente para o controle da empresa, esta de fato o *locus* da inovação. O desenvolvimento de produtos ou processos se dá, por exemplo, por meio da imitação, engenharia reversa ou a partir de cópia. Nesse processo há investimento em P&D local, adaptação da infraestrutura para promover inovações, o que pode viabilizar a geração de inovações.

Já a estratégia adotada no *aprendizado passivo* caracteriza-se pela absorção passiva de tecnologia, principalmente na capacidade de produção por meio de licenciamento tecnológico e investimentos em projetos que já vêm para o país estruturados em um modelo externo. Normalmente não há transferência de tecnologia e os equipamentos são adquiridos em contratos “casados” com a assistência técnica do fornecedor, que quase sempre significam “pacotes tecnológicos” fechados.

É possível, então, afirmar que no Brasil a estratégia adotada inicialmente foi a de aprendizado passivo, principalmente após a criação da Zona Franca de Manaus (1967) e a plena abertura comercial do Governo Collor (1990). Isso ocorreu no primeiro momento, com a redução tributária do custo de componentes microeletrônicos importados, a falta de políticas públicas que investissem na produção local de componentes semicondutores com custos vantajosos para a indústria localizada no pólo industrial e a importação de “kits” desmontados para a simples montagem de produtos finais, sem a absorção da tecnologia inserida nesses *kits*.

Posteriormente, verificou-se que a abertura comercial realizada foi feita rápida e desestruturadamente, sem as condições adequadas de adaptação à nova realidade pela indústria brasileira. Tudo isso contribuiu para a desestabilização da microeletrônica cuja estratégia adotada foi de aquisição das tecnologias, sem a sua efetiva absorção.

Atualmente, à luz das novas políticas públicas, a percepção dos atores do setor de semicondutores é de que o país ainda está longe de possuir um Sistema Nacional ou Setorial de Inovação, mas, mesmo que ainda em estágio embrionário, as estratégias adotadas no momento, particularmente na última década, podem viabilizar a criação no país de um Sistema Setorial de Aprendizado Ativo.

Para tentar inserir o conceito de Sistema Setorial de Aprendizado Ativo, cumpre definir Sistemas Setoriais de Inovação utilizados neste trabalho. O conceito adotado é o apresentado por FREIRE (2002 *apud* Santa Rita, Paula e Viana Filho, p. 609), que define Sistemas Setoriais de Inovação como uma rede de agentes que interagem em uma área tecnológica específica, objetivando gerar, difundir e utilizar tecnologias, dando ênfase nas relações sistêmicas para a absorção de conhecimentos concernentes à inovação. Nessa perspectiva, os Sistemas

Setoriais de Inovação atuam de forma a integrar determinado setor com seus agentes, sejam eles individuais ou institucionais, propiciando a troca de conhecimento e informações que permitam agilizar a inserção no mercado de algum produto ou processo, com a finalidade de obter maiores lucros. Mesmo que o Brasil seja inovador em determinados nichos setoriais como, por exemplo, o do petróleo e da aviação, para a área de microeletrônica o País encontra-se ainda em estágio embrionário para o aprendizado ativo no setor conforme será demonstrado a seguir.

3.3 O Sistema Setorial de Inovação em Semicondutores no Brasil

Apesar dos resultados obtidos nos últimos 8 anos, que efetivamente podem ser considerados positivos, observou-se que a despeito desses esforços, o País ainda não consolidou internamente o que poder-se-ia denominar de um *sistema setorial de inovação* para a área. Para que assim fosse, seria de se supor que os atores do setor atuassem de forma sinérgica e integrada, viabilizando uma efetiva troca de conhecimentos e informações capaz de agilizar e solidificar sua inserção em um determinado nicho de mercado mundial.

A despeito dos esforços até aqui despendidos, os atores do setor de semicondutores ainda trabalham de forma isolada ou em pequenos grupos conforme se analisa no Capítulo IV. Além disso, falta ao país consolidar uma infraestrutura logística de comércio exterior ágil, que permita o desembaraço alfandegário no menor tempo possível, bem como leis que estimulem a criação ou solidificação de empresas locais, e estratégias que permitam a instalação de empresas multi e transnacionais no Brasil juntamente com seus centros de P&D. A despeito da polêmica que reside em torno dos méritos deste tipo de alternativa econômica e tecnológica, entende-se nesta dissertação que a possível entrada de empresas estrangeiras no País deverá estar acompanhada de fortes investimentos nacionais destinados ao desenvolvimento endógeno da microeletrônica, de forma a buscar ganhos em uma possível sinergia entre essas frentes de ação.

Por volta da década de 1950, o Brasil e a Coréia do Sul encontravam-se em patamares próximos de desenvolvimento tecnológico, entretanto, a partir da década de 1980, os dois países tiveram trajetórias diferentes. O Brasil, por estratégia política naquele momento, optou por uma trajetória tecnológica voltada para o aprendizado passivo e a Coréia do Sul, pelo aprendizado ativo. Isso refletiu nas décadas seguintes, para um rápido crescimento para a Coréia do Sul, enquanto o Brasil perdeu o dinamismo de sua economia, demonstrando taxa de crescimento lento.

Ao comparar a renda *per capita*⁶³ da Coréia do Sul e do Brasil, com a dos Estados Unidos, no período de 1950 a 2002, observou-se que a Coréia do Sul obteve maior crescimento de sua renda, passando de 8.0% em 1950 para 54,4% em 2002 da renda *per capita* dos EUA. Já o Brasil representava 17.5% em 1950 e subiu para 19,3% em 2002.

Essa diferença se deve às estratégias diferenciadas de desenvolvimento adotadas pelos dois países. Atualmente, para a área de microeletrônica, as políticas públicas em desenvolvimento no Brasil procuram inserir e levar o setor a um patamar mais competitivo, mas é fato que tais ações ainda estão aquém das políticas implementadas em países já solidificados no setor. Além disso, persiste a preocupação com a possível descontinuidade das ações hoje em andamento, visto que a partir de 2011 haverá mudança política em nível federal, resultado das eleições presidenciais marcadas para 03 de outubro de 2010. Essa preocupação tem fundamento, pois, ao se observar a história recente, o Brasil experimentou políticas que oscilavam entre estruturar o seu pátio industrial ou absorver tecnologias externas, sem, contudo, desenvolver a capacidade de P&D local que poderia promover a absorção de um aprendizado mais ativo para o setor de semicondutores. A estratégia de desenvolvimento tecnológico adotada em alguns momentos baseou-se em atrair investimento externo para modernizar o parque industrial como forma de inserir-se na economia mundial. Isso, contudo, não ampliou a capacitação tecnológica nacional neste setor e nem mesmo elevou o Brasil à condição de ser um ator global.

A hipótese aqui defendida é de que existe a possibilidade de se configurar no país um *Sistema Nacional de Aprendizado Ativo* para o setor de semicondutores. Tal afirmação se baseia nos argumentos de que está se articulando no País um esforço de aprendizagem para além das capacidades de produzir, com a incorporação de estratégias que visem o desenvolvimento da capacidade técnica e produtiva do setor. Além disso, existe o fato de que o setor de semicondutores está inserido nas políticas públicas atuais como estratégico para o desenvolvimento do País, recebendo atenção diferenciada de outros segmentos. Essa hipótese corrobora a percepção dos atores participantes nas entrevistas e as ações que foram implementadas pelas políticas públicas para a área.

Partindo dessa premissa, pergunta-se: é possível otimizar as iniciativas governamentais? Para isso, é necessário que o Estado esteja munido de dados que possam subsidiá-lo no sentido de otimizar as políticas públicas para o setor. Com base disso, presumindo que os doutores são a base para a inovação e formação de recursos humanos e que a pós-graduação

⁶³ Viotti, E. B. *Technological Learning Systems, Competitiveness and Development*. Texto para Discussão Nº 1057, IPEA. Brasília, 2004, p. 22.

é um importante instrumento para a produção e geração de novas pesquisas, este trabalho se propôs a mapear a área de microeletrônica no Brasil, que nesta nova economia detém um importante papel para acelerar e potencializar a inserção brasileira no mercado mundial, buscando identificar e caracterizar a base intelectual com potencial para otimizar as políticas públicas voltadas para a geração local de inovação.

No capítulo IV procura-se analisar como está configurada a rede social e onde estão instalados os *clusters* do setor de microeletrônica. A opção pelo mapeamento de doutores encontra justificativa no fato de que são eles, inicialmente, os formadores de recursos humanos altamente qualificados no País, bem como em boa medida são eles os atores que podem possibilitar a geração de inovação endógena, particularmente na área aqui estudada.

CAPÍTULO IV

Este capítulo aborda os procedimentos metodológicos para prospectar e analisar dados referentes ao perfil de doutores da área de microeletrônica (ME) cadastrados na Plataforma Lattes do CNPq. Também se destacam aqui alguns resultados obtidos por meio da análise da rede social de microeletrônica no Brasil.

4 Metodologia Utilizada⁶⁴ e Resultados Alcançados

Inicialmente, será realizado um breve relato sobre a Plataforma Lattes como ferramenta utilizada para a prospecção de dados e, posteriormente, será abordada a metodologia utilizada para o mapeamento dos doutores de ME. Por fim, será analisada a rede de pesquisadores desta área.

4.1 Plataforma Lattes

Com o crescente acúmulo de dados e informações pulverizadas em meio à multiplicidade de formulários, surgiu a necessidade de integrar e padronizar todo esse conteúdo como forma de oferecer um cadastro centralizado para registrar as qualificações dos recursos humanos que solicitavam verbas públicas para a execução de projetos, além de proporcionar à comunidade científica e tecnológica acesso a informações referentes à produção científica nacional.

Para essa finalidade, em 1989, o CNPq iniciou um esforço para promover o processo de substituição de formulários de papel, já vislumbrando a possibilidade de atualizar e integrar as informações antes espalhadas pelo Conselho. Foram encaminhados pelo correio cerca de 15.000 formulários para que os bolsistas pudessem atualizar seus dados, culminando na criação de um protótipo do Diretório de Grupos de Pesquisa no Brasil que foi a primeira forma digital de registro de currículos, e o Sistema BCurr que era uma cópia eletrônica do formulário 168 (utilizado na época) que substituíu o papel pelo disquete.

Com o objetivo de apoiar o ensino à distância no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, em 1995, seis estudantes de pós-graduação da Universidade Federal de Santa Catarina formaram o Grupo Stela que construiu uma plataforma de informações acadêmica que acabou sendo o embrião para o desenvolvimento da Plataforma *Lattes* (PL). Esta plataforma foi uma homenagem ao físico *Cesare Mansueto Giulio Lattes* que liderou o grupo científico que criou o CBPF – Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, além de um

⁶⁴ A implementação informatizada da metodologia utilizada para a captação dos doutores da área de microeletrônica foi desenvolvida por Jörg Bliesener para este trabalho.

laboratório para estudos de interações e altas energias na radiação cósmica na Universidade de São Paulo e ainda teve atuação importante na criação do CNPq (PINTO, 2007).

Hoje, a PL passou a ser uma referência nacional de currículos, instituições e portais *Web* das áreas de C&T, integradas em um único sistema de informação. Em fevereiro de 2010, a base da Plataforma Lattes contabilizava 1.500.000 currículos, sendo 120.000 (8%) destes currículos de doutores⁶⁵. Possuía o registro de cerca de 4.000 instituições no país, distribuídas entre os setores de ensino, empresarial, privado, sem fins lucrativos e governo. Além disso, a plataforma está integrada a outras bases de dados, como a SciELO, a SCOPUS, o *Journal Citation Report* e o *Web of Knowledge* do ISI, a LILACS, o INPI, bancos de dissertações e teses de universidades e bases de periódicos científicos por meio do DOI (*Digital Object Identifier*).

Em novembro de 2009, quando este trabalho estava em fase final de análise, uma nova versão do CV-Lattes foi lançada criando a ferramenta “Rede de Colaboração”⁶⁶, onde é possível visualizar graficamente a rede de co-autores de um dado pesquisador. Como este trabalho procura elaborar a rede de doutores da área de microeletrônica cadastrados na Plataforma Lattes, surgiu a possibilidade de comparar os dados obtidos com resultados dessa nova versão no que concerne à Rede de Colaboração. Foi obtido que pela análise desta rede que é possível identificar o subconjunto de integrantes da área de ME, conforme veremos a seguir.

4.2 Metodologia Utilizada para Mapear os Doutores que Formam a Rede de Microeletrônica no Brasil

A abordagem metodológica escolhida consistiu, inicialmente, em selecionar uma amostra de doutores cadastrados na Plataforma Lattes por meio das palavras-chave: *semicondutor*, *chip*, *cmos*, *fpga*, *circuito integrado* e *microeletrônica*. O setor de informática do CNPq disponibilizou os 1452 currículos captados em formato XML, conforme a situação em que se encontravam em 17 de julho de 2009.

Em pesquisa anterior, realizada em 2007⁶⁷ usando as palavras-chave (*microeletrônica*, *cmos*, *fpga* e *semicondutor*) diretamente na ferramenta de busca da PL, 768 currículos foram mapeados e posteriormente selecionados de acordo com as respostas dadas em questionários preenchidos pela internet. Destes, 394 se intitularam da área de microeletrônica, 158 disseram que não eram e 215 não responderam ao questionário. Esta pesquisa anterior possibilitou o

⁶⁵ CNPq lança nova versão do Currículo Lattes <http://www.cnpq.br/saladeimprensa/noticias/2009/1119c.htm>, acessado em 22 de novembro de 2009.

⁶⁶ Idem. Acessado em 22 de novembro de 2009.

⁶⁷ Neves, A. M. da S., *A Plataforma Lattes como Instrumento de Prospecção: O caso da microeletrônica*. MBA em Gestão do Conhecimento; UCB - Universidade Católica de Brasília, 2007.

confronto dos 394 currículos com os 1452 da pesquisa realizada em 2009, baseada na busca direta nos bancos de dados do CNPq. A intenção inicial era extrapolar, a partir dos dados relativamente limitados da pesquisa anterior, os integrantes da área na amostra maior. Após o cruzamento, percebeu-se que 88 currículos anteriormente identificados como pertinentes à área não foram identificados na pesquisa nos bancos de dados do setor de informática, a despeito de eles terem as palavras-chave em seus currículos e constarem da amostra validada pela pesquisa anterior. Sendo posteriormente solicitados ao setor de informática do CNPq os currículos em XML faltantes.

Como resultado da primeira fase de captação de dados do trabalho de 2009, além dos 306 doutores que constavam na pesquisa de 2007 e haviam se declarado como sendo da área de microeletrônica, foram prospectados alguns de várias outras áreas do conhecimento (ex.: odontologia, veterinária, física, química etc) que não foram objetos do presente trabalho e tiveram que ser retirados da pesquisa, em uma primeira “limpeza” dos dados.

A partir disso, foi usado como critério de extrapolação da pertinência à área, o cruzamento das co-autorias dos artigos e/ou trabalhos publicados em congressos, para com isso poder mapear a rede dos doutores de microeletrônica. Após a análise inicial dos currículos, observou-se que não seria um trabalho tão fácil, visto que a qualidade das informações era baixa porque os mesmos dados inseridos por diferentes co-autores na Plataforma Lattes eram inconsistentes, principalmente devido a erros de digitação. Por simplicidade, optou-se, em um primeiro momento, em trabalhar com artigos e retirar da amostragem os trabalhos publicados em congressos. Ao analisar as informações contidas nos currículos referentes aos artigos, foram detectados tipicamente os seguintes problemas:

- Em alguns casos era impossível para os algoritmos de busca obter o cruzamento de informações sobre um mesmo artigo informadas por pesquisadores diferentes. Por exemplo: quando se introduz algum dado referente à publicação (seja ele relacionada a artigo ou trabalho publicado) o pesquisador tem total liberdade para digitá-lo. As divergências de digitação eram percebidas ao se observarem manualmente os dados referentes a título do artigo ou trabalho, nome dos co-autores, ano, volume, nº de páginas etc.;
- Detectaram-se divergências no cruzamento de dados referentes ao nome de um co-autor tal como digitado por outro. Por exemplo: pesquisadores escreviam o nome dos co-autores de maneiras diferentes (um escreve o nome NEVES, A. M. da S., outro escreve NEVES, Ana Maria da Silva; Neves, A. M. da Silva; NEVES, A M da S), isso

impedia que os nomes fossem lidos pelo programa como sendo de uma mesma pessoa em um mesmo artigo.

Após a “limpeza” dos currículos que não faziam parte da área de microeletrônica e da detecção de possíveis problemas para a análise dos currículos, optou-se em importar algumas informações que fossem necessárias ao desenvolvimento da pesquisa, com a finalidade de tentar obter o cruzamento de dados que fossem importantes para a formatação da rede social de microeletrônica.

4.3 Importação dos Dados na Base SQL

Conforme citado anteriormente, os dados foram entregues em um CD com 1.452 arquivos em XML, acrescidos dos 88 currículos detectados na busca anterior. Cada arquivo representou o currículo de exatamente um pesquisador, com dados pessoais e de produção científica. Desses arquivos foram extraídas as seguintes informações:

- Nome completo
- Nomes em Citações
- Sexo
- Instituição de Trabalho (do endereço profissional)
- Data de nascimento
- Trabalhos em Eventos:
 - Título do trabalho
 - Ano
 - Idioma
 - Nome do Evento
 - Cidade do Evento
 - Autores
 - Nome principal
 - Nome em Citações
- Artigos:
 - Título do Artigo
 - Ano
 - Idioma
 - Título da revista

- ISSN da revista
- Volume da revista
- Série da revista
- Página inicial
- Página final
- Autores
 - Nome principal
 - Nome em Citações
- Orientações:
 - Tipo da orientação (Mestrado/Doutorado)
 - Natureza da Orientação
 - Ano da Orientação
 - Nome do Orientado

Esses dados foram gravados numa base SQL em tabelas vinculadas, conforme o seguinte modelo:

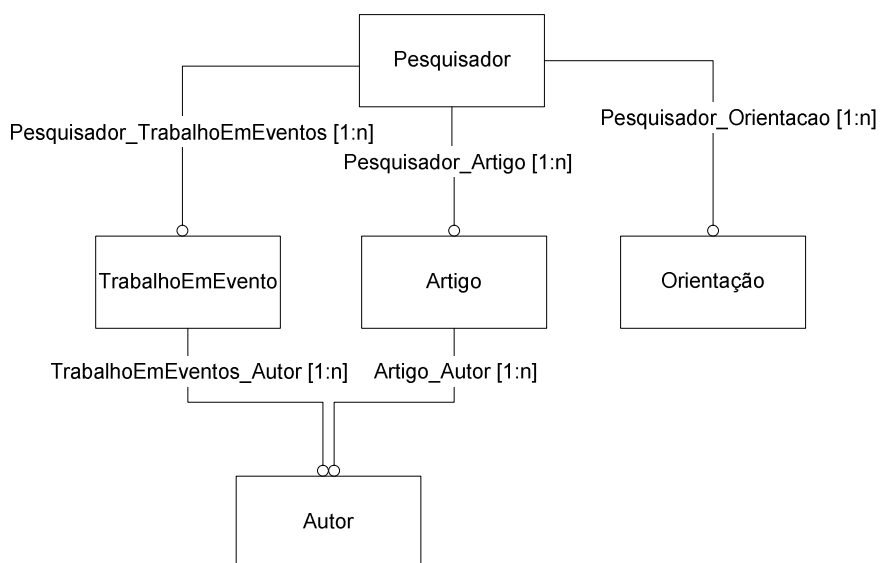


Gráfico 4 - Modelo de Dados extraídos dos Currículos Lattes, elaborado por Jörg Bliesener para este trabalho.

Para cada item do diagrama acima foram desenvolvidas tabelas diferentes. Para a tabela “pesquisador” cada doutor captado (que para efeito metodológico deste trabalho será considerado pesquisador) pela busca das palavras-chave recebeu um código identificador (id), tendo o seu currículo um outro código identificador (cvId). Essa identificação foi necessária para

diferenciar os pesquisadores e ao mesmo tempo ter um padrão que fosse lido pelo computador, já que os CPFs não foram disponibilizados nos currículos em XML, por preservação de sigilo.

Para obter o cruzamento das co-autorias dos artigos e trabalhos publicados, além das orientações de cada pesquisador, foi necessário também obter um código identificador (id) com a finalidade de padronizar os dados.

A partir disso, optou-se em proceder o cruzamento dos dados de 2009 com os dados da pesquisa realizada em 2007.

4.4 Cruzamento de Dados com a Pesquisa de 2007

A pesquisa de 2007 constituiu em extrair diretamente os nomes de pesquisadores que pudessem ser da área de microeletrônica, a partir do mecanismo de busca da própria Plataforma Lattes e, posteriormente, enviá-los para a informática do CNPq que então encaminhou os arquivos XML correspondentes. Foi então disponibilizada uma página de internet com um formulário que podia ser preenchido por cada pesquisador a partir de uma senha individual enviada por e-mail. Neste formulário, o pesquisador basicamente se identificava como sendo ou não pertinente à área de ME, identificando subáreas de trabalho. A partir dessa validação das identificações, os perfis da área puderam ser consolidados a partir dos dados extraídos dos arquivos XML. Esses dados de 2007 foram comparados com os da pesquisa do ano de 2009. Como nos dados não existe critério único que permita a identificação completa de uma pessoa (por exemplo, o CPF seria um critério assim, mas não foi disponibilizado), o cruzamento foi realizado a partir do conjunto de nome e data de nascimento. Para verificar este critério, fez-se outro cruzamento manual só pelo nome e mais um só pela data de nascimento. Incidentalmente, foi identificada uma pesquisadora que trocou o nome (possivelmente por causa de um casamento) e outro que alterou a data de nascimento entre as duas pesquisas. Desta forma, conseguiu-se vincular os currículos extraídos em 2009 com os de 2007. O que significou também recuperar para os dados de 2009 as respostas dos pesquisadores de 2007 sobre a atuação na área ou não. Além disso, foi possível comparar o resultado da busca pelas palavras-chave em 2007 com o resultado de 2009.

A pesquisa de 2009 também permitiu achar pequenos erros na anterior. Verificou-se que havia duplicata do nome de três pesquisadores. Isso quer dizer que em 2007 não foram encontrados 771, mas sim 768 doutores.

A estatística abaixo representa os dados globais avaliados na pesquisa de 2009 sem a inserção dos currículos ausentes⁶⁸:

- Quantidade de Pesquisadores: 1.540
- Quantidade de Artigos Analisados: 43.459
- Quantidade de Trabalhos em Eventos analisados: 94.068
- Quantidade de Orientações: 14.369
- Pesquisadores da área (a partir da auto-avaliação de 2007): 390
- Pesquisadores fora da área (a partir da auto-avaliação de 2007): 115
- Pesquisadores que não responderam à pesquisa de 2007: 139
- Pesquisadores que não fizeram parte da pesquisa de 2007: 896

A partir do cruzamento dos dados do trabalho de 2007 com o de 2009, somados aos resultados obtidos tentou-se identificar a co-autoria de artigos e trabalhos publicados em congressos conforme veremos a seguir.

4.5 Identificação dos Co-autores

Para se identificar os co-autores, várias abordagens foram tentadas antes de se chegar a uma metodologia satisfatória para os objetivos da pesquisa, conforme é descrito a seguir:

4.5.1 Abordagem Nomes dos Autores

A primeira tentativa de identificar os co-autores baseou-se nos nomes dos autores. Como já comentado esta intenção foi inviabilizada por causa da duplicidade dos nomes e dos erros de digitação. Mesmo considerando a informação “Nome em citações” do currículo Lattes - não foi possível identificar um co-autor com segurança - tornando a informação gravada na tabela “Autores” pouco confiável. Como informações relevantes para a identificação de co-autores sobraram apenas os dados do próprio campo de artigos ou trabalhos em evento.

4.5.2 Abordagem DOI

Esta abordagem baseia-se em um critério único de identificação de um artigo: o chamado “DOI” (*Digital Object Identifier*)⁶⁹. Entretanto, ao proceder a análise dos currículos verificou-se

⁶⁸ Para melhor entendimento, a quantidade de artigos (e de trabalhos em eventos e orientações) é aquela que consta nos currículos antes da análise de duplicados e/ou co-autores. Exemplo: Pesquisador A tem 10 Artigos, Pesquisador B tem 15, soma = 25. Não importa quantos os dois fizeram juntos. Se o mesmo artigo constou em dois currículos, inicialmente contou-se duas vezes.

que pouquíssimos artigos possuíam este identificador. Assim, apenas as informações fornecidas pelos pesquisadores, principalmente o título do trabalho ou artigo, puderam ser utilizadas para identificar o mesmo artigo ou trabalho em dois currículos diferentes.

4.5.3 Abordagem Título

Ao optar pela abordagem título, observou-se uma grande variedade ortográfica, não sendo possível identificar o mesmo artigo em currículos de pesquisadores diferentes na forma exata em que foi digitado. Nos exemplos abaixo estão explicitados artigos iguais que foram digitados com alguma diferença ortográfica e por isso não foram identificados pelo programa:

título	título
<i>Effect of PbS impurity on crystallization mechanism of phosphate glasses studied by differential scanning calorimetry (DSC)</i>	<i>Effect of PbS impurity on crystallization mechanism of phosphate glasses studied by differential scanning calorimetry</i>
<i>Release profiles of morphological characterization by atomic force microscopy and photon correlation spectroscopy of 99mTechnetium-fluconazole nanocapsules</i>	<i>Release profiles and morphological characterization by atomic force microscopy and photon correlation spectroscopy of (99m)Technetium-fluconazole nanocapsules</i>
<i>HADRONIC MASS SPECTRUM ANALYSIS OF D+ ---> K- PI+ MU+ NU DECAY AND MEASUREMENT OF THE K*(892)0 MASS AND WIDTH. (letras maiúsculas, setas diferentes, parênteses, pontuação)</i>	<i>Hadronic mass spectrum analysis of D+-> K-pi(+)mu(+)v decay and measurement of the K*(892)(0) mass and width</i>
<i>Investigation Of The Debye Temperature And Optical Potential Of The Cdte(110) And Insb(110) Surfaces By Leed</i>	<i>Invetigation Of The Debye Temperature And Optical Potential Of The CdTe(110) And InSb(110) Surfaces By LEED</i>

Tabela 8 - Divergências encontradas na maneira de registrar o título de vários artigos

A abordagem Título não foi suficiente para detectar títulos iguais, escritos de maneiras um pouco diferentes. Tornou-se necessário adotar um algoritmo que permitisse a identificação de textos semelhantes.

⁶⁹ Referência: <http://www.doi.org>, acessado em 03 de novembro de 2010

4.5.4 Abordagem Soundex

A próxima tentativa foi então baseada no algoritmo “Soundex”⁷⁰, que transforma um texto em uma sequência de fonemas. Textos que têm o mesmo “som” são representados pela mesma sequência de fonemas. Para cada título de um Artigo ou Trabalho em Evento foi calculado o código *Soundex*. Àqueles que possuísem o mesmo código *Soundex* foram considerados iguais. Este algoritmo introduziu algumas desvantagens:

- Alguns falsos positivos (não mensurados) e
- O algoritmo foi desenvolvido para o idioma Inglês trazendo resultados muito inferiores se o texto for em outros idiomas

Fez-se uma avaliação da qualidade do algoritmo: Escolheu-se uma amostra aleatória de dois pesquisadores. O pesquisador A enumerou 25 artigos no currículo dele, a grande maioria (22) em conjunto com o pesquisador B. Porém, o algoritmo *Soundex* identificou apenas 8 artigos em conjunto. Analisando manualmente a situação, chegou-se ao seguinte resultado:

Pesquisador A:

Artigo	Com B	Consta em B	Reconhecido	Título	títuloSoundex
13117	S	S	S	Hot Electrons in Delta-Doped GaAs(Si) Layers	H34236525343132462
10236	S	S	S	Evidence for negatively charged DX-Center in Si-doped AlGaAs from persistent photoconductivity measurements	E1352165231426232536 523134216516235313253 2313526532
20808	S	S	S	Photoexcited carriers in single-asymmetric-quantum-well structures	P32326252524253625354 2362362
14075	S	S	S	Use of DX-Center as a probe to	U2132536216132316141

⁷⁰ Referência: Patentes Números 1.261.167 do 02/04/1918 e 1.435.663 do 14/11/1922 Donald Knuth: The Art of Computer Programming, Vol. 3: Sorting and Searching, pp. 391-392

Artigo	Com B	Consta em B	Reconhecido	Titulo	tituloSoundex
				study the profile of Si impurities in planar-doped GaAs	251632514563132
124	S	S	S	Termally stimulated current spectroscopy on silicon planar-doped GaAs samples	T6542354326532123621 52425145631325142
134	S	S	S	Experimental study of negative differential conductivity in GaAs:Cr	E2165342315231316534 2532313526
16032	S	S	S	Epitaxia por feixe molecular de semicondutores III-V	E1321612542463252536 21
14921	S	S	S	O nióbio como alternativa para peças de UHV	O512543653161231
5958	S	S	N	On the built-in electric field modulation-doped GaAs/AlGaAs heterojunction and delta-doped GaAs	O5314354236214353435 31324236235343132
3077	S	S	N	Epitaxia de compostos III-V sobre substratos de silício	E1323251232121621236 323242
14920	S	S	N	Use of Niobium in the fabrication of Parts for Ultrahigh Vaccum Equipment	U2151531623516321643 621252153
14922	S	S	N	Broadening of the Si doping layer in planar-doped GaAs in the limit of high concentrations	B6352132315246514563 132534531252536352
6891	S	S	N	Observation of the negative and positive persistent photoconductivity phenomena in silicon-planar doper GaAs	O1261351352315312316 235313253231315242514 563162

Artigo	Com B	Consta em B	Reconhecido	Título	títuloSoundex
17048	S	S	N	Electro-optic recovery of photoquenching effect	E423613262161325252123
2077	S	S	N	Impurity breakdown in GaAs samples by molecular beam epitaxy	I5163162352514215424615132
19931	S	N		Medidas da resistência de contacto específica para o sistema In/GaAs	M3236235232532321212162352
14071	S	N		Crescimento e caracterização de camadas não dopadas de GaAs por MBE	C62532623623253253132321651
11281	S	N		Fotoluminescência de camadas epitaxiais de GaAs e AlGaAs dopadas com Be preparadas pela técnica de epitaxia por feixe molecular	F345252325321323242313251616321432523132161254246
14917	S	N		Efeito de fotocondutividade negativo e positivo em amostras de GaAs com dopagem planar de silício	E131325313523123152362325312514563242
9545	S	N		Crescimento e caracterização de poços quânticos e interfaces AlGaAs/GaAs/AlGaAs	C6253262362312532536124242
10226	S	N		Crescimento e caracterização de camadas epitaxiais dopadas com Be crescidas por MBE	C625326236232532132313251262321651
2061	S	N		Field enhanced trapping in deep levels by multiple phonon emission in semi-insulating GaAs	F435236152531414215431415252524352

Artigo	Com B	Consta em B	Reconhecido	Título	títuloSoundex
8675	N			Super-redes - Harmonia das bandas cristalinas	S163265321532623452
1080	N			Irradiador planar de ultravioleta	I63614563436143
109	N			Estudo sobre o comportamento dos elétrons quentes em sólidos semicondutores	E2321625163532436525 3252432525362

Tabela 9 - Artigos de dois autores escolhidos aleatoriamente e resultados do algoritmo Soundex

Dos 14 Artigos em que o algoritmo *Soundex* não identificou a co-autoria do pesquisador B,

- 7 não constavam no currículo do pesquisador B
- 7 constavam no currículo do pesquisador B, mas não foram identificados. Isso significa que o algoritmo *Soundex* identificou apenas 53% (8 de 15) dos artigos que ele deveria reconhecer.

O *Soundex* mostrou-se inadequado por mostrar uma margem de erros alta, além de expor resultados falsos positivos. A partir deste resultado, o algoritmo *Soundex* foi descartado para a identificação das co-autorias, sendo utilizada uma terceira abordagem a partir de uma variação do algoritmo de Distância *Levenshtein*⁷¹. Esta distância representa a menor quantidade de alterações (inserção, edição ou exclusão) de uma letra que é necessária para transformar um texto A em um texto B.

4.5.5 Abordagem Similaridade *Levenshtein*

Nesta abordagem foram atribuídos valores diferentes para cada operação que seja possível (igualdade, substituição, inserção e remoção de caracteres). Todas as possibilidades são avaliadas até se chegar ao maior índice de similaridade. Foram analisadas as mudanças que deveriam acontecer para que caracteres diferentes pudessem se aproximar de outros

⁷¹ Referência: Publicação original: В.И. Левенштейн (1965). "Двоичные коды с исправлением выпадений, вставок и замещений символов". *Доклады Академии Наук СССР* **163** (4): 845–8. Tradução em Inglês: Levenshtein VI (1966). "[Binary codes capable of correcting deletions, insertions, and reversals](http://www.levenshtein.net)PDF". *Soviet Physics Doklady* **10**: 707–10. Sumário: <http://www.levenshtein.net>

caracteres semelhantes. A partir dessa distância *Levenshtein* foi definida a “Similaridade *Levenshtein*”⁷², da seguinte forma:

$$\text{SimilaridadeLevenShtein}(A, B) = 1 - \frac{\text{DistânciaLevenShtein}(A, B)}{\max(\text{tamanho}(A), \text{tamanho}(B))}$$

Foi então determinada a Similaridade *Levenshtein* para todo duplo de títulos de Artigos ou Trabalhos em Eventos. Apenas as similaridades >65% foram gravadas no banco. Para agilizar a busca, foram adotadas duas medidas:

- A partir de uma estrutura *BK-Tree*⁷³, a busca foi reduzida para apenas uma parte de todos os duplos de dados;
- A tarefa foi distribuída por vários computadores que extraíram parcelas de trabalho de um servidor na Internet. Assim, a tarefa foi paralelizada.

Foram testadas algumas variações deste algoritmo. Uma análise manual de falsos positivos (Artigos ou Trabalhos em Eventos que indevidamente foram reconhecidos como iguais) revelou uma quantidade excessiva desses registros nas versões 5 e 6. A partir disso, nos próximos passos, apenas os dados das versões 3,4 (em conjunto) e 7 foram usados.

O resultado deste passo foram duas tabelas: Uma que enumerou os Artigos cujos títulos foram reconhecidos como iguais e uma outra com os Trabalhos em eventos que foram identificados como tendo o mesmo título. Para fins estatísticos, foram também levantados o tempo de cálculo e o nome do computador que identificou a semelhança:

⁷² Referência: Desenvolvido por Jörg Bliesener para este trabalho.

⁷³ Referência: W. A. Burkhard, R. M. Keller (1973): Some approaches to best-match file searching, Communications of the ACM, Volume 16 , Issue 4 (April 1973), pp. 230 - 236

Início da tabela de Artigos semelhantes:

Id	Artigo	Artigo2	Distance	Similarity	SubmittedBy	TimeToCalc
1	117	404938	19	80	linux3.bliesener.loc	6966
2	123	87546	5	96.8354430379747	linux3.bliesener.loc	7013
3	124	611915	1	98.7179487179487	linux3.bliesener.loc	4878
4	124	490807	3	96.1538461538462	linux3.bliesener.loc	4878
5	124	178786	8	89.7435897435898	linux3.bliesener.loc	4878
6	124	474145	8	89.7435897435898	linux3.bliesener.loc	4878
7	124	309262	10	87.1794871794872	linux3.bliesener.loc	4878
8	134	486118	1	98.5074626865672	linux3.bliesener.loc	4050
9	134	299658	5	92.5373134328358	linux3.bliesener.loc	4050
10	134	171219	11	83.5820895522388	linux3.bliesener.loc	4050
11	134	481367	11	83.5820895522388	linux3.bliesener.loc	4050
12	136	79076	7	91.1392405063291	linux3.bliesener.loc	5171
13	1058	1097	16	77.1428571428572	linux3.bliesener.loc	4353
14	1058	8669	19	75	linux3.bliesener.loc	4353
15	1058	11261	22	68.5714285714286	linux3.bliesener.loc	353
16	1083	385042	1	98.2142857142857	linux3.bliesener.loc	2933
17	1083	360923	9	83.9285714285714	linux3.bliesener.loc	2933
18	1089	652519	1	98.8372093023256	linux3.bliesener.loc	5561

Tabela 10 - Artigos semelhantes identificados

Para exemplificar a tabela acima, o título do artigo 117 foi reconhecido igual ao título do artigo 404.938, com uma similaridade de 80%:

id	título
117	Optical and Structural Properties of Ternary InAsP Self-Assembled Quantum Dots Embedded in GaAs
404938	Optical and structural properties of InAsP ternary self-assembled quantum dots embedded in GaAs

Tabela 11 - Comparação de dois títulos do mesmo artigo, identificados como semelhantes

No caso acima, os títulos apresentam muitas diferenças, porém o algoritmo os reconheceu como iguais, avaliando a qualidade da similaridade em 80%. Porém, existem outros casos, em que o algoritmo identificou uma similaridade, mas os artigos não coincidem, como, por exemplo, os artigos com os identificadores 1058 e 1097:

id	título
1058	Multistrange baryon production in AuAu collisions at $\sqrt{s_{NN}}=130$ GeV
1097	Midrapidity phi production in Au+Au collisions at $\sqrt{s_{NN}}=130$ GeV

Tabela 12 - Comparação dos títulos de dois artigos diferentes, identificados como semelhantes

Neste caso, o algoritmo identificou uma similaridade de 77,14%, no entanto são dois artigos diferentes.

A partir desses resultados, foi escolhido empiricamente um limite de similaridade de 80% para reconhecer artigos iguais. Com este limite, o algoritmo identificou TODOS os artigos que os dois pesquisadores mencionados no parágrafo 4.5.4 fizeram em conjunto.

A mesma análise foi realizada para os Trabalhos em Eventos que os pesquisadores listaram em seus currículos. Foi adotado o limite de similaridade de 90% para reconhecer trabalhos com o mesmo título. Assim, chegou-se ao seguinte resultado:

- Dois artigos semelhantes com mais de 80% de similaridade: 21.308
- Dois trabalhos semelhantes publicados em eventos a partir de 2004, com título em maiúsculas tendo mais de 90% de similaridade: 14.432.

A partir desses dados, foi possível identificar as co-autorias (cada conjunto de dois artigos ou de dois trabalhos em eventos foi considerado uma colaboração entre dois pesquisadores) viabilizando a estruturação da rede de microeletrônica no país. Nesse sentido, inicialmente foi realizada a análise do perfil dos doutores da área de microeletrônica que tinham os currículos cadastrados na Plataforma Lattes, para posteriormente analisar a rede social de microeletrônica.

4.6 Análise do Perfil dos Doutores da Área de Microeletrônica no Brasil

Baseando-se na avaliação dos dados levantados, verificou-se que a região sudeste é um pólo convergente de grande parte dos doutores que trabalham com microeletrônica seguida pela região Sul. Apesar de a região Norte possuir a Zona Franca de Manaus, para a qual migraram nas décadas de 70 e 80 as atividades do setor de semicondutores, ela não conseguiu tornar-se um pólo de produção de pesquisa e inovação para a área haja vista a pequena quantidade de doutores que trabalham nesta região e conseqüentemente o pequeno alcance dos Programas PNM e Brazil-IP.

Comparando a pesquisa atual com a de 2007, observou-se que as regiões sul, sudeste e norte diminuíram, respectivamente, o percentual de doutores de (64%-61%; 17%-16% e 1%-0%) e que as regiões nordeste e centro-oeste aumentaram em 1% o total de doutores em relação à pesquisa anterior. Houve um maior percentual de migração de doutores para o exterior (de 2% para 5%), provavelmente isso seja reflexo de pesquisadores estrangeiros que entraram no sistema brasileiro por meio de parcerias, pois conforme veremos no

Gráfico 5, esses pesquisadores existem na Plataforma Lattes, sendo enquadrados como “outros” neste trabalho.

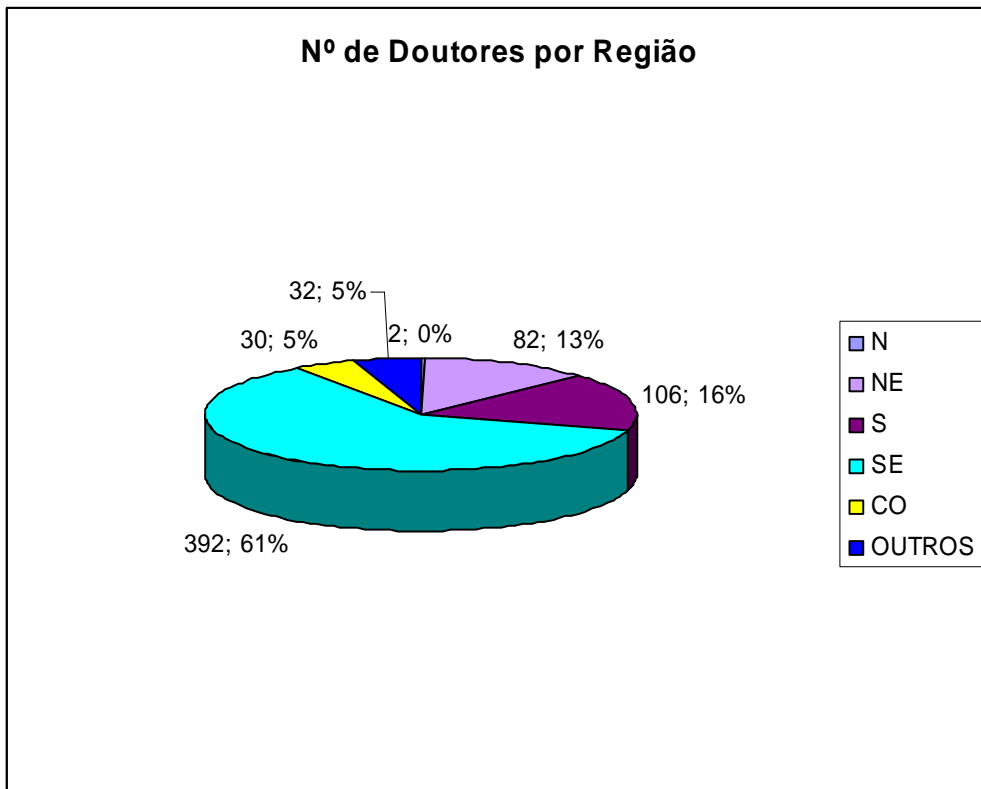


Gráfico 5 - Número de Doutores por Região

Apesar da política deliberada do Governo Federal no sentido de estimular a pesquisa e inovação na região Norte, isso não tem sido suficiente para mobilizar o setor de semicondutores para a formação de recursos humanos nessa região. Quando se compara o aumento de investimentos do CNPq em bolsas e fomento por doutor (ilustração 7) com o número de doutores por região (

Gráfico 5), verifica-se que a partir de 2004 a região Norte obteve um substancial aumento de investimentos, mas não houve alteração significativa no número de doutores para a área de microeletrônica, parecendo, inclusive, ter havido uma perda de doutores nesta região. Percebe-se que ainda há a necessidade de se avaliar a estratégia adotada para o desenvolvimento do setor, bem como produzir políticas públicas focadas na sua realidade.

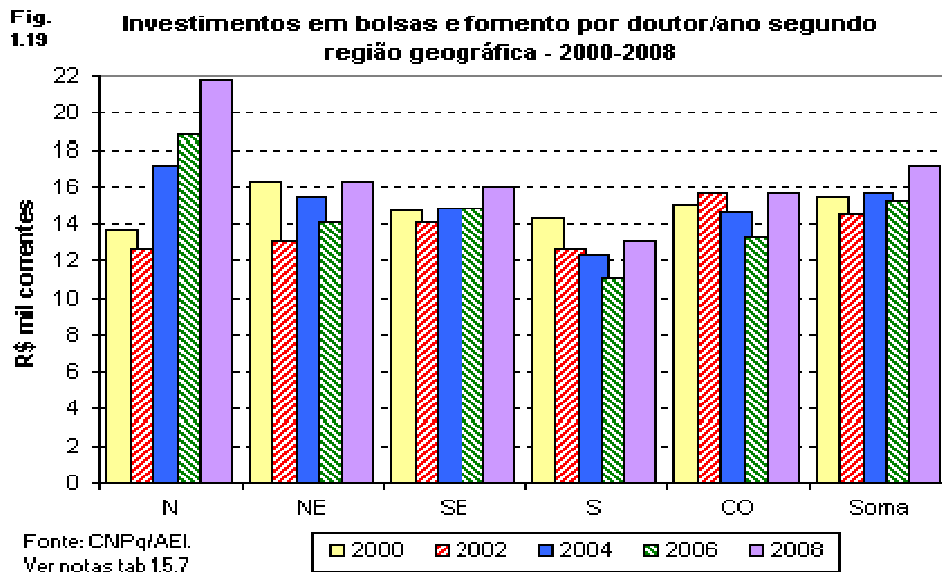


Ilustração 7 - Investimentos em bolsas e fomento por doutor/ano segundo região geográfica - 2000-2008
 Fonte: Adaptado do site <http://www.cnpq.br/estatisticas/investimentos/graficos.htm>

No Gráfico 6⁷⁴ “Pesquisadores por Estado” destaca-se a concentração de doutores no Estado de São Paulo, mas ao se analisar as conexões da rede de microeletrônica conforme será demonstrado no gráfico 12, os pesquisadores de São Paulo têm suas interações focadas em pequenos grupos fechados em nível local. Isso dificulta o estabelecimento de um Sistema Setorial de Inovação ou de Aprendizado Ativo para semicondutores, pois, entre diversos outros condicionantes, tais como as pré-condições de infraestrutura, investimentos em P&D e, mesmo o espírito inovador que se espera do empresário, na base do processo inovador também se identifica a interação entre os atores, sejam eles locais, regionais, nacionais ou internacionais. Pressupõe-se que se essas interações são dificultadas ou não acontecem, as ações governamentais podem ficar diluídas em algumas poucas instituições de poucos estados, podendo comprometer a elaboração e planejamento de ações que possam viabilizar e estimular a formação de todo um sistema voltado para a inovação.

⁷⁴ Na parte da tabela em que se enquadram os “outros” estão contabilizados os estados que tiveram menos de 6 doutores e os seguintes países: USA, Austrália, França, Cuba, Inglaterra e Portugal. 19 doutores não inseriram em seus currículos Lattes, até o momento em que foram liberados os XMLs, a informação sobre o estado em que trabalhavam.

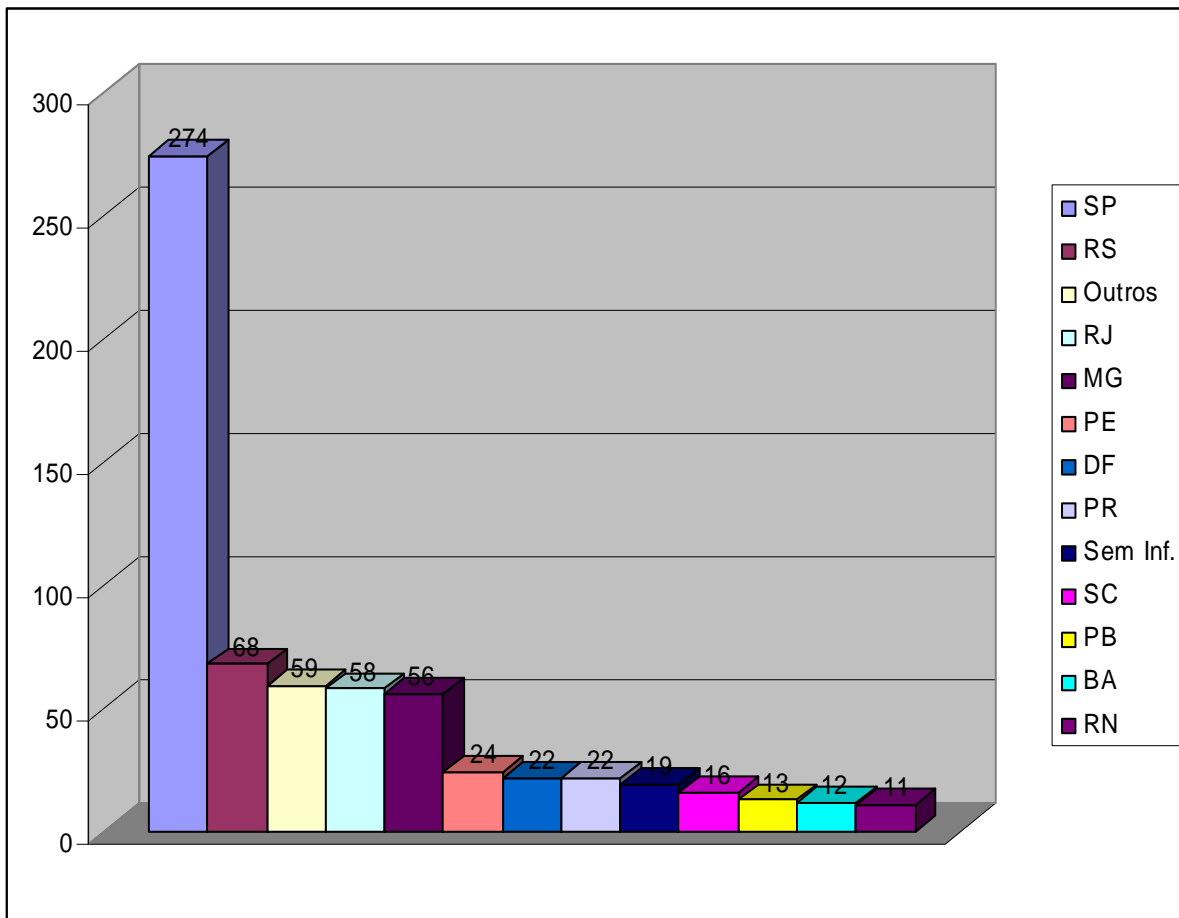


Gráfico 6 - Número de Pesquisadores por Estado

Ao comparar a quantidade de doutores no Estado de SP com os do RS e da PB, verificou-se que SP tem 4 vezes mais doutores do que o RS e 20 vezes mais que a PB, mas ao se analisar a rede social da área de microeletrônica no gráfico 12, observou-se que a Rede Sul⁷⁵ e a Rede Paraibana⁷⁶ parecem ser mais concentradas e articuladas, atingindo mais estados do que a Rede Paulista⁷⁷. Observou-se que a Rede Paulista (aqui entendida como o conjunto das subredes daquele estado) parece ser mais fragmentada e subdivida em diversas subredes na própria região Sudeste. Essa fragmentação deverá ser objeto de estudo posterior, ainda assim, pode-se inferir que os pesquisadores de São Paulo trabalham mais isolados porque desenvolvem mais pesquisas em processo de fabricação em microeletrônica, que pela natureza do trabalho não precisa de grande interação, ao contrário daqueles que desenvolvem pesquisas com projetos de circuitos integrados. Além disso, o Estado ainda tem a FAPESP como uma

⁷⁵ Assim denominada por constarem mais pesquisadores do Rio Grande do Sul.

⁷⁶ Assim denominada por constarem mais pesquisadores da Paraíba.

⁷⁷ Assim denominada por constarem mais pesquisadores de São Paulo.

forte instituição estadual financiadora de projetos, o que de certa forma proporciona a possibilidade de obtenção de recursos sem a necessidade de integração com outras instituições.

Ao analisar o gráfico 6, quantidade de pesquisadores por instituição, percebe-se que São Paulo concentra a maior parte dos doutores que trabalham com microeletrônica e, extrapolando para outros estados, verifica-se que a maior parte dos doutores da área estão concentrados em 11 estados e em apenas 17 instituições. No total, foram captadas pela pesquisa 120 instituições nacionais que juntas contabilizam 239 doutores vinculados.

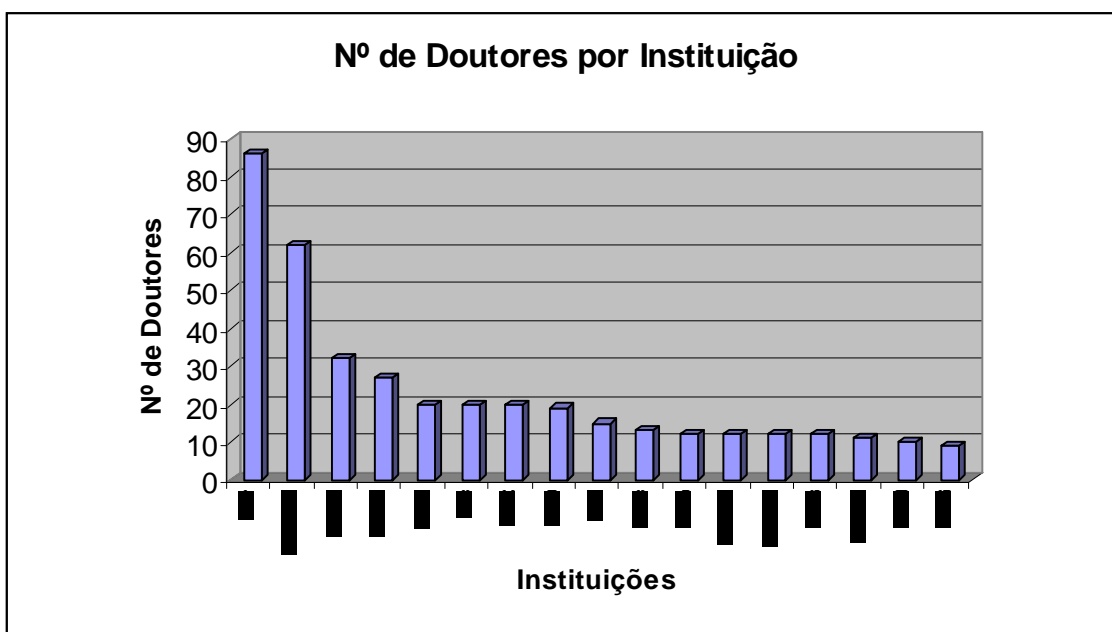


Gráfico 7 - Número de Pesquisadores por Instituição

Analisando o Gráfico 8, observa-se que a média de idade dos doutores da área de microeletrônica concentra-se entre 41 e 60 anos, com 72% dos pesquisadores. Verifica-se que 17% tem idade entre 20 e 40 anos. Comparando os resultados do trabalho atual com o de 2007, percebeu-se que houve um decréscimo substancial dos doutores com idade entre 20 e 40 anos, de 27% para 17%. A primeira percepção é de que o quadro de doutores da área parece ter “envelhecido” pois houve um aumento de 5% da faixa etária entre 41 e 60 anos, se comparado ao da pesquisa de 2007. Isso realmente pode ter acontecido, ou pode ser que o universo da pesquisa anterior tenha atingido pessoas com perfil mais jovem (as pessoas que respondem questionários eletrônicos tendem a ser mais jovens).

Se realmente a comunidade científica da área está envelhecendo e as políticas públicas não estão sendo suficientes e ágeis para repor esse capital humano de alta qualificação, pode ser que a área tende a declinar a despeito de sua importância estratégica, o que seria um sério problema para prover o país de capacidade científica e tecnológica em diversos setores produtivos. Qualquer que seja a resposta é necessário um estudo mais aprofundado para que se possa realizar uma melhor avaliação da evolução etária da área, para isso seria importante a realização da rede social dos 768 doutores da pesquisa de 2007. Isso será objeto de estudo posterior.

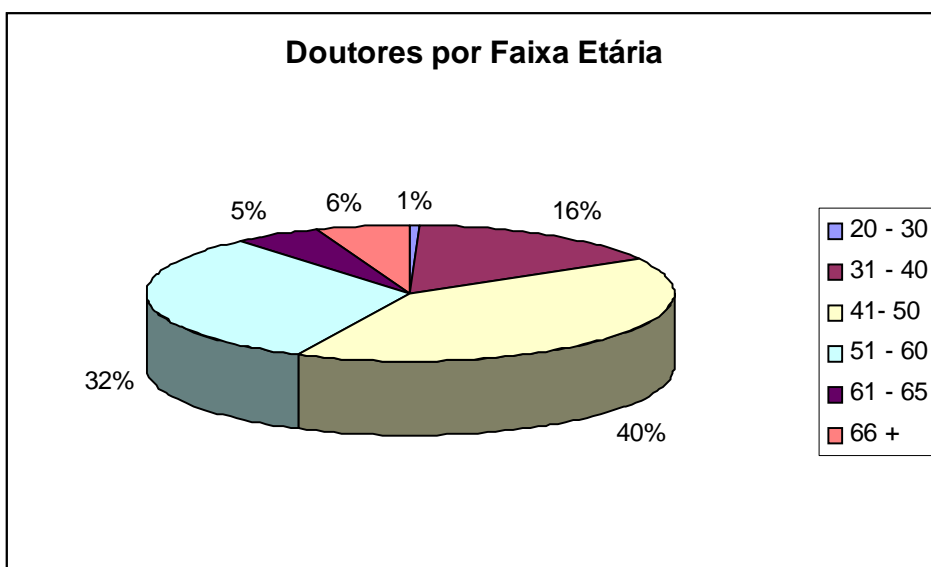


Gráfico 8 – Percentual de Doutores por Faixa Etária

Ao se avaliar o setor de semicondutores por sexo observou-se, como era de se esperar, que ele é predominantemente composto pelo sexo masculino, com 86% do total. Infere-se que este fator acontece por ser a área de microeletrônica uma área de exatas, o que historicamente atrai mais homens do que mulheres. Caberia uma avaliação sobre o por quê da pouca atratividade de mulheres para este setor.

Ao comparar a pesquisa atual com a de 2007, houve um pequeno aumento no número de mulheres na área (de 11% para 14%). Quando se buscou localizar as mulheres da área de microeletrônica, observou-se que a concentração segue o percentual da distribuição de pesquisadores por estado ou região. Do total, 26% das pesquisadoras encontram-se no Estado de São Paulo, em apenas 3 instituições (USP, Unicamp e INPE); 52% estão espalhadas por diversas instituições no país e o restante distribuídas entre os Estados de Pernambuco, Rio

Grande do Sul, Distrito Federal, Bahia, Rio de Janeiro e Santa Catarina. Verifica-se mais uma vez que a região Norte não apresenta doutoras que trabalham com microeletrônica em seus estados.



Gráfico 9 - Número de Pesquisadores por Sexo

Quando se obteve o cruzamento dos nomes dos possíveis pesquisadores da área de microeletrônica com outras áreas de conhecimento do CNPq, observou-se que apesar de vários pesquisadores atuarem em microeletrônica, eles estão espalhados em outras áreas de concentração, conforme descrito no Gráfico 9. Tal situação pode ser explicada pelo fato de que a área de microeletrônica é relativamente nova no CNPq, tendo o seu Comitê de Assessoramento sido criado há pouco mais de 3 anos. Além disso, pesquisadores que já se encontravam com bolsas em outros setores não se dispuseram a se arriscar em julgamentos em um novo comitê que ainda não tinha recursos consolidados naquele momento.

A despeito de não participarem como bolsistas de produtividade na área de ME, alguns pesquisadores obtêm recursos oriundos desta área em seus projetos, participam de ações do

Programa CI-Brasil e PNM, ou trabalham em áreas multidisciplinares conseguindo caracterizar os seus trabalhos tanto em microeletrônica como em outras áreas.

No momento em que se conseguiu mapear onde estão localizados os pesquisadores de ME no CNPq, esse trabalho permite identificar toda a atividade de microeletrônica, inclusive as multidisciplinares espalhadas pelo CNPq, bem como os recursos despendidos para a área.

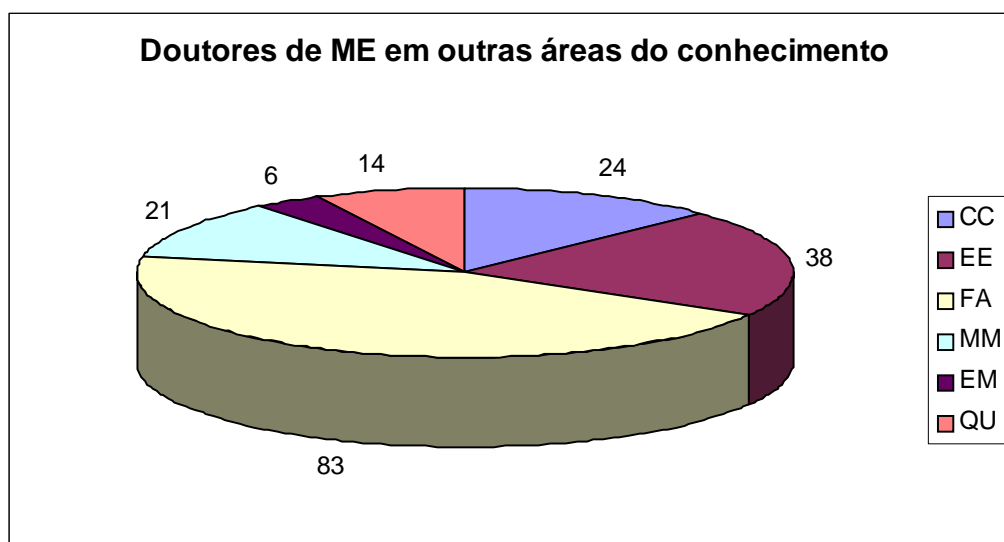


Gráfico 9 - Número de Doutores por Comitê de Assessoramento

O mapeamento dos doutores de microeletrônica permitiu saber onde eles estão espalhados no CNPq, como também possibilitou avançar no sentido de verificar as suas redes sociais de relacionamento, concentração institucional, regional e como estão configuradas essas relações em nível nacional. Após verificar a quantidade de bolsistas de produtividade espalhados em diversos comitês de assessoramentos, observou-se que existem mais pesquisadores em outras áreas do conhecimento do que no CA-ME que conta com 62 bolsistas. Se o país pretende inserir-se em um Sistema Setorial de Aprendizado Ativo para semicondutores, são necessárias ações de fortalecimento do setor no sentido de atrair esses pesquisadores para o a área de microeletrônica.

4.7 Formação de Redes

No intuito de se conhecer a rede social de microeletrônica do país foram selecionadas as co-autorias em artigos e trabalhos publicados em eventos identificados de 2004 até 2009. Cada doutor foi representado como um “nó”. Uma co-autoria entre dois pesquisadores foi representada como uma “aresta” entre dois nós. Ligações entre pesquisadores que fizeram

mais que um trabalho juntos receberam um peso maior que 1, que corresponde à quantidade de trabalhos em conjunto entre os dois.

Assim, o levantamento resultou em uma lista de nós e ligações (com pesos associados), que foi transferido para um programa de visualização de redes sociais⁷⁸. Esse programa permitiu a reorganização gráfica da rede, dando uma visibilidade maior nas interligações e proximidades.

Usando um algoritmo simples de particionamento, as ligações com peso maior foram destacadas com uma largura maior. Da mesma forma, os nós que tiveram muitas interligações com outros nós foram ampliados, ou seja, quanto maior o nó, maior a quantidade de trabalhos que um pesquisador publicou com outros pesquisadores e quanto mais grossa for a aresta, mais co-autorias ele tem em conjunto com outro pesquisador. Por outro lado, se um pesquisador publicou 1.000 artigos sozinho, o seu nó será pequeno e não terá aresta.

No segundo passo, as informações obtidas em 2007 foram integradas: Os nós que representavam os pesquisadores que se autodeclararam como participantes da área de microeletrônica foram coloridos em verde. Os nós dos pesquisadores que se autodeclararam como não sendo da área foram coloridos em vermelho. Os outros nós (os pesquisadores que não responderam ou que não fizeram parte da pesquisa de 2007) foram coloridos em amarelo.

A rede inicial da área de microeletrônica foi então desenhada com base na quantidade de intercessão entre pesquisadores e os seus pesos, bem como no cruzamento dos dados das pesquisas de 2007 e 2009. Desta forma, configurou-se a seguinte rede de pesquisadores com co-autoria de artigos:

⁷⁸ Fonte: Guess – The Graph Exploration System. <http://graphexploration.cond.org/>, Acesso em 10 de outubro de 2009.

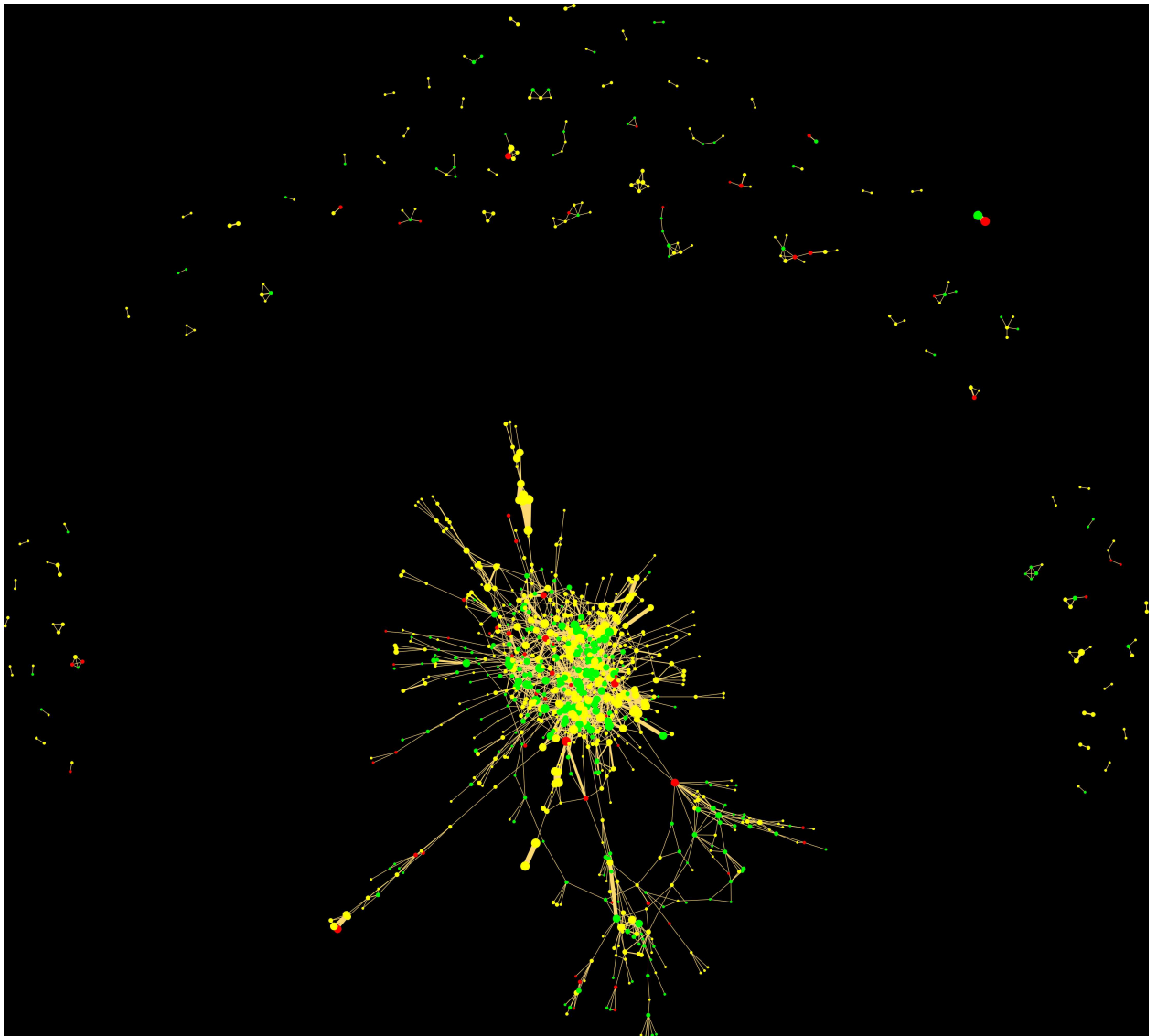


Gráfico 10 - Rede de co-autores identificados a partir dos Artigos publicados

Após uma prévia análise da rede formada, percebeu-se que vários pesquisadores que não trabalhavam efetivamente com microeletrônica foram captados (principalmente físicos que trabalham com semicondutores). Assim, optou-se por selecionar as publicações de Trabalhos em Eventos, por perceber que a área de microeletrônica dá mais relevância a esse tipo de publicação do que a de Artigos. Os dados globais dos currículos mostram cerca de um artigo para cada dois trabalhos em eventos. A partir daí, muitos doutores da Física que não trabalham com microeletrônica, mas haviam sido capturados pela utilização da palavra “semicondutor” na busca inicial, foram se desvinculando da rede inicial. O que possibilitou mais uma “limpeza” da rede de ME.

Quando se optou por utilizar a rede de pesquisadores que possuem co-autoria de Trabalhos em Eventos, surgiu um aspecto curioso:

Um pesquisador se autodeclarou fora da área de microeletrônica na pesquisa de 2007 e por isso foi colorido de vermelho, entretanto encontrava-se como ponto chave e central dentro da rede de pesquisadores da área. Após análise do CV-Lattes do pesquisador considerou-se que ele era da área de microeletrônica. Para ratificar a análise, foi solicitado aos consultores *Ad hoc* e membros do Comitê Temático de Microeletrônica, Dr. Nilton Itiro Morimoto (USP) e Dr. Marcelo Soares Lubaszewski (UFRGS), que analisassem o currículo do doutor. Ambos o consideraram como pesquisador da área de microeletrônica. Isso suscitou a possibilidade de ratificar ou retificar os doutores que se autodeclararam como não sendo da área de ME na pesquisa de 2007 por meio de suas ligações com pesquisadores da área.

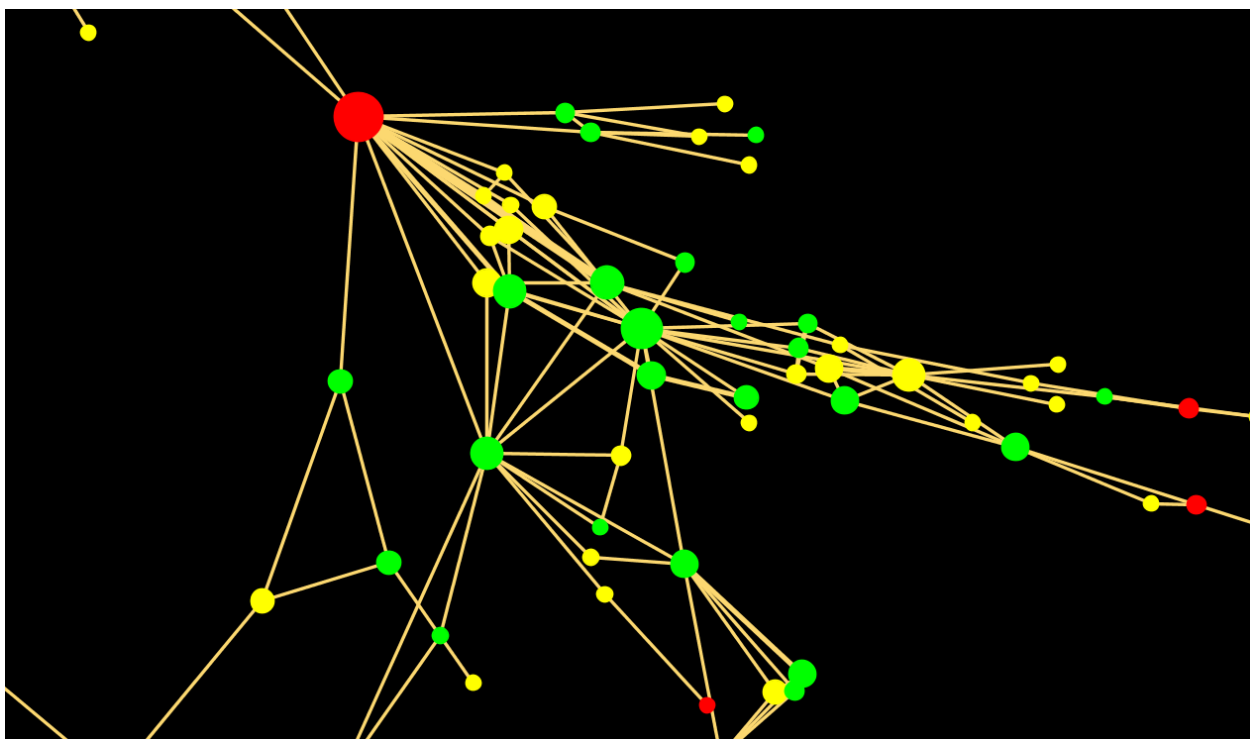


Gráfico 11 - Detalhamento de um nó da rede de microeletrônica

Como um dos objetivos principais deste trabalho foi a identificação da quantidade de pessoas que trabalham com microeletrônica, os dados de 2007 foram usados como base, ou semente, para se obter a quantidade mais próxima da real de pesquisadores da área. Para viabilizar esse conhecimento, chegou-se empiricamente ao seguinte algoritmo:

- Todos os pesquisadores que foram inicialmente marcados em amarelo, mas que tinham conexão com no mínimo dois pesquisadores verdes se tornaram azuis e foram considerados pertinentes à área. Os outros que não tinham essa quantidade mínima de conexões ficaram cinza.
- Todos os pesquisadores que inicialmente estavam em vermelhos e tinham no mínimo quatro conexões com verdes se tornaram azuis. Os outros que não tinham essa quantidade mínima de conexões permaneceram vermelhos.
- Os pesquisadores marcados como "cinza" no primeiro passo desse algoritmo receberam um tratamento adicional para identificarem mais possíveis pesquisadores da área. Eles receberam um ponto para cada conexão verde e meio ponto para cada conexão azul. Quem alcançou uma pontuação mínima de dois pontos, tornou-se azul claro. Os outros permaneceram cinza.

Sumariamente, o algoritmo pode ser representado na seguinte tabela:

Cor inicial	Conexão com verdes	Conexão com azuis	Cor final
Amarelo	≥ 2		azul
Vermelho	≥ 4		azul
Amarelo	1	≥ 2	Azul claro
Amarelo	0	≥ 4	Azul claro
Amarelo	1	< 2	Cinza
Amarelo	0	< 4	Cinza

Tabela 13 - Algoritmo para identificar os membros da rede de microeletrônica

Este foi um dos últimos passos para definir quem presumivelmente pertenceria à rede de doutores da área de microeletrônica. Após essa definição, procurou-se visualizar a rede de colaborações em Trabalhos em Eventos no período de 2004-2009 com a nova realidade, obtendo-se a seguinte configuração:

- 391 verdes se autodeclararam como sendo da área de ME em pesquisa de 2007;
- 113 vermelhos se autodeclararam "fora" da área e foram ratificados na pesquisa de 2009;
- 2 vermelhos que se auto declararam "fora" da área tornaram-se azuis, ou seja, foram incluídos na área devido ao número de conexões com verdes;
- 103 amarelos tornaram-se azuis devido ao número de conexões com verdes;

- 5 azuis claros que não se tornaram azuis na primeira rodada, obtiveram pontuação suficiente para serem considerados da área em uma segunda rodada;
- 926 cinzas não possibilitaram afirmar se eram ou não da área.

A rede então tomou a configuração abaixo:

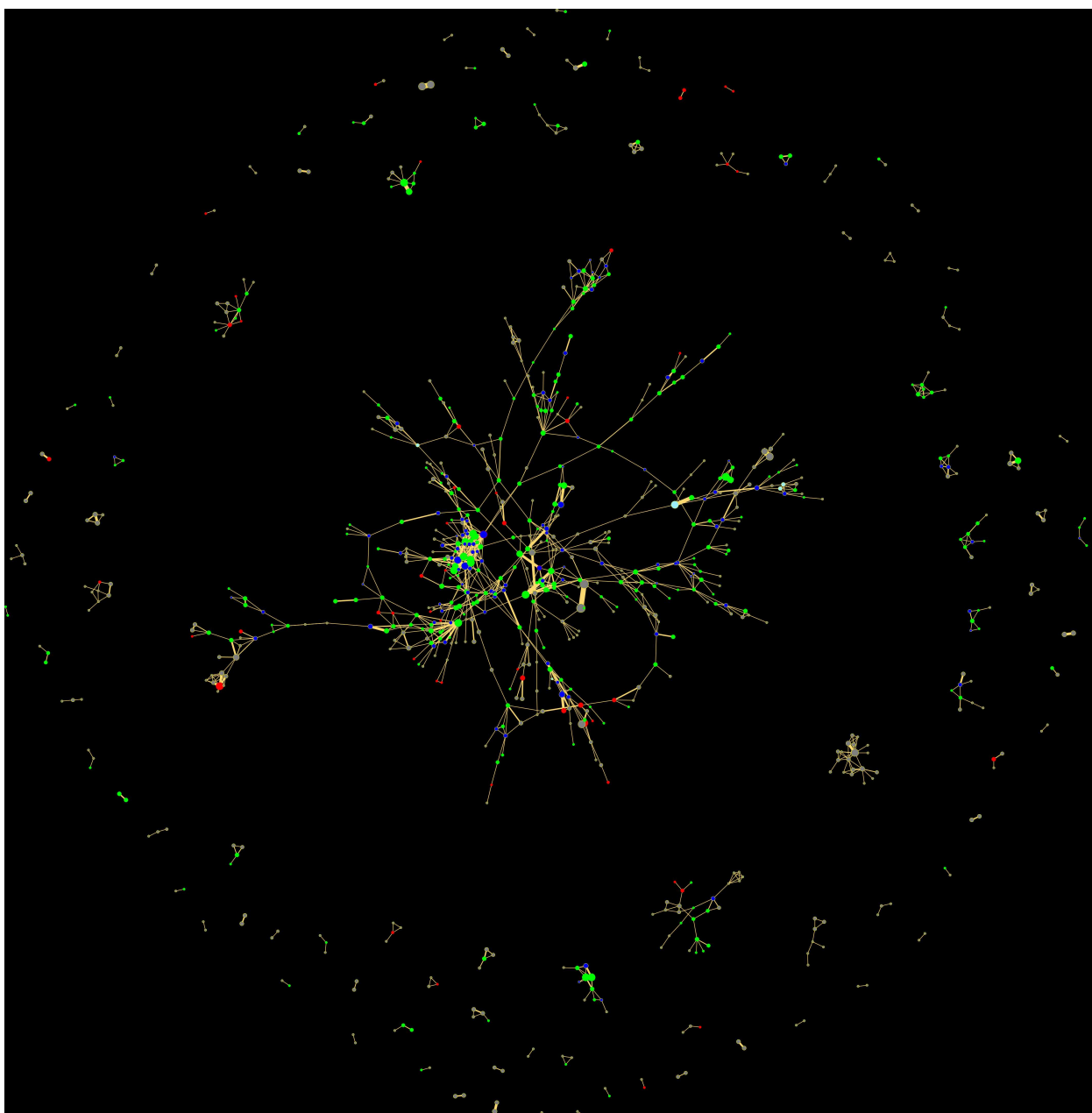


Gráfico 10 - Rede de Pesquisadores identificados pelos Trabalhos em Eventos como sendo da área de Microeletrônica

Como cheque de consistência das informações obtidas optou-se por cruzar os dados da base identificada com a base de bolsistas de produtividade em pesquisa da área de microeletrônica. Dos 62 bolsistas de produtividade, 02 não foram capturados na base Lattes em 2007 e 2009, mesmo tendo em seus currículos as palavras-chave e serem bolsistas da área de microeletrônica e 3 foram captados na pesquisa de 2007 e 2009, entretanto eram amarelos, por não terem respondido ao questionário de 2007. Após a metodologia para torná-los azuis, os três que eram amarelos foram capturados, ou seja, os únicos casos que não foram identificados não tinham sido prospectados pelas ferramentas de busca utilizadas, portanto não constavam no universo pesquisado.

Observou-se ao analisar a rede de microeletrônica no Brasil, que muitos pesquisadores, apesar de serem da área não participavam das redes principais de colaborações, pois publicavam sozinhos ou com apenas um co-autor da área ou com pesquisadores de outras redes. Para esses casos o procedimento de usar a base de 2007 como semente não foi útil.

4.8 Redes de Colaborações

Neste trabalho considerou-se como rede, a colaboração entre dois ou mais autores na co-autoria de artigos ou trabalhos publicados em congressos da área. Cada pesquisador foi considerado como um “nó” da rede e quanto mais fortes eram as ligações entre os nós mais “grossas” eram as suas arestas. Pesquisadores com arestas finas foram considerados como elos fracos da rede.

Para ter uma melhor visualização da rede social de microeletrônica, optou-se por eliminar os elos fracos da rede suprimindo os nós que tinham duas ou menos interações com pesquisadores da área ou com interações com pesquisadores de outras áreas. A partir do corte dos nós que tinham duas ou menos interações, apareceram pequenas sub-redes de pesquisadores da microeletrônica conforme será demonstrado no Gráfico 11. Além disso, a rede pareceu possuir alguns pesquisadores-chave que fazem a intercessão entre redes. Em uma primeira aproximação optou-se por retirar *links* com uma ou duas interações para identificar as sub-redes, mas em um trabalho mais abrangente deve-se levar em conta os parâmetros de teoria de redes sociais⁷⁹.

⁷⁹ Sobre esse assunto ver: Caldarelli, G.; Vespignani, A. *Large Scale Structure and Dynamics of Complex Networks: From Information Technology to Finance and Natural Science*. Singapore: Ed. World Scientific Publishing Co., 2007.

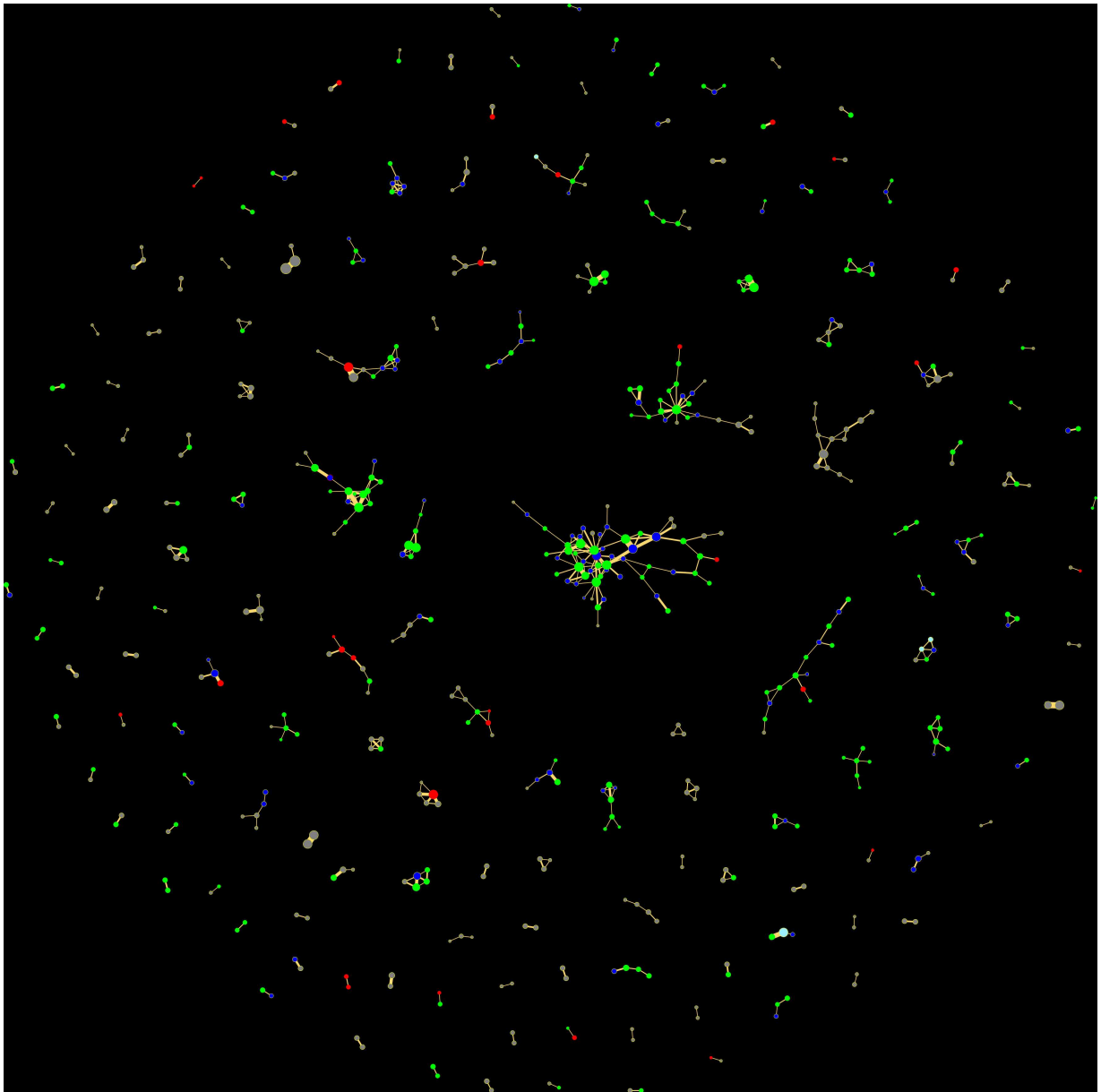


Gráfico 12 - Sub-redes de Pesquisadores da área de Microeletrônica sem os vínculos fracos

4.9 Análise da Rede de Microeletrônica do Brasil

A montagem e configuração da rede de microeletrônica permitiram a visualização do comportamento do setor e suas interações. Quando se eliminaram as ligações fracas de co-autores que possuíam menos de duas interações percebeu-se que o setor está estruturado em algumas sub-redes e que existem vários pesquisadores que não estão incluídos em nenhuma rede ou sub-rede, pois publicam artigos sozinhos ou com outra pessoa que não seja da área.

No gráfico 11, a subrede maior que se encontra no centro é formada pelo que se denominou neste trabalho de Rede Sul. Nesta rede incluem-se duas subredes, sendo uma

grande que concentra a maioria dos pesquisadores da área e outra menor focada em física para nanocondutores. A Rede Sul abrange os Estados do Rio Grande do Sul, Rio de Janeiro, Rio Grande do Norte, Santa Catarina e Paraná. Pelas suas conexões em outros estados, infere-se que esta subrede seja mais articulada, pois sua abrangência é maior do que as outras subredes observadas de outros estados. Por essas características, infere-se que a Rede Sul pode ser um possível eixo de financiamento que poderia ter um melhor alcance das políticas públicas caso se deseje estimular a inovação na subárea de projetos de semicondutores.

A Rede Paraibana também tem características semelhantes a da Rede Sul, entretanto ela tem uma abrangência menor e está centrada em um único nó central, diferentemente da Rede Sul que possui vários nós centrais.

A despeito de São Paulo concentrar a maioria dos doutores que atuam em microeletrônica, a Rede Paulista parece não ser propriamente uma rede, pois possui a característica de formar diversas subredes espalhadas em São Paulo ou em estados da região Sudeste e com raras exceções com conexões no Sul e Nordeste, sem, entretanto, conexões entre elas. Como exemplo de subrede paulista podemos citar a do INPE, que tem apenas intercessão com a USP, UFSCAR, Universidade de São Francisco e UNICAMP. A Rede Paulista tem uma maior concentração de pesquisadores na subárea de processos de fabricação, e a natureza dessa subárea, que envolve laboratórios mais caros, sofisticados e concentrados em grandes universidades pode explicar a baixa conectividade. Entretanto, pode haver espaço para políticas públicas que estimulem a maior interação entre as subredes paulistas como forma de otimizar a imensa capacidade de pesquisa daquele estado.

Outras subredes foram observadas: mineira, carioca, nordestina (em aspectos menores que a Rede Paraibana) e candanga. Essas subredes são menores e geralmente giram em torno de um único nó central.

Observou-se que as redes ou subredes encontradas parecem estar mais conectadas por temas segmentados do que por uma área específica. Essa característica pode prejudicar a formação de um Sistema Setorial de Aprendizado Ativo para semicondutores e fragmentar os esforços governamentais no sentido inserir o país como competidor que detenha a capacidade de inovar e obter ganhos com as inovações produzidas.

CONCLUSÕES

Nos últimos 8 anos, o Governo Federal tem realizado investimentos objetivando estruturar no Brasil um setor de semicondutores que seja competitivo e atrativo para os mercados interno e externo. A pesquisa realizada permite concluir que o setor ainda está em estágio embrionário para consolidar-se como protagonista estratégico no mercado internacional e que ele ainda não é vislumbrado em todo o seu potencial, principalmente na sua efetiva capacidade de inovar. Entretanto, segundo colocado nas entrevistas realizadas, de fato vem se configurando no país um Sistema Setorial de Aprendizado Ativo para o setor de semicondutores que precisa ser melhor caracterizado para que as políticas possam ser otimizadas para acelerar a sua entrada no estágio de sistema setorial de inovação. Tal afirmação se baseia no fato de que as políticas públicas em andamento estão focadas na capacitação de recursos humanos e na formação (inicial) de infraestrutura física e institucional para a área, sendo suas ações concentradas em alguns pequenos *clusters* já consolidados.

Observou-se na pesquisa que existem vários potenciais doutores que poderiam estar inseridos em uma grande rede social de microeletrônica, mas que estão pulverizados em diversas instituições de forma isolada ou em pequenos grupos fechados. Para incorporar essa capacidade técnica dispersa será necessária a utilização de estratégias governamentais que induzam a aglutinação desse capital intelectual de forma a inseri-los em uma rede maior. Para isso, algumas sugestões são levantadas neste trabalho: formulação de editais CNPq, FINEP, CAPES, BNDES e outros que tivessem como condição de elegibilidade para recebimento de recursos, a parceria de centros de pesquisa já consolidados com instituições que trabalhem com microeletrônica, mas que tenham pouco acesso a recursos públicos. Outra forma de promover a inserção de pesquisadores que estão espalhados pelo país seria a utilização da SBMICRO como meio de divulgar potenciais investidores em locais mais afastados, visando atrair os pesquisadores que se encontram isolados.

A partir do momento em que se tem um cadastro com os potenciais doutores que trabalham com microeletrônica, seus endereços e instituições, poderia ser realizado um grande cadastro de caráter oficial (pelo governo em parceria com a SBMICRO) que disponibilizasse os projetos, as instituições, a equipe envolvida no desenvolvimento desses projetos para realizar rodadas de negócios. Talvez isso estimulasse a interação entre a iniciativa pública, privada e acadêmica podendo promover o desenvolvimento de inovações para o setor.

Outro ponto que merece destaque refere-se ao objetivo presente nas políticas públicas mais recentemente implementadas, que visam capacitar o setor privado, particularmente, no

sentido de aprender a vender seus produtos ou serviços e entender o aparato jurídico, principalmente no que se refere à proteção da propriedade intelectual. O primeiro estágio para a consolidação das DHs brasileiras já foi realizado pelas políticas públicas mencionadas, que é o de capacitação de recursos humanos no desenho de circuitos integrados. Entretanto, somente esta etapa não é a condição para se estabelecer um Sistema Setorial de Aprendizagem Ativa para semicondutores e viabilizar a sobrevivência dessas DHs. Pelo menos duas etapas fundamentais ainda devem ser rapidamente executadas e apreendidas pelas *design houses* financiadas pelas ações governamentais: elas têm que aprender a vender seus produtos e buscar parcerias, sejam elas nacionais ou internacionais, para que possam sair da dependência de recursos públicos, bem como desenvolver a capacidade empresarial no sentido de entender e usar o aparato jurídico necessário à proteção da propriedade intelectual.

A construção de uma política voltada para a inovação tem que ser necessariamente de Estado e não de Governo, de um lado evitando problemas de descontinuidade e, de outro, viabilizando a participação dos diversos atores partícipes do processo, sem, contudo, torná-los dependentes de recursos ou ações públicas por tempo indeterminado. Ao Estado cabe proporcionar às condições necessárias para que as instituições privadas possam sobreviver e crescer.

De acordo com os dados levantados, os investimentos recentes (no que agora pode ser caracterizado como uma rede bem conectada) no Rio Grande do Sul parecem bem justificados, mas é importante ressaltar que essa rede tem suas conexões em outros estados (SC, PR, RN e RJ) que podem não estar sendo contemplados. Os dados também sugerem que o potencial das subredes paulistas não foi plenamente alcançado devido à falta de interação entre as mesmas (às vezes localizadas na mesma universidade). Por fim, há muitos pesquisadores desconectados de quaisquer redes que deveriam ser beneficiados por políticas específicas de incentivo à inclusão.

Causou espanto a percepção de que a comunidade científica da área está envelhecendo mais rápido do que as políticas públicas são capazes de gerar novos pesquisadores de elevada qualificação para a área. É preocupante perceber que o PNM pode não ser suficiente para estimular a renovação de doutores capazes de pensar e alavancar o desenvolvimento de pesquisas que possam trazer inovação para o país. Mas, de qualquer maneira, é necessário investigar a evolução etária da área. Uma forma de analisar melhor a comparação dos dados da pesquisa de 2009 será a construção da rede social dos 768 pesquisadores captados na pesquisa de 2007. Esta análise será realizada posteriormente.

A partir do trabalho realizado e das dificuldades identificadas durante a pesquisa de dados para a realização desta Dissertação, verificou-se que não é trivial montar a rede social de uma área. O CNPq disponibilizou em dezembro a rede social de pesquisadores, ao tomar como exemplo um determinado pesquisador da Plataforma Lattes cuja rede social foi mapeada pelo CNPq e compará-lo com a pesquisa realizada neste trabalho, verificou-se que alguns nós foram captadas pelas duas pesquisas (CNPq e esta dissertação), que o sistema do CNPq captou alguns nós de rede que não foram captados nesta pesquisa e que o trabalho desenvolvido para esta dissertação também captou nós de rede que não foram captados pelo CNPq. Não se sabe a metodologia utilizada pelo setor de informática do CNPq, mas percebe-se que tanto a utilizada para este trabalho, quanto a usada pelo CNPq consegue mapear pesquisadores, mas também tem falhas metodológicas ao não conseguir captar todo o universo de “arestas” vinculadas a um nó.

Alguns pontos sobre este trabalho e suas consequências devem ser ressaltados:

1. Sugere-se que os responsáveis pela gestão da Plataforma Lattes encontrem uma forma de padronizar os dados referentes aos artigos e trabalhos publicados em Congressos. Por exemplo: quando um pesquisador inserir em seu currículo algum artigo ou trabalho que tenha co-autoria com outro(s) pesquisador(es), automaticamente é enviado um e-mail para o(s) outro(s) co-autor(es) informando que foi inserido o artigo em que há a participação do pesquisador, solicitando que seja respondida duas perguntas: “Você é o co-autor desse artigo (ou trabalho)?” e “Você quer incluir esse artigo (ou trabalho) em seu currículo?”;
2. Outra sugestão referente ao currículo Lattes está na inserção de nomes de co-autores. Deveria haver uma forma de que quando fosse digitado determinado nome de autor e co-autor, automaticamente a Plataforma Lattes confirmasse o nome escrito conforme o informado pelo proponente no item “nome para citação”. As razões para este procedimento se explicam pela necessidade de homogeneização nos nomes de autores e co-autores, que geram dificuldades em momentos de captura da informação;
3. Devido a dificuldades encontradas para o cruzamento dos dados na Plataforma Lattes deverá ser utilizado um algoritmo mais complexo que possibilite o desenho da rede dos doutores da área de microeletrônica com maior precisão da que foi utilizada, ficando essa pesquisa para estudos posteriores.

4. Os dados coletados permitem outros estudos a respeito da área de microeletrônica. O que não pode ser explorado aqui será objeto de estudos subsequentes;
5. A metodologia desenvolvida para este trabalho pode ser aprimorada e aplicada para outras áreas e necessidades. Estudos nesta direção já estão em andamento.

Reconhece-se neste trabalho a importância da Plataforma Lattes como fonte de informações para subsidiar políticas públicas. Para que essa plataforma possa servir de insumo para decisões políticas é necessário aperfeiçoá-la de modo a fornecer informações mais coerentes e exatas, considerando que as informações que constam hoje na base ainda permitem liberdade excessiva na formatação dos dados, o que inviabiliza cruzamentos avançados e assim, geração de conhecimentos.

5 BIBLIOGRAFIA

ABDI. BALANÇO da política industrial tecnológica e de comércio exterior. Relatório de Gestão, 2006.

_____. RELATÓRIO de gestão. Brasília: Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial, 2006. 204p.

ABINEE. SETOR elétrico e eletrônico em 2020: uma estratégia de desenvolvimento. Estudo/ ABINEE/ LCA Consultores. In: Fórum ABINEETec, 2009.

ALBERT, Armando; GRANADINO, Begoña; PLAZA, Luis M.; **Scientific and technological performance evaluation of the Spanish Council for Scientific Research (CSIC) in the field of Biotechnology**. Jointly published by Akadémiai Kiadó, Budapest Scientometrics, and Springer, Dordrecht. vol. 70, n. 1 , 2007. p. 41–51.

ALEM FILHO, Pedro. **A Indústria Global de Semicondutores e sua Relação com a Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior Brasileira**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Rio de Janeiro, 150p., 2006.

ARAÚJO, André Amaral (coord.) et. al. **Programa Nacional de Microeletrônica - Contribuições para a formulação de um Plano Estruturado de Ações**. Ministério da Ciência e Tecnologia, Secretaria Executiva, Secretaria de Política de Informática: Brasília, dezembro, 2002.

ARRUDA, Mauro; VELMULM, Roberto; HOLLANDA, Sandra. **Inovação Tecnológica no Brasil: a indústria em busca da competitividade global**. ANPEI, São Paulo, Brasil, 2006.

CAMPOS, Fred Leite Siqueira. **Inovação, tecnologia e alguns aspectos da Análise NeoSchumpeteriana**. Revista Eletrônica Administradores sem Fronteiras - Número 01 – 27p., 2004. Disponível em: <http://www.admsf.adm.br/revista/001/pdfs/Analise%20Neo%20Schumpeteriana.pdf>. Acesso em: 15/10/2009.

CASTELLS, Manuel. **A Sociedade em Rede – A era da informação: economia, sociedade e cultura**. v. 1, 8. ed. São Paulo: Paz e Terra, 1999.

CHUEIRI, Ivan Jorge. **Eletrônica - Fundamentos e Conceitos de Eletrônica – manual de procedimentos**. 2. ed. Curitiba: PUC-PR, 2008.

Committee on Network Science for Future Army Applications, National Research Council. **Network Science**. Disponível em: http://books.nap.edu/openbook.php?record_id=11516&page=1. Acesso em: 02/08/2009.

DEWEY & LEBOEUF. **Maintaining America's Competitive Edge: Government Policies Affecting Semiconductor Industry R&D and Manufacturing Activity**. SIA - Semiconductor Industry Association 72 p., 2009.

FIESP. MANUAL dos instrumentos da política de desenvolvimento produtivo – PDP. Cadernos Política Industrial nº 02, DECOMTEC/FIESP, 2009.

FREEMAN, Chris; SOETE, Luc. Introduction – Chapter 1. In: _____. **The Economics of Industrial Innovation**. 3. ed. Cambridge, Massachusetts, The MIT Press, 1997, p. 1-25.

GARTNER, Inc. **Gartner Says Worldwide Semiconductor Revenue On Pace to Decline 24 Percent in 2009**. Disponível em: <http://www.gartner.com/it/page.jsp?id=897012>. Acesso em: 23/10/2009.

GONÇALVES, Robson R. **O Setor de Bens de Eletrônicos de Consumo no Brasil: uma análise de seu desempenho recente e perspectivas de evolução futura**. Texto para Discussão nº 476. IPEA Rio de Janeiro, 25 p., 1997.

GORDON, José Luis Pinho Leite. **Sistema Nacional de Inovação: uma alternativa de desenvolvimento para os países da América Latina**. Sessões Ordinárias ÁREA: 7. Trabalho, Indústria e Tecnologia SUBÁREA: 7.3. Economia da Tecnologia e da Inovação, 25p., 2009.

GUESS – The Graph Exploration System. <http://graphexploration.cond.org/>. Acesso em: 10/10/2009.

GUIMARÃES, A. O. Inovação tecnológica, mudança técnica e globalização - conceitos básicos. In: **Dimensão econômica da inovação**. ABIPTI/SEBRAE/CNPq. Brasília, 1997, p. 23-54.

GUTIERREZ, R. M. V.; MENDES, L. R. **Complexo eletrônico: o projeto em microeletrônica no Brasil**. BNDES Setorial 30, 2009, p. 157 – 209.

INOVADORA tecnologia para transistores da Intel representa a maior mudança nos chips para computadores em 40 anos. Disponível em: <http://www.intel.com/portugues/pressroom/releases/2007/0129.htm>. Acesso em: 05/09/2009.

KIM, Linsu. Da inovação à imitação: a dinâmica do aprendizado tecnológico na Coreia/ Linsu Kim: tradutora: Maria Paula G. D. Rocha – Campinas, SP. Editora da Unicamp, 2005.

KRESSEL, Henry; LENTO, Thomas V. **Competing for the future: how digital innovations are changing the world**. United States of America by Cambridge University Press, New York, 2007.

MALDANER, Luís Felipe. **O Sistema Nacional de Inovação: um estudo comparado Brasil X Coreia do Sul**. 2004. Dissertação de Mestrado em Administração, UNISINOS, São Leopoldo.

MALERBA, Franco. **Sectoral Systems of Innovation and Production**. Elsevier Science B.V. - Research Policy 31, 2002. p. 247–264.

MCT. PROGRAMA Nacional de Microeletrônica – *design* atração, fixação e crescimento de empresas de projeto de componentes microeletrônicos no Brasil. Brasília: MCT/SEPIN, 2002.

MDIC. DIRETRIZES da política industrial, tecnológica e de comércio exterior. 26 nov 2003. Presidência/MDIC. Disponível em: <http://www.desenvolvimento.gov.br>. Acesso em: 12/12/2008.

MEHL, Ewaldo Luiz de Mattos. **Do Transistor ao Microprocessador**. Disponível em: http://www.eletrica.ufpr.br/mehl/historia_transistor.pdf. Acesso em: 05/07/2009.

MELO, Paulo Roberto de Sousa; RIOS, Evaristo Carlos Silva Duarte; GUTIERREZ, Regina Maria Vinhais. **Componentes Eletrônicos: perspectivas para o Brasil**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 13, p. 3-64, mar. 2001.

MDIC. POLÍTICA de Desenvolvimento Produtivo – PDP. Presidência/MDIC. 44p. 2008.

MIGUEL, Henrique de Oliveira. **Política para o Desenvolvimento Tecnológico e Industrial para o Setor de Semicondutores**. ABINE/MCT, 2009.

MOORE, Gordon. **Excerpts from a Conversation with Gordon Moore: Moore's Law**. Disponível em: ftp://download.intel.com/museum/Moores_Law/Video-transcripts/Excepts_A_Conversation_with_Gordon_Moore.pdf. Acesso em: 16/09/2009.

MORICOCCHI, Luiz; GONÇALVES, José Sidnei. **Teoria do Desenvolvimento Econômico de Schumpeter: uma revisão crítica**. Informações Econômicas, SP, v. 24, n.8, ago. 1994.

NEWMAN, M. E. J. **Coauthorship networks and patterns of scientific collaboration**. Disponível em: www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0307545100. Acesso em: 19/10/2009.

OCDE. Policy responses to the economic crisis: investing in innovation for long-term growth. OCDE, 37p., junho, 2009.

PINTO, Eduardo Ferreira. **Gestão da Informação em Ciência, Tecnologia e Inovação: a Plataforma Lattes e a Democratização do Conhecimento**. UnB/CDS. 70 p., 2007.

PROGRAMA Nacional de Microeletrônica: contribuições para a formulação de um plano estruturado de ações. Brasília: MCT, 2002.

QUEIROZ, Francisco Assis de. A revolução microeletrônica: pioneirismos brasileiros e utopias tecnorrônicas. São Paulo: Annablume, Fapesp, 2007. 220 p.

SALERNO, Mário Sérgio – in “A Política Tecnológica, Industrial e de Comércio Exterior do Governo Federal” Revista Parcerias Estratégicas - http://www.cgqe.org.br/arquivos/pe_19.pdf. Acesso em: 18/06/2009.

SANTA RITA, Luciana; DE PAULA, Mainah Almeida; VIANA FILHO, José Carlos. **Uma análise correlacional do Sistema Setorial de Inovação da Indústria Química**. Disponível em: http://74.125.93.132/search?q=cache:http://www.aedb.br/seget/artigos08/489_489_Artigo_Seget.pdf. Acesso em: 28/09/2009.

TIGRE, Paulo. **Paradigmas Tecnológicos**. Disponível em: http://www.ie.ufrj.br/ecex/pdfs/paradigmas_tecnologicos.pdf. Acesso em: 08/08/2009.

VIOTTI, E. B. **National Learning Systems – A new approach on technological change in late industrializing economies and evidences from the cases of Brazil and South Korea**. In: Technological Forecasting & Social Change, 2002. p. 653-680.

VIOTTI, E. B., Teoria Econômica, Desenvolvimento e Tecnologia – Uma Introdução. In: **Dimensão Econômica da Inovação**. Curso de Especialização em Agentes de Difusão Tecnológica, Brasília: ABIPTI/SEBRAE/CNPq, 1997, p. 9-22.

VIOTTI, E. B., *Technological Learning Systems, Competitiveness And Development*. In: Texto para Discussão Nº 1057. Brasília: IPEA, 2004, p. 1-34.

Avulsos

O futuro da indústria de semicondutores: a perspectiva do Brasil: coletânea de artigos/Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior; Instituto Euvaldo Lod/Núcleo Central. Brasília: MDIC/STI: IEL/NC, 2004.

The International Technology Roadmap for Semiconductors. 29 p., 2006 UPDATE.

Um Sanduíche de Metal e Silício. CENDOTEC/São Paulo. Disponível em: <http://www.periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/viewFile/9800/9036>. Acesso em: 13/09/2009.

Outros Sites Consultados:

<http://gamesbrasil.uol.com.br/forum/showthread.php?t=48103>

http://www.eletrica.ufpr.br/mehl/historia_transistor.pdf

<http://images.google.com.br/images?hl=de&source=hp&q=primeiro+circuito+integrado&btnG=Bilder-Suche&qbv=2&aq=f&oq>

<http://www.intel.com/technology/mooreslaw/index.htm>

<http://gamesbrasil.uol.com.br/forum/showthread.php?t=48103>

<http://www.intel.com/portugues/pressroom/releases/2007/0129.htm>

http://www.sia-online.org/cs/papers_publications/press_release_detail?pressrelease.id=1707

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Lei/L11484.htm

<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/5311.html>

http://www.mct.gov.br/upd_blob/0000/475.pdf

http://www.cgee.org.br/arquivos/pe_19.pdf

<http://www.abdi.com.br/?q=node/3>

http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Institucional/O_BNDES/A_Empresa/

<http://www.inovacao.unicamp.br/report/news-curtissimas090928.php#semi>

http://www.cnpq.br/normas/rn_08_010.htm

<http://www.ceitecmicrosistemas.org.br/portal/historico.php>

http://200.133.5.125/index.php?option=com_content&view=article&id=55&Itemid=73

<http://www.cesar.org.br/node/17>

<http://www.cesar.org.br/node/31?q=node/315>

http://www.cti.gov.br/quem_somos/index.htm

http://pt.wikipedia.org/wiki/Ada_Lovelace

<http://www.ufsm.br/gef/Moderna24.htm>

http://www.mspc.eng.br/eletrn/semic_110.shtml

http://www.eletr.ufpr.br/mehl/historia_1.pdf

<http://www.wsts.org/>

<http://www.desenvolvimento.gov.br/sitio/interna/interna.php?area=5&menu=1161>

ANEXO

Entrevistas

Entrevistado: Armando Gomes – Diretor-Geral da *Freescale* Brasil

1. Por que a *Freescale* mundial resolveu instalar-se no Brasil, já que o país não está inserido em um sistema mundial de inovação na área?

Farei um retrospecto histórico do que viria a ser a futura DH Freescale (FSL) Brasil. De 1985 até 1995, havia uma DH chamada VSI - Vertice Sistemas Integrados. Por volta de 1990, começamos a participar de concorrências, ganhando alguns negócios nos USA, em específico na Ford. Na Ford tiramos alguns negócios que eram tradicionais da Motorola, que não ficou nada satisfeita. Havia no Brasil uma fábrica da Ford Electronics, que tinha uma grande operação de fabricação para exportação. Eles tinham interesse em agregar conteúdo local (lembrando que a VSI tinha como sócia majoritária a SID Microeletrônica, que tinha fábrica no Brasil).

A Motorola já existia no Brasil em outros segmentos, entretanto percebeu que havia no país pessoal qualificado, vendo nisso uma oportunidade de negócios no segmento de desenho de circuitos integrados no Brasil. Na época, a empresa buscava talentos e pessoal qualificado e tinha como estratégia ir onde o talento se encontrava, ao invés de levar esses talentos para outras regiões.

Iniciamos, há uns 12 anos, como Motorola Setor de Semicondutores (SPS). Nessa época existiam alguns incentivos da Lei de Informática para alguns setores de fabricação local da Motorola, porém o setor de semicondutores não tinha fábrica e nem incentivos.

Em um determinado momento tivemos uma grande necessidade de expansão. Começamos a praticamente dobrar a cada ano. No início, trouxemos quase todas as pessoas que tinham experiência em outras DHs que haviam fechado (VSI, Itaucom, Elebra, IBM etc), porém em um dado momento esgotou o “estoque” de RHs qualificados. Precisávamos achar uma forma de treinar de forma acelerada pessoas sem experiência. Os setores de Celular e Base Station da Motorola e o Ministério da Ciência e Tecnologia, por meio da FINEP, então, nos cedeu algum dinheiro para, por meio do Eldorado, criar um curso de formação (PNM).

A estratégia local da Motorola em buscar talentos se deu por existir no país uma presença local, com um grupo inicial com experiência demonstrada (já que esse grupo já havia concorrido e ganhou mercado da Motorola), uma estabilidade econômica e social, fuso horário bem conveniente em relação a USA e Europa, excelente infraestrutura de comunicações, estradas e aeroportos, um certo custo competitivo, além do fato do departamento estratégico da Motorola ver o Brasil despontando como grande mercado e player internacional. Tudo isso contribuiu para a decisão da Freescale instalar-se no país.

2. Qual o segmento e modelo de negócios da Freescale do Brasil?

A Freescale do Brasil atua na divulgação e apoio a clientes quanto aos produtos (chips) do nosso catálogo. Tem também um centro de projetos, no qual está a maioria de seus funcionários hoje. O Centro de Projetos é caracterizado como um centro de projetos cativo, no sentido de que projeta apenas para atender a demanda de um catálogo de produtos que possam ser vendidos a quaisquer clientes, não sendo dedicados a clientes em específico, salvo raras exceções.

3. Qual o impacto da Freescale Brasil para a Freescale mundial?

Do ponto de vista comercial representamos cerca de 3 a 4% das vendas globais. A parte do centro de P&D é um dos centros principais da FSL na área de projeto de microcontroladores. Em especial, na área de processadores para o mercado automotivo, os produtos top e high end são feitos hoje no Brasil e Austin. Cerca de 70% dos projetos dos micros high end e medium end para o segmento automotivo são feitos no Brasil, 90% das memórias Flash embutidas em microcontroladores da FSL são hoje projetadas aqui.

4. Como a Freescale do Brasil atravessou a crise mundial?

Com muita dificuldade. Listo aqui algumas razões: a) dependemos do mercado global, sendo que a maioria dos clientes ainda não se recuperou; b) somos líderes no mercado automotivo. Só que desta vez, o mercado automotivo foi o que mais sofreu, sendo que dois grandes clientes (Chrysler e GM), entraram em concordata; c) o orçamento do centro de projeto vem do orçamento global de P&D. Como este foi afetado pela crise, também fomos igualmente atingidos.

5. Considerando que a crise está acabando, quais são os planos futuros da *Freescale* Brasil em relação a investimentos e contratações? Há planos de contratar egressos de programas de formação e capacitação de projetistas?

Em relação a planos de investimentos nossa posição é de cautela. Temos expectativas positivas em relação a 2010, porém vai ser no decorrer do ano que vem que voltaremos a investir e isso ditará o nível de investimento.

Considerando os egressos do programa, temos intenção de contratar pelo menos uma parte. Podemos adiantar que muitos deles têm nos surpreendido em relação à performance e estamos muito satisfeitos com o nível de aprendizado e, se possível, faremos ofertas de emprego.

6. Como o Sr. avalia as políticas públicas recentes para o setor de microeletrônica?

As políticas são muito positivas (ênfatisando o MUITO). Tenho apenas algumas observações e preocupações:

- *um certo desencontro entre agências do governo no que se relaciona a ações específicas na área;*
- *falta de um plano detalhado de implantação e gerenciamento da execução; e não pode parecer crítica negativa, considerando-se que esta administração fez coisas muito positivas para a microeletrônica. Um ponto que talvez contribua para este estado de coisas seja a situação atual em que a administração e condução do programa são feitas por múltiplas agências e entidades, de forma fragmentada.*

Entrevistado: Henrique Miguel – Coordenador-Geral de Microeletrônica da Secretaria de Política de Informática do Ministério de Ciência e Tecnologia

1. Qual o impacto na economia nacional das políticas públicas na área de microeletrônica?

Não é uma pergunta que tenha uma resposta muito simples. Nós não conseguimos medir o impacto direto na economia nacional. O que sabemos é que existe realmente um déficit significativo decorrente da importação de componentes, principalmente circuitos integrados e que esse impacto é significativo porque ele tende a crescer ao longo do tempo com o aumento de componentes eletrônicos e da eletrônica nos mais diversos segmentos industriais.

O risco que a gente verifica de não dispormos de uma indústria de microeletrônica no país é exatamente esse, o grande impacto que hoje já é identificado e medido em vários segmentos produtivos. Essa dependência não é só tecnológica, mas também em questões relacionadas ao déficit comercial, causando um problema ainda maior, pois, para compensar o déficit do complexo eletrônico e principalmente de componentes, é necessário produzir uma quantidade cada vez mais crescente desses produtos. Tanto é que nos últimos anos o déficit do complexo eletrônico, em particular de componentes, é sempre o segundo ou terceiro maior item de importação da pauta brasileira. (O primeiro normalmente é o de petróleo e seus derivados).

Então, mesmo tendo um impacto inferior a 10% no PIB, o setor gera uma deficiência na cadeia produtiva não só do complexo eletrônico, mas em outros segmentos que dependem de seus produtos ou processos para se desenvolver e crescer. Aí é que reside o problema, na hora em que você precisar produzir mais para crescer, se depara com problemas relacionados à dependência tecnológica externa, pois necessita de mais produtos/equipamentos que utilizam a eletrônica como componente levando a um ciclo de dependência, não só comercial, mas industrial e tecnológico.

Desse ponto surge a pergunta: Por que o déficit não é mais significativo? Porque o preço dos componentes também cai aceleradamente, ou seja, o desempenho aumenta e o preço cai, é a chamada Lei de Moore. Se essa lei não tivesse efetividade, a utilização de produtos com valor tecnológico seria impagável há muitos anos.

2. Falando em Lei de Moore, algumas pessoas dizem que ela não vai valer mais, outras que continuará valendo com o desenvolvimento de novas tecnologias. Qual a sua opinião?

O ponto que alguns críticos defendem é o seguinte: está chegando o limite físico do silício, esse é o problema e realmente está acontecendo. Mas tem que lembrar que a área de semicondutores, em particular os circuitos integrados, já está em escala nano há muito tempo. Hoje a Intel está construindo uma fábrica que trabalhará em escala de 20 nm. Existem outros componentes que ainda continuam em escala micrômetro, mas você pode combinar esses componentes com outras tecnologias que integram outras funções. Para mim, a Lei de Moore continua, perpassando para outros setores industriais. Por exemplo, o setor elétrico com iluminação ecologicamente correta.

3. Como é realizado o acompanhamento e avaliação das *design houses* financiadas pelo MCT?

As DHs iniciaram suas operações em 2006 e pelo pouco tempo de vida, elas são nascentes, bebês, estando muito frágeis ainda. Nós começamos em 2008 e 2009 a solicitar relatórios e realizar reuniões de acompanhamento e avaliação onde todos os coordenadores expuseram qual era o caminho que cada DH seguiria. A dificuldade maior que eu vejo é que as DHs hoje não são ainda caracterizadas como empresas, como instituições independentes. Elas têm uma forte dependência de recursos oriundos do governo. O que me preocupa na realidade não é nem o acompanhamento e avaliação, mas sim a sustentabilidade dessas DHs nos próximos anos.

De qualquer forma, o acompanhamento e avaliação têm sido realizados, com representantes do MCT e do CNPq. Nós visitamos a maioria das DHs, só não fomos ainda à DH de Manaus, apesar de termos conversado com a principal empresa que fez projetos com o CT-PIM, que nos deu o retorno de que tudo correu bem. Houve também uma reunião de avaliação da Comissão do CI-Brasil e eles informaram que todas as DHs apresentaram seus resultados.

4. Quais são os resultados dessas avaliações?

A SEPIN/MCT, a FINEP e certamente o CNPq devem ter realizado uma avaliação dos projetos contratados. Cabe ressaltar também que para o ano de 2010, conforme previsto no Termo de Referência aprovado no MCT e na FINEP para a continuidade do Programa, foi previsto recursos para avaliação dos resultados por consultores externos, o que me parece mais correto. Além do Programa CI-Brasil iniciará também a Rede de Microeletrônica do SIBRATEC, que visa apoiar a realização de projetos conjuntos entre

as DHs e empresas. A Rede Microeletrônica do SIBRATEC prevê uma equipe de gestão e coordenação que avaliará os resultados obtidos.

Pelo lado da SEPIN posso informar que os resultados do Programa CI-Brasil foram positivos, principalmente pelo interesse e participação demonstrado pelas comunidades acadêmica e empresarial. Entretanto, identifiquei dois problemas estruturais sérios: (i) a crise mundial no final de 2008 e (ii) a pouca efetividade dos mecanismos e instrumentos de atratividade de investimentos, sejam internos ou externos, voltados para a criação e implantação de DHs privadas. Mesmo assim, em torno de 4 empresas surgiram, além da Freescale. No mais, para um projeto que tem apenas 5 anos, conseguimos avançar bastante. A DH do CEITEC é um sucesso, todos os chips projetados estão no mercado. A do LSI-TEC já gerou até spin-offs; o CETENE realizou projetos com diversas empresas de TIC e está impulsionando o Brazil-IP; o von Braun foi selecionado pela Toshiba Semicondutores para treinar 20 projetistas no Japão e prevê a criação de uma empresa de projeto no Brasil; o CT-PIM ampliou os projetos com a NXP e já identificou outros parceiros; o CESAR montou a sua infraestrutura, desenvolveu projetos e criou a empresa Siliconreef. O CTI, além da DH, dispõe de laboratórios complementares para apoio ao segmento - etapa de back-end, configuração e testes, com infraestrutura laboratorial atualizada recentemente.

Enfim, caminhamos bastante. Temos muito por fazer, creio que devemos ampliar a formação de RHs, ampliar a cooperação internacional, corrigir as falhas na legislação de incentivos para tornar o País competitivo na atratividade de investimentos, buscar formas de tornar as DHs competitivas e sustentáveis, garantir recursos contínuos etc.

5. O MCT não se preocupa que a Freescale, única DH sustentável no momento, está demitindo funcionários e substituindo por bolsistas do Programa CI-Brasil?

Esta questão preocupa bastante o MCT por diversas razões, entre elas as seguintes: a Freescale demitiu projetistas em 2009, creio que pela 1ª vez, mas as demissões foram resultado da crise mundial do final de 2008; lembro que a crise de 2008 afetou também as ações de atração de investimentos e de formação de projetistas. Analisando o cenário mundial vemos a empresa Freescale como um todo, com dificuldades no mercado o que é mais preocupante ainda. Quanto a ser sustentável, a sustentabilidade da Freescale depende dos humores da matriz, a sua competência está clara. Em relação à substituição dos funcionários, o CEITEC acabou atraindo parte dos projetistas com experiência comprovada. Assim, a preocupação maior refere-se à continuidade das operações da

Freescale no Brasil, as dificuldades para atrair investimentos em projeto, sejam de empresas nacionais ou internacionais e a busca pela sustentabilidade das DHs do Programa CI-Brasil.

6. Quantos e quais *chips* foram desenvolvidos, quantos e quais foram validados, quantos e quais foram ou serão comercializados?

Tenho a informação que 21 chips já foram desenvolvidos, prototipados e validados e na sua maioria estão sendo comercializados. Mas a informação detalhada precisa ser obtida com as DHs.

7. Qual será o impacto para o setor de semicondutores com a criação de um único imposto para regularizar as atividades dos sacoleiros vindos do Paraguai?

Não vejo nenhum impacto para o setor de semicondutores. Os principais produtos de TIC não podem ser importados por essa modalidade.

8. Isso não possibilitará a entrada de produtos chineses pelo Paraguai, desestruturando as tentativas do Governo Federal em estimular o desenvolvimento do setor de microeletrônica no Brasil?

O problema maior será para os produtos de consumo, seja PC de mesa e portáteis, celulares, DVD blue-rays etc., e não propriamente para o setor de microeletrônica, reitero. A indústria de microeletrônica no Brasil resume-se basicamente à Smart, Aegis, Semikron e às DH, que pouco dependem do segmento impactado pela Lei dos Sacoleiros, cujo impacto ainda não está claro. Outra informação: o MCT integra a comissão que acompanhará o programa criado.

9. Qual o papel do MDIC nessas ações de microeletrônica?

O MDIC é o principal parceiro do MCT na Lei de Informática, no PADIS e no PATVD. O MDIC é o coordenador do GT-PPB, que propõe a fixação e a alteração dos Processos Produtivos Básicos, que normalmente definem critérios e condições sob o aspecto de etapas de produção para que os produtos possam se beneficiar dos incentivos do Pólo Industrial de Manaus - PIM e da Lei de Informática. O MDIC também participa do CATI, da Comissão de Coordenação do Programa CI-Brasil e do FUNTTEL. As formulações de política na área sempre contaram com a participação do MDIC desde o ano de 2000.

10. Que papel o Governo Federal reserva para o CEITEC? Há um papel social na execução de políticas públicas para o desenvolvimento da área ou seu foco será prioritariamente empresarial?

A criação da empresa pública CEITEC passou por um Projeto de Lei, aprovado pelo Congresso, disciplinado por uma Lei e um Decreto. De uma forma geral, foi definido o papel do CEITEC (Lei nº 11.759, de 31.07.2008 e Decreto nº 6.638, de 7.11.2008). Acredito que a missão do CEITEC é ser uma foundry de médio porte, uma DH com mais de 100 projetistas, inserida no mercado internacional de semicondutores, com parceiros fortes e, na medida do possível, permitindo participação de capital nacional e internacional. O CEITEC deverá também ser um importante aliado para projetos de Governo, visando à execução de projetos importantes para a sociedade, como a rastreabilidade de animais, de alimentos, de fármacos, logística, correspondências, produtos em geral etc., conforme definido pela sua diretoria.

Entrevistada: Marília Lima – CEO da empresa *Siliconreef*

1. Como se encaixam os modelos de funcionamento da empresa *Siliconreef* e a DH do CESAR?

A Siliconreef é um spinoff da DH César e essa DH aos poucos deixará de existir. Isso vai acontecer aos poucos.

2. Por favor, descreva como está sendo planejada a transição das atividades e ativos da DH CESAR para a empresa *Siliconreef*? Como serão definidas questões de propriedade intelectual dos *chips*?

A propriedade intelectual é da Siliconreef. O CESAR Org é sócio da Siliconreef, ainda informalmente. Quando ele for formalmente sócio da empresa Siliconreef, o CESAR Org ganhará com a propriedade intelectual. Hoje existe um acordo informal (mas existe). A formalização acontecerá quando entrar um investidor. Assim haverá a mudança de contrato da empresa. Por enquanto existem contatos com o CRIATEC e com a Intel Venture (Califórnia). A incorporação da DH Cesar seria no longo prazo.

3. Qual a estratégia de negócios da empresa *Siliconreef* no mercado nacional e mundial de projetos de circuitos integrados?

*A estratégia de saída é ser incorporada por uma empresa maior. O modelo de negócios é vender propriedade intelectual. Ainda não há um segmento específico, mas provavelmente será na área de *móBILE*, *consumer electronic* – *ce* (*dispositivo eletrônico portátil*).*

4. Qual será a política de contratações da *Siliconreef*?

Hoje a gente tem CLT e bolsistas. A contratação pela CLT é feita via FINEP e FACEPE (FAP Estadual). A gente está incorporando os bolsistas, à medida que temos recursos pra CLT. A idéia é migrar com o tempo.

A Siliconreef tem como proprietários eu e o Tiago e somos pagos por projetos que executamos para o CESAR.

Quando surgir o investidor, alteraremos o contrato social da empresa e comporemos uma Sociedade Anônima, tendo como sócios eu, Tiago, CESAR e o investidor.

5. Há uma função social para a *Siliconreef* na sua visão de futuro?

Colocar o Brasil como desenvolvedor de tecnologia de ponta e desenvolver tecnologia verde que gere sustentabilidade. O foco da gente hoje é energy harvesting, tirar energia do meio e produzir energia elétrica para os dispositivos eletrônicos, como por exemplo, energia solar, térmica e vibração. O produto EH01 desenvolvido pela Siliconreef é voltado para eficiência energética e ganhou o prêmio Desafio Brasil 2009, competição de empreendedorismo coordenada pelo Centro de Estudos em Private Equity e Venture Capital da Fundação Getúlio Vargas (GVcepe) com apoio da INTEL.

6. Qual a sua percepção em relação às políticas públicas para o setor de semicondutores?

Nos decidimos abrir a Siliconreef justamente pra aproveitar o momento de incentivos públicos, por meio do FINEP, CNPq, PRIME, BNDES. Como todos têm uma visão voltada para semicondutores, a gente achou que o momento era oportuno. O PADIS também é importante, pois foi um marco regulatório para o setor. Embora hoje seja mais voltado pra fábrica, mesmo assim ajuda as DH.

7. Quais lacunas que o PADIS têm em relação ao segmento de desenho de circuito integrados?

Já demos feedback para MCT e MDIC, eles estão estudando e irão propor novas alterações na lei.

Por exemplo, hoje o CEITEC ainda não funciona e o PADIS não isenta impostos pra fazer protótipo dos circuitos e encapsulamento fora do país. O PADIS assume que o CEITEC funciona e que podemos fazer tudo em casa e isso não é verdade. Além disso, o CEITEC só tem uma tecnologia, então, por exemplo, se agente for trabalhar com processador ARM ou Intel, o CEITEC não tem como fazer, e a nossa cadeia de valor é pouco desenvolvida. Temos poucas opções aqui, então o custo pra gente prototipar continua alto.

8. Você acha que está estruturando aqui no Brasil um Sistema Setorial de Inovação para Semicondutores?

Na idéia sim, na prática está longe. Em termos de idéia e intenção sim, mas a prática ainda está muito distante disso.

9. E o que falta?

Executar o planejamento. Falta uma maior interação entre os atores e mais recursos para investimentos.

10. Você acha que deveria haver Centros de Treinamento no Nordeste?

Com certeza. Natal, Fortaleza, Paraíba, Pernambuco e Bahia formam recursos humanos nessa área. Mas tem que migrar para o eixo sul e sudeste. Dessa forma, o rico fica mais rico, e o pobre mais pobre.

11. Em relação à crise mundial, quais foram os impactos?

Muito. Retração de investimento. Tivemos impactos em função das empresas pararem de investir. Engavetaram os projetos de P&D, sem contar que o CEITEC tem dinheiro público garantido pra pagar CLT, o que impacta na contratação e manutenção de recursos humanos.

12. Continuarão investindo em P&D na Siliconreef?

Não tem como não investir é condição básica nesta área. É preciso investir para sobreviver. O investimento em P&D se dá em parceria com institutos estrangeiros pra ganhar know how mais rápido. O CESAR ajuda através do seu histórico com P&D, mas a idéia é que o CESAR org vire investidor, onde a gente use o nome CESAR pra carimbar a Siliconreef.

Entrevistado: Nilton Itiro Morimoto – Presidente da Sociedade Brasileira de Microeletrônica – SBMICRO

1. Quais as ações que a SBMICRO tem feito para estimular o desenvolvimento da microeletrônica no país?

A SBMICRO atua fortemente nas ações, principalmente de governo, no estabelecimento de políticas de incentivo para o setor. Apóia o Plano Nacional de Microeletrônica criando sinergia entre os grupos de P&D nas diversas áreas de pesquisa, com a finalidade de estabelecer metas conjuntas para o desenvolvimento tecnológico.

Participa ativamente das diversas comissões de análise de propostas, fornecendo dados e pareceres técnicos, auxiliando na elaboração de chamadas de trabalho e propostas de projeto, estabelecendo contatos entre os grupos de pesquisa tanto nacionais como internacionais, estabelecendo contatos e colaborações entre os setores acadêmicos e empresariais.

2. Essas ações têm como foco a inovação no setor, ou atividades acadêmicas?

A microeletrônica é utilizada como MEIO para a inovação dos mais diversos setores da economia. Ela em si promove mais desenvolvimento tecnológico do que inovação em microeletrônica.

As ações da SBMICRO para o fortalecimento ou geração de inovação em produtos e tecnologias eram voltadas principalmente para o setor acadêmico, tanto em projetos de pesquisa como formação de recursos humanos de alto nível (mestrado e doutorado), devido ao fato de que as atividades de microeletrônica eram essencialmente desenvolvidas nas universidades.

Recentemente, com a criação do programa CI Brasil, houve uma mudança de foco para criar e incentivar o setor produtivo numa clara demonstração de mudança da política pública do Setor. Assim o projeto de criação do CEITEC foi fortemente incentivado e priorizado no MCT, foram criados inicialmente sete DH para o desenvolvimento de projetos de CI, dois Centros de Treinamento de projetistas de CI e em 2009 foram criadas mais nove DH. Houve o aumento significativo do número de bolsas para a área de microeletrônica e mais recursos financeiros por meio de editais da FINEP e CNPq.

Desta forma, a SBMICRO voltou seu foco para as ações de incentivo ao setor produtivo acompanhando a mudança da política pública. No entanto, ela mantém suas atividades de incentivo ao setor acadêmico, como por exemplo, a criação de um novo programa de formação de RH, chamado FPGA para todos, além de outras atividades que estavam em curso. Desta forma, hoje a SBMICRO atua fortemente tanto no setor acadêmico como no empresarial.

3. A SBMICRO tem sido utilizada como um instrumento de ligação entre o governo, a academia e a empresa?

Certamente! Como dito acima, talvez a maior contribuição da SBMICRO é servir de elo de ligação entre o governo, a academia e a empresa dando o direcionamento mais adequado para o desenvolvimento do setor de microeletrônica no país.

4. Existem estudos de prospecção de mercado realizados pela SBMICRO?

A SBMICRO não realiza este tipo de prospecção em si. Ela integraliza os dados fornecidos por órgãos especializados internacionais e nacionais.

5. Qual a percepção da SBMICRO em relação às políticas públicas para a área de microeletrônica?

As políticas públicas para o setor de microeletrônica eram praticamente inexistentes até alguns anos atrás. A criação da PITCE inseriu a área de microeletrônica novamente na pauta de prioridades do Governo Federal. Diria até que colocou todas as áreas de desenvolvimento científico e tecnológico na pauta de prioridade do governo. Com isso, houve uma ampla discussão, com forte participação da SBMICRO no direcionamento das políticas públicas para o desenvolvimento do setor. Este direcionamento, por sua vez, gerou muitas discussões sobre a sua adequabilidade e eficácia, mas a SBMICRO julga que é o que é possível ser feito considerando todo o ecossistema econômico e tecnológico tanto nacional como internacional (estamos passando atualmente por uma forte crise do setor de semicondutores). Assim sendo, a SBMICRO julga serem adequadas as políticas públicas adotadas até o momento para o desenvolvimento do setor de microeletrônica no País considerando tanto o momento histórico, quanto o econômico pelo qual o Brasil está passando. Pois o sucesso da inovação depende fortemente do momento adequado dela ser lançada no mercado. Um produto muito

inovador tem sério risco de não ser demandado naquele momento (vide o exemplo do carro elétrico da antiga Gurgel, nos anos 1980).

Entrevistada: Edelweis Helena Garcez Ritt - Diretora Presidente Interina da Associação Sem Fins Lucrativos CEITEC

1. Como se encaixam os modelos de funcionamento da Associação Civil e a Empresa CEITEC?

Os dois têm em comum apenas a história e o nome. Trata-se de duas empresas distintas, com CNPJ separados. Toda a gestão é de forma independente. A CEITEC Associação tem um termo de cooperação técnica com a CEITEC S.A.

2. Descreva como está sendo planejada a transição das atividades e ativos da associação civil CEITEC para a empresa pública CEITEC. Como serão definidas questões de propriedade intelectual dos *chips* já desenvolvidos?

*Não existirá transição, conforme mencionei anteriormente, trata-se de empresas separadas. A Associação até já licenciou coisas para a CEITEC S.A. Isto depende do conselho de administração da Associação, da S.A. e de outros procedimentos previstos nos estatutos das duas instituições. As duas continuarão existindo, por isto não considero transição. Quanto aos *chips* custeados pelo BNDES, a decisão ficou a cargo deles.*

3. Qual a estratégia de negócios do CEITEC Associação no mercado nacional e mundial de projetos e na fabricação de circuitos integrados?

A estratégia utilizada pela Associação será a de prestar serviços de projeto para a CEITEC S.A. como cliente mais óbvio, mas também para outras empresas que trabalhem o ramo de expertise. Temos nichos claros e não faremos qualquer projeto. O design de referência e o software serão realizados aqui, a difusão nem sempre será realizada no CEITEC Associação, às vezes será necessário solicitar serviço externo, o encapsulamento será realizado em outro país, pois hoje não existe esta capacidade aqui no Brasil e o resto da cadeia será realizado fora até que o país consiga a expertise para realizá-lo internamente.

4. Qual a política de contratações do CEITEC Associação?

Contratação por projeto por tempo determinado. Sem quadro fixo, por meio de bolsas ou contratos por tempo determinado. A Associação pretende utilizar um

Marketing mínimo somente dentro do CI Brasil. Não seremos uma empresa com marketing internacional etc.

A CEITEC S.A tem produtos e procura inserir-se no mercado. Já a CEITEC Associação depende de recursos da FINEP ou da S.A. para realizar seus projetos. Entretanto, se uma outra empresa vier e custear os projetos para a Associação estaremos disponíveis para realizar projetos em parceria.

5. Há uma função social para o CEITEC Associação na sua visão futuro?

Sim. Pretendemos treinar pessoas, focar em atividades de P&D de longo prazo, bem como fazer convênios com universidades.

6. Qual a sua percepção em relação às políticas públicas para o setor de semicondutores no Brasil?

Positiva. Claro que às vezes elas se desenvolvem lentamente. Existe a vontade, mas leva tempo demais e o setor de semicondutores exige agilidade. Por exemplo: os editais da FINEP demoram quase um ano para que o contemplado receba os recursos, enquanto isso, o chinês já está com o produto no mercado. Mas não sei se existe uma forma de agilizar, pois percebo os esforços que os gestores públicos fazem para que o setor seja mais ágil, entretanto o sistema é muito complexo, esbarrando em várias condicionantes burocráticas.

7. E por falar em China, como é que a CEITEC Associação passou pela crise do ano passado?

Não tivemos problemas. Nós tínhamos projetos em andamento e como os projetos de semicondutores são longos, não chegou a afetar principalmente pelo fato do nosso mercado ser interno. Como a nossa fonte de recursos é normalmente oriunda do governo, nós não fomos afetados.

8. Você acha que está se estruturando no Brasil um Sistema Setorial de Inovação para Semicondutores?

Como diria em alemão “Langsam aber sicher” – devagar, mas certamente.