

UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO
FACULDADE DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS ECONÔMICAS

IGOR FERREIRA BUENO

RETOMADA DO APOIO À INDÚSTRIA DE SEMICONDUTORES NO BRASIL NOS
ANOS 2000 E DO DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA NACIONAL DE INOVAÇÃO
DE MICROELETRÔNICA

Rio de Janeiro
2014

IGOR FERREIRA BUENO

RETOMADA DO APOIO À INDÚSTRIA DE SEMICONDUTORES NO BRASIL NOS ANOS 2000 E DO DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA NACIONAL DE INOVAÇÃO DE MICROELETRÔNICA

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Economia da Faculdade de Ciências Econômicas da UERJ como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Ciências Econômicas, ênfase em Economia Internacional.

Orientador: Luiz Fernando Rodrigues de Paula

Rio de Janeiro

2014

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)

Responsável: Biblioteca CCS/B, da Faculdade de Ciências Econômicas da UERJ.

RETOMADA DA INDÚSTRIA DE SEMICONDUTORES NO BRASIL NOS ANOS
2000 E A FORMAÇÃO DO SISTEMA NACIONAL DE INOVAÇÃO DE
MICROELETRÔNICA

Bueno, Igor Ferreira

Retomada do Apoio à Indústria de Semicondutores no Brasil nos Anos 2000 e do Desenvolvimento do Sistema Nacional de Inovação de Microeletrônica/ Igor Ferreira Bueno – Rio de Janeiro, 2014.

106 p.: fig., tab

Orientador: Luiz Fernando Rodrigues de Paula

Ênfase em Economia Internacional

Dissertação (Mestrado em Economia) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Autorizo, apenas para fins acadêmicos ou científicos, a reprodução parcial ou total desta tese.

Assinatura

Data

IGOR FERREIRA BUENO

RETOMADA DO APOIO À INDÚSTRIA DE
SEMICONDUCTORES NO BRASIL NOS ANOS 2000 E DO
DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA NACIONAL DE
INOVAÇÃO DE MICROELETRÔNICA

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Economia da Faculdade de Ciências Econômicas da UERJ como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Ciências Econômicas, ênfase em Economia Internacional.

_____ em ____ de _____ de 2014

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Orientador Luiz Fernando Rodrigues de Paula

Profa. Dra. Ana Carolina da Cruz Lima

Profa. Dra. Marina Honório de Souza Szapiro

Dedico esta dissertação a minha esposa, eterna parceira nos momentos difíceis das nossas vidas.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus por iluminar e me dar forças em todos os momentos do mestrado e permitir que eu chegasse a tão sonhada conclusão.

À minha esposa, Ana Carolina Queiroz, por compreender a importância deste trabalho, assim como me fazer acreditar que conseguiria terminar a dissertação.

À minha mãe e irmão, Fátima Bueno e Vinicius Bueno, companheiros permanentes e de prontidão para todas as horas.

Ao meu orientador, Luiz Fernando de Paula, pelas aulas no curso de mestrado, oferecendo a mim uma nova visão da teoria econômica, bem como suas contribuições e sugestões durante o processo de escrita da dissertação.

Ao meu amigo André Nunes, pelo incentivo na realização do mestrado e pelos seus conhecimentos setoriais que foram extremamente úteis para subsidiar minha pesquisa.

Aos meus amigos do curso de mestrado, em especial, Michelly, Jaqueline e Guilherme, que desde o início compartilharam as conquistas e as dificuldades neste período.

Ao meu amigo Paulo Tosta, com quem pude aprender sobre o tema e em muito ajudou durante a elaboração deste trabalho.

Ao meu amigo Vitor Monteiro, com quem pude dividir os momentos complicados nesta etapa final, tendo em vista passar pelas mesmas angústias e medos em seu trabalho de dissertação na carreira jurídica.

A todos os entrevistados, que com muito carinho me receberam e permitiram a realização da pesquisa de campo: Henrique Miguel, Rosana Casais e Cristiano Richter.

RESUMO

Esta dissertação analisa o processo de retomada do apoio à indústria de semicondutores e do desenvolvimento do sistema nacional de inovação em microeletrônica. Demonstra-se que há um entendimento do governo atual em apoiar de maneira sistemática este segmento, a partir de incentivos que permitam fortalecer as atividades de inovação das principais empresas, instituições de pesquisas e universidades. Como base teórica considerou-se a interpretação adotada pela teoria neo-schumpeteriana e pelo conceito de sistema de inovação sobre o processo de desenvolvimento e crescimento econômico. Levando-se em conta as políticas industriais do Brasil implementadas ao longo dos anos 2000, procurou-se identificar os principais efeitos de curto prazo sobre as atividades sistêmicas de microeletrônica, bem como as perspectivas de trajetória de crescimento deste setor no país. Foi feita uma análise da situação da balança comercial brasileira do complexo eletrônico, salientando o elevado déficit estrutural por qual o país atravessa. É possível ainda verificar a análise realizada com os dados da Pintec dos anos de 2005, 2008 e 2011, mostrando a evolução das atividades de inovação neste segmento. Por último, foi realizada uma pesquisa de campo, a partir da qual se analisou o estágio de desenvolvimento do sistema de inovação de microeletrônica, com base na percepção dos atores integrantes deste sistema.

Palavras-chave: sistema nacional de inovação; microeletrônica; indústria de semicondutores.

ABSTRACT

This essay examines the support's resumption to the semiconductor industry and the development of the national system of innovation in microelectronics. It is shown that there is an understanding of the current government to support in a systematic way this segment, from incentives to strengthen innovation activities of major companies, research institutions and universities. As theoretical basis it was considered the interpretation adopted by neo-schumpeterian theory and the concept of the innovation system in the process of development and economic growth. Considering industrial policies implemented in Brazil during the 2000s, it was intended to identify the main short-term effects on the systemic activities of microelectronics, as well as the prospects of growth trajectory of this sector in the country. The analysis of the situation of the electronic complex's trade balance was taken emphasizing the high structural deficit by which the country is going through. Moreover, it is possible to check the data analysis Pintec for the years 2005, 2008 and 2011, showing the evolution of innovation activities in the segment. Finally, a field survey was conducted, from which we analyzed the developmental stage of the innovation system of microelectronics, based on the perception of the members of this system.

Keywords: national innovation system; microelectronics; semiconductor industry.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Produção e preços de circuitos integrados nos EUA e a importância do mercado de defesa, 1962 - 1968.....	43
Tabela 2 - Principais contribuintes de pesquisa básica e total de P&D em semicondutores nos EUA em 1972 (US\$ milhões)	44
Tabela 3 - Especificações Técnicas de um Circuito Integrado (CI)	47
Tabela 4 - 20 Maiores Fabricantes Mundiais de Semicondutores do Mundo – 1º Semestre de 2013.....	51
Tabela 5 - Crescimento do Investimento Direto Estrangeiro na Costa Rica 1995 – 2004 (US\$ Milhões).....	54
Tabela 6 - Saldo da Balança Comercial do Complexo Eletrônico do Brasil – em US\$ milhões.....	64
Tabela 7 - Balança Comercial do Complexo Eletrônico do Brasil (em US\$ milhões)	80
Tabela 8 - Principais Produtos Importados do Complexo Eletrônico brasileiro (em US\$ milhões).....	82
Tabela 9 - Valor dos dispêndios relacionados às atividades inovativas na fabricação de componentes eletrônicos no Brasil - 2005 e 2008.....	84

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Mercado Mundial de Semicondutores – 2003 / 2014.....	49
Gráfico 2 - Taxa Nominal de Câmbio do Brasil em 2012.....	81

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Modelo Linear de Inovação – Technology Push ou Science Push.....	25
Figura 2 – Modelo Linear De Inovação – Demand Pull	27
Figura 3 – Modelo Elo da Cadeia ou Chain Linked Model.....	29

Figura 4 - Cadeia Produtiva de Circuitos Integrados.....	48
Figura 5 - Subprogramas Mobilizadores.....	68
Figura 6 - Design Houses do Programa CI Brasil e empresas privadas de design ...	77
Figura 7 - Principais Empresas Nacionais e sua Especialização na Cadeia Produtiva de Semicondutores	79
Figura 8 - Relação das Instituições entrevistadas	90

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	13
Capítulo 1	16
Evolução Tecnológica e a Formação do Sistema Nacional de Inovação	16
1.1 – Bases Técnicas da Primeira e Segunda Revolução Industrial	16
1.2 – Mudanças técnicas no pensamento neoclássico.....	18
1.3 – A abordagem schumpeteriana	21
1.4 – A Evolução do pensamento schumpeteriano e a visão neo-schumpeteriana.....	24
1.5 – A importância da abordagem de Sistema Nacional de Inovação.....	31
Capítulo 2.....	39
A Origem da Indústria de Semicondutores.....	39
2.1 – A microeletrônica como base de um novo paradigma técnico e econômico	39
2.2 – Definição e evolução tecnológica dos semicondutores	41
2.3 – Aspectos técnicos e etapas para produção de um circuito integrado	46
2.4 – Situação atual da indústria de semicondutores no mundo e seus principais atores.....	48
2.5 – Resultados da implantação da Intel na Costa Rica.....	53
Capítulo 3.....	57
A Indústria de Semicondutores no Brasil a partir da Década de 1980	57
3.1 – Contexto da microeletrônica no Brasil nos anos 1980 e 1990	57
3.2 – A Lei de Informática e seus efeitos para o setor de microeletrônica	59
3.3 – Políticas recentes da microeletrônica no Brasil.....	62
3.3.1 – A Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior (PITCE) e o seu foco em atividades de inovação	62
3.3.2 – A manutenção do foco em inovação com a Política de Desenvolvimento Produtivo (PDP).....	66
3.3.3 – O Plano Brasil Maior (PBM) e sua abordagem para o setor de microeletrônica.....	68

3.4 – Ações diretas do Estado para a formação do Sistema Nacional de Inovação.....	70
Capítulo 4.....	76
A Retomada dos Incentivos à Microeletrônica no Brasil e Desenvolvimento do Sistema Nacional de Inovação	76
4.1 – Estrutura do Sistema de Inovação e a organização interna na cadeia produtiva.....	76
4.2 – Análise da balança comercial brasileira do complexo eletrônico.....	80
4.3 – Análise dos dados da Pintec para o setor de microeletrônica.....	83
4.4-Principais impactos das Políticas Microeletrônicas sobre o Sistema de Inovação.....	86
4.5 – O Sistema de Inovação de microeletrônica no Brasil, a partir de dados primários.....	88
4.5.1 – Metodologia da pesquisa de campo	89
4.5.2. - Análise da pesquisa não estruturada	91
CONCLUSÃO	96
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	99
ANEXO I – Roteiro das Entrevistas.....	106

INTRODUÇÃO

O objetivo desta dissertação é analisar o esforço em retomar o apoio à indústria de semicondutores no Brasil, a partir dos anos 2000 e a perspectiva do desenvolvimento do sistema nacional de inovação de microeletrônica. A hipótese básica é que os resultados até o momento das ações do governo fez com que se desenvolvesse um sistema de inovação composto por algumas empresas específicas, universidades, centros de projetos de *design* de chips, o governo e a atuação dos seus ministérios, bancos e agências de fomento e uma legislação favorável ao desenvolvimento desta indústria no país.

A importância do setor de microeletrônica é reconhecida como difusor de tecnologia e gerador de externalidades em outros segmentos. Neste sentido, as decisões estratégicas devem estar centralizadas pelo Estado, ainda que medidas de políticas de liberalização sejam recomendadas pelos países desenvolvidos.

Um dos principais problemas atuais da economia brasileira é o alto déficit da balança comercial do complexo eletrônico. As multinacionais deste segmento continuam concentrando suas atividades de desenvolvimento tecnológico nos países desenvolvidos e no leste asiático. Dessa forma, os argumentos colocados neste trabalho somados a estes fatos evidenciam a relevância do tema desta dissertação, no sentido da necessidade de alavancar esta área no país.

Para tratar o objeto de estudo considerou-se a interpretação adotada pela teoria neo-schumpeteriana e pelo conceito de sistema de inovação sobre o processo de desenvolvimento e crescimento econômico, sendo assim, a melhor base teórica para esta análise. A revisão da literatura feita contemplou as diferentes abordagens sobre o processo de inovação, tratando do modelo linear (Schumpeter, 1942), seguido pelo modelo elo da cadeia (Kline e Rosenberg, 1986) até chegar à abordagem sistêmica de inovação (Lundvall, 1992; Nelson, 1993).

A partir de alguns fatores específicos, a escolha metodológica deste trabalho se utilizou de uma pesquisa de campo. Como o foco desta dissertação é o sistema

de inovação de microeletrônica, demonstrou ser fundamental obter informações primárias dos principais atores do sistema, suas relações e cooperações.

Este trabalho está organizado da seguinte forma. O primeiro capítulo introduz os elementos teóricos que embasam o conceito de Sistema Nacional de Inovação. Para isso são tratadas as abordagens de mudança técnica e as interpretações de tecnologia e inovação na teoria econômica. Esta análise é fundamental e tem o objetivo de constituir os dados que permitirão discutir o sistema de inovação de microeletrônica.

No segundo capítulo, o foco é a origem da indústria global de semicondutores. Primeiramente serão discutidas as mudanças tecnológicas e estruturais causadas pela introdução da microeletrônica nas atividades produtivas. Posteriormente será abordada a evolução desta indústria, desde os transistores até a chegada dos microprocessadores. Neste caso é importante ressaltar a relação que existe entre a difusão da microeletrônica e a indústria de defesa norte-americana. Em seguida serão evidenciadas algumas características técnicas do setor, bem como as etapas da cadeia produtiva da microeletrônica. Por último é analisado o exemplo dos investimentos realizados pela empresa Intel na Costa Rica, ressaltando seus efeitos neste país e, então, verificando quais mecanismos poderiam ser utilizados pelo Brasil para alavancar o desenvolvimento desta indústria.

O capítulo três analisa a indústria de semicondutores do Brasil nos anos de 1980 e 1990. Trata-se de uma fase em que, as políticas estavam voltadas para o fortalecimento da competitividade industrial e tecnológica, existiam empresas de componentes eletrônicos produzindo *chips* no país, no entanto após a abertura comercial no início dos anos 1990, bem como o contexto macroeconômico por qual o país passou nesta década, este período é marcado pelo encerramento das atividades de muitas empresas nacionais de microeletrônica e pela inexistência de políticas de incentivo a indústria no país. Em seguida é realizado um histórico das políticas industriais praticadas ao longo dos anos 2000, tendo todas elas um foco muito claro em apoiar a inovação e, conseqüentemente, o desenvolvimento da indústria de semicondutores no país. Por fim, são abordadas as ações diretas do Estado direcionadas a este segmento que contribuíram para retomada do apoio a esta indústria e para formação do sistema nacional de inovação da microeletrônica.

O quarto capítulo analisa a retomada do apoio ao setor de microeletrônica após uma série de incentivos dado pelo governo ao longo dos anos 2000. A partir dessas ações é possível perceber a existência de um sistema de inovação desta área. Neste capítulo serão apresentadas as principais empresas no país, de acordo com as atividades realizadas em conformidade com a cadeia produtiva da microeletrônica. Em seguida é feita uma análise da balança comercial brasileira, ressaltando o elevado e persistente déficit estrutural do país no setor analisado. Poderá ser verificada, também, a análise com os dados da Pintec 2005, 2008 e 2011, mostrando a evolução das atividades de inovação do segmento de componentes eletrônicos. Por último são apresentados os resultados da pesquisa de campo realizada. A ideia básica é mostrar a partir dos dados primários as tendências e as oportunidades que marcam o desenvolvimento desta indústria no mundo e de que forma o Brasil poderia se inserir nesta evolução.

Finalmente, a conclusão analisa os principais resultados alcançados neste trabalho, no âmbito do sistema nacional de inovação de microeletrônica no Brasil.

Capítulo 1

Evolução Tecnológica e a Formação do Sistema Nacional de Inovação

Este capítulo tem por objetivo introduzir uma discussão teórica sobre os elementos fundamentais para constituição de um Sistema Nacional de Inovação. Pretende-se mostrar as diferentes abordagens de mudanças técnicas e as interpretações de tecnologia e inovação na teoria econômica.

A partir desta análise, busca-se avaliar a importância do esforço tecnológico nacional para a competitividade das economias, utilizando, para isso, o conceito de Sistema Nacional de Inovação. Esta discussão será fundamental, pois servirá de base para os próximos capítulos em que serão abordadas as políticas utilizadas para desenvolver o setor de microeletrônica, bem como delinear o seu sistema de inovação.

1.1 – Bases Técnicas da Primeira e Segunda Revolução Industrial

Na Primeira Revolução Industrial (1760 – 1830), iniciada na Inglaterra, as inovações ocorridas tiveram um caráter de natureza prática, ou seja, desenvolvidas por mecânicos e operários engenhosos praticamente sem nenhuma formação científica. Algumas inovações importantes na época foram atribuídas a gênios individuais, no entanto, como observou Adam Smith (1776), os novos equipamentos e processos produtivos eram geralmente de caráter incremental, envolvendo a aplicação de princípios mecânicos conhecidos, derivados da observação sobre novas formas de organizar máquinas e trabalhadores.

A consequência destes métodos foram saltos de produtividade obtidos no final do século XVIII, na Inglaterra, diminuindo, por exemplo, o número de horas de operação necessárias para produzir tecidos de algodão em mais de uma ordem de magnitude (Tigre, 2006). Além disso, o preço dos fios de algodão foi reduzido, de forma notável, ainda que tenha ocorrido em um período inflacionário das guerras napoleônicas.

Praticamente todos os relatos daquela época ou posteriores dão a devida importância às invenções para aceleração do crescimento econômico, em diversos

ramos da indústria britânica, enfatizando a contínua melhoria de processos nas fábricas e em outros locais de trabalho, bem como a velocidade com a qual essas invenções se tornaram inovações e, em seguida, passaram a ser amplamente difundidas.

Conforme apontado por Freeman e Soete (2008), alguns estudos mostram como principal fator indutor para os inovadores a economia de tempo. As economias de capital fixo e de giro, de trabalho e de recursos naturais foram resultados indiretos deste objetivo de economizar tempo, perseguido dentro de um paradigma geral de mecanização relativamente direta.

A Segunda Revolução Industrial, ocorrida na segunda metade do século XIX, foi a base em que os economistas Walras e Marshall se espelharam para formular suas teorias. A Inglaterra possuía uma superioridade organizacional e tecnológica, expressada por uma maior produtividade do trabalho, comparativamente a outros países. Esta situação fez com que o modelo de operação das firmas britânicas fosse utilizado como referência na teoria neoclássica. Esta época, conforme apontado por Tigre (2006) foi marcada pelo aprimoramento de inovações desenvolvidas anteriormente, visando torná-las mais operacionais e econômicas.

Nesta fase, ainda não existia a separação entre o trabalhador manual e o trabalhador intelectual, dessa forma, inovações organizacionais eram pouco frequentes, na medida em que os próprios trabalhadores qualificados eram responsáveis pela definição do processo produtivo. Portanto, a tecnologia era exógena, uma vez que estava incorporada nos trabalhadores experientes.

Na perspectiva de Tigre (2006), os fatores institucionais necessários para fomentar o processo inovador estavam, portanto, mais presentes na Inglaterra nos séculos XVIII e XIX do que em qualquer outro país do mundo. As revoluções francesa e americana, no final do século XVIII, foram eventos que abriram o caminho para que estes países também entrassem logo na revolução industrial, criando condições institucionais que até hoje não estão presentes em muitos países.

1.2 – Mudanças técnicas no pensamento neoclássico

A teoria neoclássica tradicional, estabelecida a partir dos modelos de equilíbrio geral e parcial, guarda pouca relação com a realidade econômica atual. Nesta teoria, a firma é vista como uma “caixa preta”, capaz de combinar fatores de produção disponíveis no mercado para produzir bens comercializáveis. Outra característica desta teoria é que o mercado, embora possa apresentar situações transitórias de desequilíbrio, tende a estabelecer condições de concorrência e informações perfeitas, além disso, a firma se depara com um tamanho ótimo de equilíbrio.

De acordo com a proposta neoclássica walrasiana, a firma é tratada como agente individual, sem reconhecê-la como entidade coletiva, dotada de objetivos e regras diferenciadas. A maximização de lucro é um princípio comportamental único, sendo desconsiderado o princípio de utilidade de cada um dos agentes econômicos. O tratamento dado à firma neoclássica não é de uma instituição, mas sim como um ator passivo e sem autonomia, cujas funções se resumem em transformar fatores em produtos e aperfeiçoar as diferentes variáveis de ação.

As possibilidades tecnológicas são usualmente representadas pela função de produção, que especifica o resultado da combinação possível de fatores. Dessa forma, a tecnologia é considerada um fator exógeno disponível no mercado, seja através de bens de capital ou no conhecimento incorporado pelos trabalhadores.

Neste contexto, o ambiente competitivo é simples e inerte, praticamente sem incertezas (Tigre, 2006). Assim sendo, a análise da firma não constitui uma questão muito importante, pois em situação de concorrência perfeita e, na ausência de progresso técnico, a firma tem pouca escolha a fazer.

Na microeconomia, tecnologia é definida como um conjunto de todos os possíveis métodos de produção, ou seja, combinações de insumos produtivos (principalmente a relação capital-trabalho) que permitem produzir distintas quantidades de um bem, sem alterar a proporção de insumos. A função de produção é o instrumento analítico da microeconomia que representa a tecnologia, dessa forma, todos os métodos de produção que correspondem ao estado da arte e ao avanço científico estão incluídos em uma mesma função de produção.

Essa função de produção é o conjunto produtivo de uma firma e pode ser caracterizado por um estado de conhecimento sobre a possibilidade de transformar bens (Nelson e Winter, 1982). Em relação à natureza desse conhecimento, esse assunto é pouco discutido na literatura. No entanto, o conhecimento tecnológico é identificado como um livro de projetos ou como conhecimento de engenheiros e cientistas. Dessa forma, como apontado por Nelson e Winter (1982), o conhecimento tecnológico é tanto articulável quanto articulado: você pode consultá-lo, ou ao menos, poderá fazê-lo se possuir um treinamento prévio adequado.

No tratamento padrão da teoria, o conjunto produtivo é simplesmente tomado como dado, não considerando as questões sobre sua mudança ao longo do tempo. Em geral, o pressuposto natural no âmbito da ortodoxia é que todos os conjuntos produtivos das firmas são idênticos, sendo assim, fazer com que os conjuntos sejam diferentes significa incorrer em custos positivos de transferência de informação de firma a firma.

Os economistas neoclássicos entendem que a mudança tecnológica de produto representa um novo mercado, pois o conceito atribuído de mercado é restrito a bens perfeitamente homogêneos. Sendo assim, inovação em produtos implica em uma diferenciação para atender as mesmas necessidades, substituindo produtos existentes.

Lundvall (1992) sustenta que na corrente neoclássica, as inovações ocorrem de maneira esporádica, afastando a economia do seu equilíbrio e, através do processo de ajustamento, um novo estado de equilíbrio é estabelecido.

A partir dos anos de 1950, os economistas neoclássicos retomam o interesse pela questão tecnológica, motivados, principalmente, pelos resultados de pesquisas empíricas macroeconômicas sobre as causas de crescimento de longo prazo. Conforme destacado por Nelson (1987), outros fatores, além de capital, trabalho e matérias primas explicariam as diferenças, dando destaque ao papel da mudança tecnológica.

A relação entre inovação e estrutura de mercado foi um aspecto que despertou interesse dos economistas ortodoxos. Ao analisar esta relação, Kenneth Arrow desenvolveu em 1962 o modelo de incitação em que são analisados os

estímulos à inovação em duas estruturas de mercado extremos: concorrência pura e monopólio. Na primeira estrutura a empresa está sujeita ao processo concorrencial e, então, precisaria inovar permanentemente para aumentar sua margem de lucros, o que estimularia as atividades de pesquisa e desenvolvimento. Na outra estrutura, o incentivo é menor em investir em atividades de P&D, pois o controle do mercado já proporciona sobrelucros. Cabe destacar que no modelo de Arrow (1962), novamente é assumida a hipótese de exogeneidade tecnológica.

Tigre (2006) explica que, à medida que os avanços do conhecimento em si não podem ser quantificados economicamente de forma direta, a alternativa foi medir a mudança tecnológica por seus impactos no crescimento econômico. Considerando que os aumentos de capital e trabalho não explicariam todo o crescimento, atribuiu-se o resíduo ao progresso técnico.

No entanto, este resíduo observado era tão grande quanto à parcela do crescimento total do produto explicada pelo crescimento dos fatores de produção. O trabalho de Solow (1957) transformou essa noção de resíduo, rebatizando-o de avanço técnico. Ao invés de informar aos colegas e ao público que a teoria virtualmente nada explicava sobre o crescimento experimentado pela produtividade, os pesquisadores empíricos proclamaram que a mudança técnica era responsável por 80% desse crescimento (Nelson e Winter, 1982).

Após estes estudos, o avanço técnico foi incorporado ao formato neoclássico padrão do comportamento econômico, postulando-se que esses termos são função de investimentos anteriores (em atividades de pesquisa e desenvolvimento), especificamente destinados a melhorá-los. No entanto, no caso da mudança técnica, a teoria neoclássica não especificou muito bem o quão grande ou o quão importante precisam ser as transformações tecnológicas.

O entendimento da formulação neoclássica está baseado no pressuposto de que a qualquer momento, existe um amplo conjunto de possibilidades tecnológicas a partir do qual as firmas podem escolher, incluindo alternativas que nenhuma firma chegou a escolher antes. Nesta perspectiva, inventar e fazer P&D são atividades cujos resultados podem ser previstos de forma prévia em todos seus detalhes.

Na visão de Nelson e Winter (1982), não há diferenças entre movimentos ao longo da função de produção mediante a elevação de um tipo de capital (instalações ou equipamentos) através de investimento físico ou deslocar a função de produção para fora mediante o aumento de outra forma de capital (o conhecimento) através do investimento em P&D. Dessa forma, as diferenças entre inovação e operações de rotina são totalmente suprimidas.

A teoria neoclássica não considera a incerteza associada às tentativas de inovar, o caráter público do conhecimento associado aos resultados dessas tentativas e a diversidade de comportamento e das firmas, inerentes em um mundo no qual a inovação é fundamental.

1.3 – A abordagem schumpeteriana

Considerados por muitos como o fundador da moderna abordagem sobre inovação, Schumpeter foi um estudioso do papel da tecnologia na sociedade, principalmente por considerar e fazer dessa variável o motor do desenvolvimento econômico.

Ao contrário dos economistas clássicos, Schumpeter não considerava o crescimento da população, o aumento da produção e o acúmulo de recursos como fatores determinantes do desenvolvimento econômico. Conforme apontado por Tigre (2006), nesse assunto estava mais próximo de Marx, o qual atribuiu ao progresso técnico papel determinante para a dinâmica capitalista¹.

No entanto, uma das críticas feitas é que Marx não possuía uma teoria da empresa. Além disso, havia uma dificuldade em se fazer uma distinção do capitalista e do empresário, significando assim, um erro de avaliação. Para Schumpeter, o empresário não necessariamente detinha o capital ou era o detentor de uma nova tecnologia.

Muitos economistas consideram a Teoria do Desenvolvimento Econômico – TDE (1911) e Capitalismo, Socialismo e Democracia – CSD (1942) duas das suas mais importantes obras.

¹ Para um estudo mais aprofundado do papel da tecnologia no pensamento marxista ler Tigre (2006).

Nessa primeira publicação ele discute as causas da mudança econômica. A inovação é vista como o principal mecanismo por trás da dinâmica econômica (Lundvall, 2007). O centro do sistema é o empresário individual que introduz inovações no mercado e cria novas empresas.

Na segunda são analisados os processos e os impactos decorrentes da evolução do capitalismo. O mecanismo de inovação é bastante diferente, pois a maior fonte de inovação não é mais o empresário individual, mas a grande empresa com trabalhadores especializados, que trabalham em conjunto com a equipe de P&D na busca de novas soluções tecnológicas (Lundvall, 2007).

Costa (2006) observou que, Schumpeter estabeleceu em sua análise as bases sob as quais atua o mecanismo econômico, são elas: a propriedade privada, a divisão do trabalho e a livre concorrência.

No TDE, para explicar o movimento da economia capitalista, Schumpeter utiliza o mecanismo de fluxo circular. Neste modelo a vida econômica transcorre monotonamente, em que cada bem produzido encontra o seu mercado, período após período, sendo admitidos incrementos na produtividade, decorrentes de aperfeiçoamentos no processo de trabalho e de mudanças tecnológicas contínuas na função de produção².

Neste cenário, Schumpeter afirma que mudanças econômicas substanciais não podem ter origem no fluxo circular, pois a reprodução do sistema está vinculada aos negócios realizados em períodos anteriores. Assim sendo, inovações transformadoras não podem ser previstas *ex ante*. Dessa forma, a evolução econômica se caracteriza por rupturas e descontinuidades com a situação presente.

Na visão de Schumpeter, a análise tem de ser dinâmica, em que privilegia o desequilíbrio e o tempo histórico, o que faz com que a teoria convencional do equilíbrio não possa lidar com a inovação e suas consequências econômicas. Assim, ao estudar de onde provêm as inovações, é descartada a hipótese de que elas se originam no âmbito dos desejos e necessidades dos consumidores. Embora estes sejam importantes para a adoção e difusão de novas combinações, esses atores

² Para um estudo mais aprofundado ler Freeman (2003).

são passivos em relação à pesquisa e desenvolvimento de novos produtos e processos.

As mudanças irão se originar, portanto, no lado da produção, na maneira distinta de combinar materiais e forças para produzir as coisas que serão utilizadas na vida diária das pessoas. Não se trata de aperfeiçoamento do já conhecido e sim, de modos totalmente diferentes de dispor materiais e forças. Esses modos diferentes Schumpeter chamou de inovações ou de novas combinações (Schumpeter, 1911).

Os meios de produção necessários às novas combinações não estão ociosos, à espera para serem empregados na produção de novos bens. Os recursos para viabilizar as novas combinações já estão disponíveis na sociedade, sendo assim, são as novas maneiras de combiná-los retirando-os dos locais onde se acham empregados e alocando-os em novas atividades, que vão permitir o desenvolvimento econômico (Costa, 2006).

É a figura do empresário, como criador de novas combinações, que será capaz de dar dinamismo ao sistema econômico. Para por em prática suas ideias, ele precisa ter acesso ao controle dos meios de produção, ou seja, necessita de crédito. Nesta abordagem, Schumpeter vai de encontro à teoria convencional para a qual é necessária uma poupança prévia que financie novos projetos de investimento. Ao contrário, o empresário precisa de poder de compra, que não requer ter existido anteriormente, para comandar os meios de produção e realizar as novas combinações.

O empresário, ao liquidar o crédito tomado, ele o fará de maneira *ex post*, com os lucros provenientes das inovações introduzidas na atividade econômica. É essa então a natureza dos lucros: constitui-se em um prêmio que a sociedade paga aos inovadores por lhe proporcionar acesso a novos bens e serviços (Costa, 2006). No entanto, esses ganhos são passageiros, pois irão desaparecer à medida que as inovações vão sendo copiadas por novos concorrentes que se juntam ao mercado.

O processo dinâmico schumpeteriano descreve que o capitalismo é um processo evolucionário e dinâmico ativo. Nesse contexto, de acordo com Nelson (2006), as pessoas e as organizações tinham visões bastante diferentes sobre que

tipos de inovações seriam possíveis e desejáveis e, por isso, tomariam diferentes decisões. No processo de concorrência e de destruição criadora sempre há ganhadores e perdedores, não sendo um jogo de ganha-ganha. Predomina nessa situação um clima de incerteza nos negócios e o sistema deve-se ajustar às inovações, gerando depressões na economia.

Tigre (2006) afirmou que a competição schumpeteriana funciona não somente quando a inovação ocorre, mas também quando esta é apenas uma possibilidade. Em oposição à teoria convencional, em que o modo de operação do processo competitivo se limita a discutir o papel exercido pelos preços, à medida que a competição qualitativa e os esforços de vendas são incluídos na análise, a variável preço perde sua importância.

Na visão schumpeteriana, a concorrência é um processo dinâmico marcado pela introdução e difusão contínua de inovações, uma vez que o empresário está sempre em busca de maiores lucros, ou seja, de uma posição temporária de monopólio advinda com a inovação.

Nesta ótica, na realidade capitalista, o que conta não é o tipo de competição, mas sim a competição oriunda de novos produtos, novas tecnologias, novas fontes de suprimento e novos tipos de organização que permita o aumento da escala produtiva. Ao longo do tempo, as inovações resultam em queda de preços e crescimento da produção.

Portanto, com suas obras Schumpeter foi capaz de influenciar um número considerável de pesquisadores na área de economia da inovação. Os mesmos interpretam a inovação com um aspecto central da vida econômica e que, mais importante do que a eficiência econômica estática, é o progresso econômico no longo prazo.

1.4 – A Evolução do pensamento schumpeteriano e a visão neo-schumpeteriana

Após as influentes publicações de Schumpeter, estudos empíricos evoluíram no entendimento de inovação não como um ato isolado por parte de uma empresa

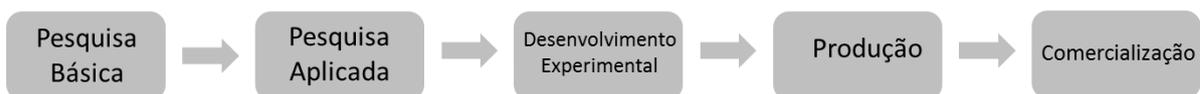
ou organização individual, mas sim como um processo sistêmico e interativo. Dessa forma houve um avanço na compreensão sobre o seu significado.

No período após a Segunda Guerra Mundial a inovação era vista como ocorrendo em estágios sucessivos e independentes de pesquisa básica, pesquisa aplicada, desenvolvimento, produção e difusão (Cassiolato e Lastres, 2005). Esse era o modelo linear de inovação, descrito por Kline e Rosemberg (1986).

No período da década de 1950 até 1970, a discussão sobre as fontes mais importantes de inovação estava dividida entre aqueles que atribuíam maior importância ao avanço do desenvolvimento científico (*technology push* ou *science push*) e os que destacavam a relevância das pressões da demanda por novas tecnologias (*demand pull*).

No modelo linear, a inovação é o resultado de um processo sequencial iniciado com pesquisa básica ou aplicada, em seguida, desenvolvimento, cujos resultados seriam levados para produção e, por último, a comercialização. Neste caso, a pesquisa básica leva ao desenvolvimento tecnológico, ou seja, a inovação é impulsionada pela ciência, conforme mostrado na Figura 1.

Figura 1 – Modelo Linear de Inovação – *Technology Push* ou *Science Push*



Fonte: Viotti (2003)

Kline e Rosemberg (1986) criticaram essa visão restrita do modelo linear, pois nesta ótica, a realidade da inovação é distorcida de várias maneiras. De acordo com os autores, a visão proposta neste modelo é limitada, pois não considera os processos retroalimentadores (*feedbacks*) dentro do trabalho em curso do processo de desenvolvimento. Esses processos são fundamentais para avaliação do desempenho da inovação, das próximas etapas a serem desenvolvidas e do posicionamento competitivo alcançado.

Na visão de Kline e Rosemberg (1986), o início da inovação não está na ciência e sim, no projeto (*design*). As inovações acontecem por meio de projetos e

reprojetos, que se realizam com a contribuição de diversas fontes de *feedbacks*. Nesse contexto, a ideia de que a tecnologia seria uma ciência aplicada é considerada limitada e restringe os processos de desenvolvimento das inovações.

Os autores vão um pouco mais além ao criticar o modelo linear. Os projetos se iniciam com o conhecimento existente e já incorporado pelas pessoas da empresa ou organização. Uma nova pesquisa só será realizada com o intuito de buscar uma solução para determinado problema e completar uma inovação. Sendo assim, o entendimento de que a inovação começa com a pesquisa está equivocada nesta perspectiva. Quando isto ocorre, a inovação tende a ser revolucionária e radical (por exemplo, genética, semicondutores, fármacos, dentre outros). Mesmo nestes casos, será necessário passar pela etapa de projeto (*design*), para atender aos requisitos de mercado e, então ser considerada completa.

Para Freeman e Soete (2008), as inovações técnicas radicais também levam a grandes rupturas, não somente na esfera da produção, mas também em amplas esferas sociais, institucionais e organizacionais. Em consequência disso, o potencial econômico e social de tais tecnologias não se concretizará apenas ao longo de períodos históricos extensos.

Rothwell (1994), em seu trabalho, discutiu a evolução do entendimento e a interpretação sobre o processo de inovação, definindo-a em cinco gerações: *technology push*, *market pull*, modelo interativo ou *the coupling model of innovation*, processo de inovação integrado e modelos de sistemas e redes³.

Na primeira geração, Rothwell (1994) avaliou que houve um favorecimento ao avanço científico e à inovação industrial. Nesse sentido, ciência e tecnologia foram vistos como tendo potencial para resolver os maiores problemas da sociedade. Essas ações foram consagradas em âmbito governamental, focadas em grande parte, do lado da oferta, ou seja, estimulando o avanço científico nas universidades e laboratórios do governo e da oferta de trabalhadores qualificados, com apoio financeiro para os principais programas de P&D nas empresas, por exemplo, a indústria de defesa dos Estados Unidos. Sendo assim, o processo de inovação industrial era visto de forma linear, através do desenvolvimento tecnológico das

³ Nesta dissertação serão discutidas as três primeiras gerações. Para uma leitura completa da interpretação do processo de inovação, de acordo com a interpretação elencada, ler Rothwell (1994).

empresas para o mercado, e o conceito de inovação se restringia aos maiores investimentos em P&D como sendo capazes de gerar novos produtos.

Em seu trabalho, Dosi (2006), criticou a abordagem da *technology push*, no sentido de mostrar que os fatores econômicos são realmente importantes no direcionamento do processo de inovação. Conforme mencionado, nesta visão há uma concepção linear unidirecional “ciência – tecnologia – produção”, no entanto, esse mesmo autor constata que há uma complexa estrutura de retroalimentação entre o ambiente econômico e as direções das mudanças tecnológicas.

O segundo processo de geração de inovação, *demand pull*, detalhado na Figura 2, considera um aumento na percepção do processo inovativo com ênfase em marketing estratégico (Rothwell, 1994). O mercado passa ser a fonte de ideias para o direcionamento da inovação que, neste modelo, assume um papel no processo meramente reativo. Neste contexto, a aplicação desta abordagem resultou em algumas experiências no uso de contratos públicos (compras governamentais), como forma de estimular a inovação industrial.

Figura 2 – Modelo Linear De Inovação – Demand Pull



Fonte: Rothwell (1994)

Rothwell (1994), neste mesmo trabalho, sinalizou para um perigo inerente a este modelo, que poderia levar o empresário a negligenciar programas de P&D de longo prazo e tornar-se preso a um regime de inovações incrementais. Ao agir desta maneira, corre-se o risco de perder a capacidade de se adaptar a qualquer mercado ou a mudanças tecnológicas que possam ocorrer.

O argumento básico do modelo de *demand pull* sustenta que, geralmente, existe a possibilidade de se saber, a priori, a direção na qual o mercado está induzindo a atividade inventiva dos produtores e, parte importante do processo de sinalização é feito por meio de movimentos dos preços relativos e das quantidades.

Dosi (2006) criticou este modelo, pois dentro deste ponto de vista, o processo de inovação poderia ser inserido – embora com consideráveis dificuldades – dentro

do arcabouço neoclássico. Nesta linha, o autor salienta que, de modo deficiente, torna-se aparente, nesta abordagem, que o mecanismo de inovação funciona da mesma maneira que o costumeiro mecanismo de determinação de preços e quantidades, em uma análise de equilíbrio geral.

Por volta de 1970 até meados de 1980, alguns estudos empíricos avançaram na discussão da origem processo de inovação e uma ampliação do conceito, se contrapondo ao tradicional modelo linear, que se traduzia no modelo *technology push* e *demand pull*.

A partir das críticas apresentadas sobre o modelo linear, Kline e Rosemberg (1986) exploraram melhor esta abordagem interativa, denominando-a de elo da cadeia ou *chain-linked model*, identificado na Figura 3. Neste contexto, o centro da inovação está na empresa e a interação ocorre entre seus departamentos, com outras empresas e com a infraestrutura de ciência e tecnologia presente em seu ambiente. A iniciativa da inovação parte da empresa, que identifica necessidades do mercado e apoia-se no conhecimento que possui para conceber o desenho analítico ou desenvolver o projeto (*design*) ou ainda, buscar um novo conhecimento por meio das diferentes estratégias possíveis, por exemplo, parcerias ou P&D.

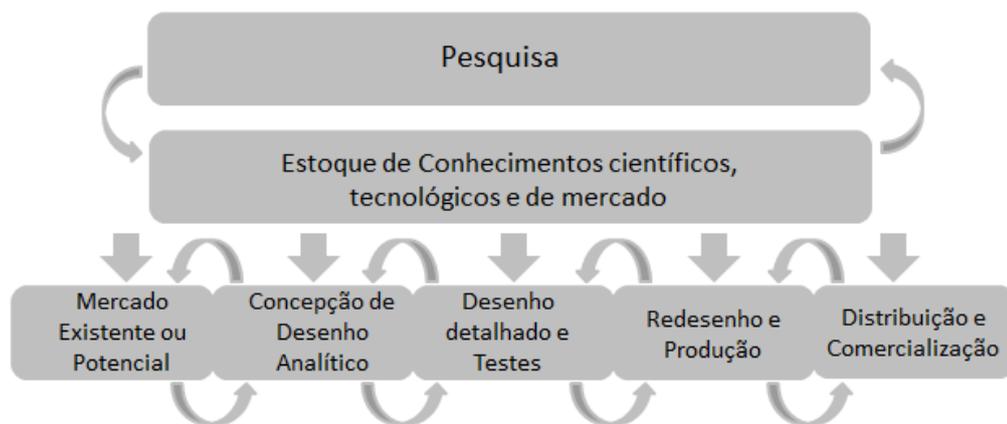
No modelo Elo da cadeia ou *Chain linked model*, que na visão de Rothwell (1994) corresponde à terceira geração do processo de inovação, os autores identificaram cinco caminhos principais para os processos inovativos, a saber:

- i. Caminho central da inovação (*central-chain-of-innovation*): o processo se inicia a partir do mercado existente ou potencial, levando a um projeto que será detalhado na fase de desenvolvimento, produzido, distribuído e comercializado;
- ii. Caminho dos *feedbacks* recebidos no processo inovativo (o oposto do *central-chain-of-innovation*): é a interação dos usuários e das necessidades percebidas no mercado com as etapas de desenvolvimento e produção, indicando qual o potencial de aprimoramento do produto ou serviço na próxima etapa de projeto;
- iii. Caminho de interação com o conhecimento e a pesquisa: busca de soluções para os problemas, uma vez que a inovação necessita do

conhecimento acumulado já existente para serem desenvolvidas. Diferentemente do modelo linear, em que a interação com a pesquisa só ocorre no início do projeto de inovação, nesta abordagem ela ocorre durante todo o processo.

- iv. Caminho de possibilidade da inovação a partir da ciência: embora sejam considerados mais raros, estes eventos tendem a produzir mudanças relevantes, no sentido de surgir novas indústrias, por meio de inovações radicais.
- v. Caminho de *feedbacks* dos produtos inovadores para a ciência: Neste caso, a indústria contribui para o avanço da ciência, dando suporte a pesquisa científica.

Figura 3 – Modelo Elo da Cadeia ou *Chain Linked Model*



Fonte: Elaboração própria a partir de Kline e Rosemberg (1986)

Conforme destacado por Kline e Rosemberg (1986), o tipo de pesquisa é diferente em cada estágio do caminho central de inovação. Por exemplo, na fase de invenção ou projeto analítico, muitas vezes é utilizada a pesquisa básica, semelhante à acadêmica. Ou ainda, na fase de desenvolvimento, a pesquisa será voltada para a análise de como os componentes do sistema interagem e de suas propriedades quando o resultado desejado é alcançado. Ainda segundo os autores, a pesquisa de sistemas e de processos é ainda mais relevante em termos de sucesso comercial do projeto, tendo em vista permitir a redução de custos e a melhoria de desempenho.

A partir da explicação do modelo elo da cadeia ou *chain linked model*, verifica-se a importância de conciliar questões técnicas com as necessidades do mercado para que o processo de inovação seja bem sucedido, pois uma melhoria técnica de desempenho só será aceita caso haja uso perceptível pelo mercado. Assim sendo, segundo Kline e Rosemberg (1986), a discussão de *demand pull* versus *technology push* é artificial, pois ignora a interação existente entre ambas as forças. Uma necessidade de mercado percebida pode entrar em um ciclo de inovação e gerar um novo projeto e, cada novo projeto bem sucedido, leva a novas condições de mercado.

Ainda que a proposta apresentada sobre o modelo elo da cadeia ou *chain linked model* tenha avançado consideravelmente no entendimento do processo de inovação e trazido melhorias relevantes e substanciais para toda discussão acerca da temática em questão, o modelo não é suficiente para explicar a dinâmica do processo de inovação, tal como ele é percebido empiricamente.

Sendo assim, uma nova revisão no conceito de inovação é realizada, com a publicação de novos estudos empíricos. Amplia-se a compreensão de sua definição, que passa a ser vista não mais como um ato isolado, mas sim como um processo de aprendizado não-linear e cumulativo. Essa discussão fornece um novo entendimento da inovação como um processo sistêmico e interativo, sendo parte integrante fundamental de estratégias de desenvolvimento.

Segundo tal concepção, o processo de inovação é gradual e envolve aspectos cumulativos dependendo, portanto de inovações que ocorrem no passado. A inovação resulta da combinação de possibilidades e componentes preexistentes e reflete conhecimentos combinados de novas maneiras, constituindo-se assim, em um fenômeno *path dependence*⁴. Dosi (2006) em seu trabalho avaliou que, a capacidade de uma empresa realizar mudanças e avanços, dentro de determinado padrão estabelecido, é influenciada pelas características das tecnologias que estão sendo utilizadas e pela experiência acumulada no passado.

⁴ Na definição de *path dependence* ou trajetória dependente as firmas possuem um processo de desenvolvimento tecnológico influenciado pelas escolhas passadas. Para um estudo mais detalhado, ver Nelson e Winter (1982) e Dosi (2006).

De acordo com De Paula (2014)⁵, investimentos em P&D estão sujeitos à incerteza radical, em função da impossibilidade de se traçar com alguma precisão as consequências das atividades inovadoras. As firmas, por serem os principais elementos do processo de inovação, quase nunca inovam sozinhas, pois elas interagem com outras organizações para adquirir, desenvolver e trocar conhecimentos, informações e outros recursos.

Nesse contexto, alguns autores (Lundvall, 1992 e Cassiolato, 1992) ressaltam a importância da interação entre produtor e usuário no processo de inovação. Nesta relação o aprendizado iterativo fornece elementos importantes para a inovação tecnológica. A estrutura de produção e o arcabouço institucional, nesse caso, afetam diretamente a relação entre usuário e produtor que, por sua vez, influenciam o escopo e a direção da inovação.

Na prática, o processo de inovação resulta de interações entre as firmas e vários outros tipos de organizações (laboratórios públicos e privados de P&D, universidades, governos, etc) no âmbito de contextos institucionais diversos. Os atores e as características do contexto que desenvolvem inovações são elementos de um sistema de criação e uso de conhecimento com objetivos econômicos.

De acordo com Edquist (2006), as organizações que participam do processo de inovação juntamente com as firmas são influenciadas e formatadas por leis, regras, normas e rotinas, que se constituem em incentivos e obstáculos para a inovação. Tais organizações e instituições são os componentes principais do sistema de criação e comercialização de conhecimento, e as inovações emergem nesses sistemas de inovação. Na próxima seção será abordado o conceito Sistemas Nacionais de Inovação e suas diferentes dimensões.

1.5 – A importância da abordagem de Sistema Nacional de Inovação

Como analisado anteriormente, a revisão realizada no conceito de inovação, ao ampliar sua compreensão, foi muito influenciada por dois grandes programas de pesquisa empírica.

⁵ Para um estudo mais detalhado da interação entre financiamento e sistema financeiro e a dinâmica da inovação, considerando tanto a abordagem neo-schumpeteriana, quanto pós-keynesiana, ler De Paula (2014).

O primeiro foi o Projeto SAPPHO realizado em 1971, sob a coordenação de Chris Freeman no *Science Technology Policy Research – SPRU* da Universidade de Sussex, Inglaterra. Este trabalho comparou 50 inovações que tinham obtido sucesso com aquelas que não se concretizaram, utilizando como metodologia uma metáfora da pesquisa em biologia. O resultado da pesquisa, além de registrar a importância das diferentes atividades internas à firma (produção, marketing, vendas, etc.) e também, enfatizar a importância do ambiente nacional, o projeto apontou como principais atributos dos casos de sucesso, conforme ressaltado por Cassiolato e Lastres (2005), as ligações com fontes externas à firma de informação científica e tecnológica. Ainda no resultado deste trabalho, as inovações que falharam eram caracterizadas por falta de comunicação com usuários, ao passo que as que tinham obtido sucesso caracterizaram-se por tentativas explícitas de entender as necessidades dos usuários, quase sempre através de processos cooperativos e interativos.

A segunda pesquisa, *Yale Innovation Survey – YIS*, realizada nos Estados Unidos no mesmo período, concentrou-se no entendimento das estratégias das grandes empresas norte-americanas para o desenvolvimento de novos produtos e processos. O resultado evidenciou a relevância de fontes de informação externas à firma e que a frequência e a intensidade das relações de cooperação dependem significativamente de políticas públicas direta ou indiretamente voltadas para o desenvolvimento científico e tecnológico.

Cassiolato e Lastres (2005) verificam que essas pesquisas, pela primeira vez, deram importância às redes formais e informais de inovação. Dessa maneira, tais trabalhos representam os pilares básicos sobre os quais, nos últimos anos, vem sendo desenvolvida uma teoria de inovação.

Foi no início dos anos 1980, baseado na concepção sistêmica de inovação, que se reconheceram, também nos países avançados, que as decisões e estratégias tecnológicas são dependentes de fatores muito mais amplos, como aqueles relativos aos setores financeiros, sistemas de educação e organização do trabalho (Cassiolato e Lastres, 2005). A capacidade inovativa de um país ou região passa a ser vista como resultado das relações entre os atores econômicos, políticos e sociais e, reflete condições culturais e institucionais próprias.

O conceito de sistema de inovação permite transcender a abordagem linear do processo de inovação, ao introduzir um caráter sistêmico na discussão de inovação. Nelson (2006) em seu estudo definiu sistema como sendo um conjunto de instituições cujas interações determinam o desempenho inovador. Ainda segundo o autor, não há qualquer presunção de que esse sistema tenha sido conscientemente projetado ou mesmo que as instituições envolvidas trabalhem conjuntamente de maneira harmônica e coerente.

Um sistema de inovação, então, é constituído por elementos e relações que interagem para a produção, difusão e uso de conhecimentos novos e economicamente úteis (Lundvall, 1992). Trata-se de um sistema dinâmico, marcado pela cumulatividade e reprodução de conhecimentos de indivíduos e agentes coletivos.

Em seu trabalho, Edquist (2006) definiu sistema de inovação como sendo os determinantes do processo de inovação, ou seja, todos os importantes meios econômicos, sociais, políticos, organizacional, institucional e outros fatores que podem influenciar o desenvolvimento, a difusão e o uso da inovação.

Cassiolato e Lastres (2005) definiram sistema de inovação como um conjunto de instituições distintas que contribuem para o desenvolvimento da capacidade de inovação e aprendizado de um país, região, setor ou localidade – e também o afetam. A ideia básica é que o desempenho inovativo depende não apenas da performance de empresas e organizações de ensino e pesquisa, mas também de como elas interagem entre si e com vários outros atores, e como as instituições, inclusive as políticas, afetam o desenvolvimento do sistema. Desta forma, enfatiza-se mais uma vez, que a inovação consiste em um fenômeno sistêmico e interativo, caracterizado por diferentes tipos de cooperação.

A definição de sistema de inovação pode ser analisada sob uma perspectiva setorial ou territorial (nacional, regional ou local). Embora haja diferenças nas definições oferecidas, os enfoques possuem características em comum que permitem compreender e orientar os processos de criação, uso e difusão do conhecimento. Em todas as dimensões o foco na inovação é visto como um processo interativo entre firmas e outras organizações. Tendo em vista que a

inovação é um processo cumulativo, a dimensão histórica dos sistemas de inovação passa ser um elemento fundamental.

Diante disso, o setor público tem um papel importante, já que é elemento constituinte do sistema de inovação. Ele pode atuar através de políticas que direta ou indiretamente afetam a capacidade inovativa das firmas ou a partir de políticas diretas de suporte às atividades de P&D, regulações e estabelecimento de padrões que afetam a velocidade e a direção do processo de geração e difusão de inovações.

Muitos outros autores passaram a utilizar o conceito de sistema de inovação com diferentes recortes: setorial (Breschi e Malerba, 1997), regional (Cooke et al., 1997; Braczyk et al., 1998; Asheim e Isaksen, 2002) e local (Cassiolato e Lastres, 1999; Cassiolato, Lastres e Maciel, 2003; De la Mothe e Paquet, 1998). As quatro dimensões do conceito de sistema de inovação (nacional, setorial, regional e local) podem ser consideradas variantes de sua abordagem mais genérica (Edquist, 2006).

O conceito de sistemas setoriais de inovação é definido como uma rede de agentes interagindo numa área econômica ou industrial específica sobre uma infraestrutura institucional particular. Dá-se uma maior ênfase na maneira pela qual um conjunto de firmas, tecnologias e indústrias interagem e competem para a geração e difusão de fluxos de conhecimentos e novas tecnologias. Dessa forma, o sistema setorial de inovação engloba firmas que desenvolvem atividades inovativas, cujas relações envolvem tanto a interação e cooperação para o desenvolvimento tecnológico, como competição e seleção de inovações (Szapiro, 1999).

Na abordagem regional de sistemas de inovação a estrutura industrial regional tem influência determinante no processo de geração e difusão de inovações. Neste caso, considera-se uma região que inclua alguns países (ou parte de um conjunto de países) como regiões específicas dentro de um determinado país.

A análise de sistemas locais de inovação está baseada na noção de que os processos de geração e difusão de conhecimento e inovação são interativos e localizados. Dessa forma, a interação entre agentes situados em um mesmo espaço favorece o processo de geração e difusão de inovações.

Muitas das ideias atuais sobre os sistemas nacionais de inovação foram antecipadas no livro *The National System of Political Economy* de List (1984), em que se faz uma crítica aos economistas clássicos por atribuírem uma insuficiente atenção à ciência, à tecnologia e às aptidões no crescimento das nações. Esse autor defendia não somente a proteção das indústrias nascentes, mas também a formulação de uma ampla variedade de políticas destinadas a acelerar ou a tornar possível a industrialização e o crescimento econômico. A maioria dessas políticas estava voltada para o aprendizado de novas tecnologias e de como aplicá-las. Para alguns autores, (Lundvall, 1992 e Nelson, 1993) List, nesse livro, antecipou muitas das atuais teorias sobre Sistemas Nacionais de Inovação (SNI).

Diferentes estudiosos utilizam a dimensão nacional para caracterizar o sistema de inovação. A primeira utilização de SNI surge em um texto não publicado de Christopher Freeman em 1982 para OCDE (Freeman, 1982). Em seguida, esse mesmo autor, em 1987, desenvolve o conceito na análise do sistema nacional de inovação japonês. Neste estudo, ele define o SNI como sendo uma rede de instituições dos setores público e privado cujas interações iniciam, importam, modificam e difundem novas tecnologias.

Dois outros autores, Lundvall (1992) e Nelson (1993) utilizaram abordagens diferentes sobre o estudo de SNI. Nelson (1993) enfatiza estudos de casos empíricos mais fortemente do que o desenvolvimento da teoria. Por outro lado, Lundvall (1992) busca desenvolver uma teoria alternativa à convencional economia neoclássica, colocando o aprendizado interativo, a interação do usuário produtor e a inovação no centro da análise. No entanto, ambos os autores definem o SNI em termos de determinantes ou fatores que influenciam o processo de inovação.

Na literatura existem duas visões relacionadas ao conceito de Sistema Nacional de Inovação: a restrita e a ampla. A primeira é atribuída a Nelson (1993), a qual define o SNI incluindo somente as instituições que afetam diretamente a capacitação e as estratégias inovativas. Nesta definição o foco está nas relações sistêmicas entre os esforços de P&D nas empresas, as organizações de Ciência e Tecnologia (C&T), que incluem as universidades, e a política explicitamente dirigida à C&T.

Na segunda abordagem, Lundvall (1992) define o conceito de SNI de forma ampla (*broad*). O autor inclui, nesta definição, todas as partes e aspectos da estrutura econômica e do arcabouço institucional que afetam os processos de aprendizado, busca e exploração de inovações, em que são incluídos, os sistemas de produção, de marketing e financeiro que se constituem em subsistemas onde ocorre o processo de aprendizado.

A definição ampla de SNI envolve não só uma rede de instituições de suporte à P&D, mas também a rede de interações, especialmente as ligações entre usuário e produtor, sistemas de incentivo e apropriabilidade, relações de trabalho e um conjunto de instituições e políticas governamentais. Desta forma, esta abordagem destaca a importância de se constituir arranjos institucionais públicos e privados, que possam contribuir para a criação de competências tecnológicas específicas e para o processo de aprendizagem interativa.

Sendo assim, conforme mencionado, o conceito de SNI está associado ao entendimento da inovação como um fenômeno sistêmico e, nesta perspectiva, o desempenho inovativo de um país depende não apenas da performance das empresas e organizações de ensino e pesquisa, mas também de como elas interagem e cooperam entre si e com vários outros *players*, que não necessariamente estão ligados diretamente ao processo de desenvolvimento de inovações.

As organizações que fazem parte dos SNI são estruturas formais criadas com um objetivo definido, por exemplo, firmas, universidades, organização *de venture capital*, agências relacionadas à inovação, ministérios responsáveis pela política de inovação, dentre outras. As instituições que compõe os SNI podem ser definidas genericamente como conjuntos de hábitos comuns, normas, rotinas, práticas estabelecidas, leis que regulam as relações e interações entre indivíduos, grupos e organizações. Portanto, os formatos institucionais e organizacionais condicionam as formas de interação entre os atores econômicos e, assim, afetam diretamente os processos de aprendizado e o desenvolvimento de inovações.

No entanto, em geral, instituições tais como leis, regras e normas são específicas de cada país ou região e provocam grandes diferenças entre os diversos

SNI's. O mesmo entendimento se pode ter das organizações como firmas ou instituições de P&D, que são fortemente influenciadas pelos ambientes em que são criadas.

Tendo em vista que a inovação tecnológica é um processo cumulativo, o sistema de inovação também sofre forte influência histórica e apresenta uma dimensão *path dependence*, resultando assim, em diversos sistemas de inovação. Dessa forma, fatores também capazes de delinear o sistema de inovação como diferenças básicas na experiência histórica, linguagem e cultura características de diferentes localidades irão determinar o grau de acumulação de conhecimento e capacitações que resultarão da interação dinâmica dos elementos e terão um papel central na análise da inovação. Szapiro (1999) observou que na medida em que a história é um elemento central na análise de sistema de inovação, não é possível definir um sistema de inovação ótimo ou ideal.

Em resumo, ainda que haja abordagens distintas de sistema de inovação (territorial ou setorial), todos eles possuem elementos em comum, ao dar um caráter sistêmico na discussão de inovação. Além disso, o foco da análise é a inovação, vista como um processo interativo entre firmas e outras organizações e, por ser a inovação um processo cumulativo, a dimensão histórica dos sistemas de inovação é um elemento fundamental. A análise do SNI deve levar em consideração não apenas as instituições que compõe o sistema científico e tecnológico, mas também políticas públicas que direta ou indiretamente influenciam tal processo.

Diante disso, na abordagem de Sistemas Nacionais de Inovação (SNI), que será utilizada nesta dissertação, é colocada em destaque a importância do arcabouço institucional e da estrutura industrial nacional na determinação dos sistemas de inovação. Neste caso, o sistema educacional, as leis e normas nacionais, a estrutura nacional de ciência e tecnologia e de P&D, as fontes de financiamento, as políticas industriais e tecnológicas nacionais, entre outros, determinam, conjuntamente, a capacidade inovativa nacional.

Nos últimos anos, a utilização da definição ampla de SNI tem sido difundida tanto no âmbito acadêmico como no âmbito de políticas públicas adotadas por autoridades regionais, governos nacionais e organizações internacionais. De uma

forma geral, sua utilização justifica-se por contribuir para o entendimento das diferenças entre as diversas performances inovativas das economias e para o desenvolvimento de formas de estimular e dar suporte à inovação.

A escolha pela abordagem ampla de Sistemas Nacionais de Inovação neste trabalho se dá pela importância de políticas governamentais para o processo inovativo. No âmbito desta abordagem, as políticas implementadas, em especial no setor de microeletrônica, fazem parte do próprio sistema de inovação.

É importante ressaltar que um avanço importante nos trabalhos sobre SNI refere-se à constatação de que o conceito de inovação não se restringe a processos de mudanças radicais na fronteira tecnológica, realizados quase que exclusivamente por grandes empresas através de seus esforços de pesquisa e desenvolvimento. Reconhece-se assim, que a inovação se estende para além das atividades formais de P&D e inclui novas formas de produzir bens e serviços (Cassiolato e Lastres, 2005).

Neste sentido, para o estudo que se propõe sobre a construção da capacidade inovativa em microeletrônica, a utilização deste arcabouço teórico pode contribuir para o entendimento da evolução e da dinâmica desta área no Brasil.

Capítulo 2

A Origem da Indústria de Semicondutores

O objetivo do presente capítulo é tratar da revolução da microeletrônica e seus efeitos nas indústrias em diversos setores. Será abordado inicialmente, o papel da microeletrônica como indutora na formação de novas indústrias e o potencial difusor com aplicações em muitas atividades econômicas.

Neste capítulo será caracterizada a indústria de semicondutores, alvo deste trabalho, mostrando o seu surgimento a partir dos transistores, que evoluíram até chegar aos microprocessadores complexos. Neste aspecto, será abordada a estreita relação que há entre a evolução da microeletrônica com a indústria de defesa, principalmente norte americano.

Serão abordadas, também, algumas características técnicas, com o objetivo de mostrar a evolução do *chip*, bem como mapear a cadeia de valor desta indústria. Em seguida, serão elencadas as principais empresas desta indústria, onde estão localizadas, bem como o quanto elas vendem atualmente, permitindo um panorama global do setor.

Por último, será discutido o caso da implantação da Intel na Costa Rica, buscando destacar a chegada desta empresa no país, em termos de investimento direto estrangeiro (IDE), ambiente para investimento, desenvolvimento da indústria e impactos na sociedade.

2.1 – A microeletrônica como base de um novo paradigma técnico e econômico

Alguns autores, dentre os quais se destacam Perez (1991) e Tigre (1997), apontam várias evidências de que a microeletrônica é a base de um novo paradigma tecno-econômico. Para eles, a microeletrônica tem alcance amplo o suficiente para promover mudanças radicais que afetam toda a economia, envolvendo mudanças

técnicas e organizacionais, mudando produtos e processos, além de criar novas indústrias⁶.

Perez (1985) afirma, que o setor de microeletrônica possui potencial de flexibilidade e adaptabilidade com impacto variado nas indústrias e nas suas atividades. Neste sentido, o salto de produtividade permitido pela microeletrônica pode ser observado em muitos setores da economia.

Neste contexto, observa-se uma significativa mudança causada pela microeletrônica, com alterações nas práticas produtivas adotadas nas indústrias em geral, a substituição da mão de obra por equipamentos automatizados, além da elevação do conteúdo tecnológico de uma série de produtos.

Tigre (1997) define que este novo paradigma mantém uma continuidade histórica com as revoluções industriais anteriores, no sentido de substituir trabalho por capital. No entanto, em seu estudo, ele aponta uma novidade, pois a tecnologia passou a ser incorporada também pelo setor terciário, até então, pouco afetado pelas revoluções anteriores.

A revolução da microeletrônica, a partir da década de 1970, traz novas tecnologias para a sociedade e redefine novas indústrias, dentre as quais desenvolvedoras de circuito integrado, empresas de computadores e de software, empresas de equipamentos de telecomunicações, dentre outras.

Tigre (1997) afirma que a revolução da microeletrônica traz de volta o conceito de destruição criadora de Schumpeter, pois a nova trajetória de crescimento é intensiva em conhecimento e requer o desenvolvimento de uma infraestrutura de natureza diferente da anterior.

Desta forma, com o advento da microeletrônica, a quantidade de material passa a ser secundário e as tecnologias envolvidas para o desenvolvimento de uma determinada infraestrutura ou produto são colocadas em destaque. A geração de empregos neste setor é caracterizada como sendo baixa e restrita a profissionais

⁶ Em seu estudo, Perez (1985) define paradigma técnico e econômico como sendo resultado de um processo de aprendizado coletivo complexo articulado em um modelo mental dinâmico das melhores práticas econômicas, tecnológicas e organizacionais para o período em que a revolução tecnológica específica está sendo adotada e assimilada pelo sistema econômico e social.

altamente qualificados, não bastando uma elite de técnicos para a difusão deste novo paradigma.

As evidências dos especialistas sobre o alcance amplo da microeletrônica se concentram em três pontos, de acordo com Tigre (1997). Primeiro a questão de custos baixos e com tendências declinantes, pois a redução dos custos é uma das principais responsáveis por provocar mudanças comportamentais em relação ao investimento e a práticas produtivas. Um segundo ponto é a oferta para produção aparentemente ilimitada, ainda que haja uma demanda crescente, pois a principal matéria prima (silício) é abundante na natureza. Por último, o potencial de difusão por toda a sociedade, uma vez que a microeletrônica tem aplicação em praticamente todas as atividades econômicas.

Cabe destacar que a mão de obra neste segmento é um ponto relevante, pois acaba por ser um limitante de expansão da capacidade de algumas empresas. Este insumo é tratado como crítico para o desenvolvimento do setor de microeletrônica e a dificuldade se torna ainda maior de possuir um quadro de pessoal capacitado, tendo em vista o avanço no ritmo tecnológico desta área, o que exige constante treinamentos e atualizações.

Alguns autores afirmam que este novo paradigma se difunde de forma assimétrica, uma vez que as externalidades causadas pela microeletrônica colocam distorções nos padrões mundiais estabelecidos. Assim sendo, abre-se uma série de possibilidades de aplicação em favor do desenvolvimento econômico social. Controlar seus efeitos mais negativos e não convencionais tende a ser um dos grandes desafios e, assim, direcionar os esforços e o potencial deste setor para contribuições focadas no bem estar social.

2.2 – Definição e evolução tecnológica dos semicondutores

Dosi (2006) define a indústria de semicondutores como o ramo da indústria eletrônica que fabrica componentes eletrônicos, utilizando a propriedade dos materiais semicondutores, dos quais silício é o mais comum (alguns especialistas apontam o grafeno como o material substituto do silício). O surgimento dessa indústria ocorre a partir de um gargalo tecnológico, em telecomunicações, no final

dos anos 1940, com os laboratórios da Bell Telephone, nos Estados Unidos (EUA), que empreenderam um programa de pesquisa produzindo os primeiros transistores.

A invenção do transistor acabou por desencadear a revolução eletrônica no pós-guerra, na qual as inovações exploradas foram estimuladas pelas preocupações com a segurança dos americanos geradas pela Guerra Fria. De acordo com os estudos de Mowery e Rosemberg (2005), a criação dessas inovações dependeu mais da ciência e das invenções norte-americanas do que muitas das inovações críticas de épocas anteriores a 1940.

Na década de 1950, os principais aspectos em relação à indústria de semicondutores nos EUA foram de que a maior parte das pesquisas havia sido realizada por empresas já estabelecidas, algumas delas do setor elétrico. Dosi (2006) destaca que, entre 1950 e 1955 os laboratórios da Bell Telephone e as empresas do setor elétrico deram origem, em conjunto, a 92% de todas as principais inovações e, ressalta ainda que, esse mesmo laboratório, teve um importante papel como uma decisiva instituição capaz de ligar a pesquisa pura e a aplicada.

A evolução dessa indústria continua em 1961, com o desenvolvimento do primeiro circuito integrado (CI), caracterizado por uma série de transistores combinados em um único *chip* de silício, desempenhando mais de uma função. Este avanço importante na eletrônica de semicondutores teve como responsável a empresa americana Texas Instruments, que inventou e primeiramente introduziu os CIs nas vendas da indústria nos EUA. Ao final dos anos 1970, essas vendas alcançaram um valor próximo de US\$ 8 bilhões, representando um crescimento superior a 20% por ano (Mowery e Rosemberg 2005).

Os CIs, de forma acelerada, passaram a ser utilizados em aplicações comerciais para computadores, além do uso intensivo em sistemas militares e espaciais, que demonstraram a viabilidade no uso. A demanda militar absorvia quase que a totalidade da produção, impulsionando o crescimento inicial da indústria de defesa. Dessa forma, o preço médio por CI decrescia e, conseqüentemente, criava-se um grande mercado comercial para os *chips* de silício (Tabela 1).

Mowery e Rosemberg (2005) afirmam que os CIs transformaram a estrutura da indústria de semicondutores nos EUA, pois as empresas que surgiram como

líderes vendiam a maior parte de sua produção para outras firmas, ao invés de produzirem primariamente para o mercado consumidor interno. Além disso, os militares norte americanos estavam dispostos a conceder substanciais contratos de aquisição a empresas, como a Texas Instruments, que tinham entrado recentemente na indústria de semicondutores e tinha pouca ou nenhuma tradição de fornecimento para a defesa.

Tabela 1 - Produção e preços de circuitos integrados nos EUA e a importância do mercado de defesa, 1962 - 1968

Anos	Produção Total (US\$ milhões)	Preço Médio por Circuito Integrado (US\$)	Parcela da produção para defesa da produção total (%)
1962	4*	50,0*	100*
1963	16	31,6	94*
1964	41	18,5	85*
1965	79	8,33	72
1966	148	5,05	53
1967	228	3,32	43
1968	312	2,33	37

*estimativas com base nos dados disponibilizados pelo Departamento de Defesa norte americano

Fonte: Adaptado de Mowery e Rosemberg (2005)

Dessa forma, o avanço tecnológico foi fortemente influenciado pelas exigências do setor militar, pois a maior parte das características atribuídas, tais como tendência a miniaturização, confiabilidade, menor dispersão de energia, dentre outras, correspondeu às demandas e requisitos influenciados pela indústria de defesa.

Este rápido crescimento na produção de CI's foi acompanhado por mudanças em sua composição. Em 1971 surgiram os microprocessadores: um grande circuito integrado, mais complexo, que incorporam em um único *chip* todas as funções lógicas de um computador completo. Sua comercialização pioneira pela Intel Corporation quebrou um gargalo que limitava o progresso tecnológico e freava a difusão tecnológica de computadores. O surgimento dos microprocessadores fez

com que a tecnologia de computação fosse aplicada em uma série de soluções, tais como a incorporação em produtos de indústrias maduras, o desenvolvimento de tecnologia de processos industriais complexos e nos computadores de mesa, até então, distante da realidade atual.

Durante toda a história da indústria de semicondutores, um percentual elevado de pesquisa básica foi feita nos EUA pelos laboratórios Bell e IBM (Tabela 2). O investimento direcionado para atividades de P&D, de acordo com Dosi (2006), permite criar um ambiente mais propício a rupturas tecnológicas. Este tipo de pesquisa de longo alcance proporciona uma fonte importante de possíveis avanços e novas tecnologias ou trajetórias tecnológicas.

Tabela 2 - Principais contribuintes de pesquisa básica e total de P&D em semicondutores nos EUA em 1972 (US\$ milhões)

Bell Laboratories	15
IBM	13
RCA	4
Texas Instruments	2
Outros (GE, Fairchild, etc.)	2
Total de Pesquisa Básica	36
Total de P&D, realizada pela indústria (exceto Bell e IBM)	136

Fonte: Dosi (2006)

Fazendo um comparativo da indústria de semicondutores dos EUA com a da Europa, as empresas e instituições europeias possuíam um nível científico e tecnológico, de certa forma, comparável com as instituições e empresas norte americanas correlatas. No entanto, as diferenças estavam basicamente no número de empresas capazes de empreender tais esforços em atividades ainda incertas, que nos EUA era superior a Europa. De acordo com Dosi (2006), a quantidade e o tamanho das empresas tem importância, principalmente quando os padrões de desenvolvimento tecnológico ainda não estão bem estabelecidos. Outro ponto relevante da trajetória da indústria de semicondutores na Europa é a falta de uma instituição como os Laboratórios Bell. A distância entre as universidades e os

laboratórios governamentais por um lado e, a empresa privada, por outro, representou um obstáculo para rápida transformação de descobertas científicas em produção comercial (Dosi, 2006).

A indústria europeia ficou fora do processo de definição de novas trajetórias tecnológicas (Dosi, 2006), conseqüentemente permaneceu limitada ao papel de imitadora próxima do padrão tecnológico. Esta mesma tendência pode ser aplicada a indústria japonesa, que nas décadas de 1950 e 1960 possuía pouca experiência científica e tecnológica na área de semicondutores, uma defasagem de imitação elevada, com a presença de grandes empresas estabelecidas entrando no campo dos semicondutores (Hitachi, Toshiba, dentre outras). Em relação à indústria militar, neste período, a Europa tinha um mercado muito menor do que o dos EUA, enquanto que o Japão, não tinha nenhum.

Nesse contexto, o surgimento da indústria de semicondutores, com maior relevância nos EUA, é marcado pela intervenção institucional e pela coordenação implicitamente propiciada pelas políticas públicas, principalmente do setor militar, que direcionou a acumulação do conhecimento e da especialização, estimulando trajetórias tecnológicas específicas. Conforme destacado por Mowery e Rosemberg (2005), a revolução eletrônica derivou boa parte de seu impacto econômico de um longo e complexo processo de difusão e adoção de interindústrias. Os produtos das indústrias de alta tecnologia foram capazes de transformar a estrutura de setores maduros (por exemplo, comércio varejista), assim como o de novas áreas (exemplo, desenho de aviões comerciais).

No âmbito do dinamismo inerente a esta indústria, os programas militares dos EUA afetaram tanto o lado da oferta, com subsídios para expansão da capacidade produtiva e redução das barreiras à entrada para novas empresas, como também o lado da demanda, ao garantir um futuro mercado para quaisquer inovações correspondentes às características tecnológicas especificadas.

Assim sendo, como destaca Dosi (2006), as políticas de compras públicas, de financiamento de P&D e de indicação explícita da direção requerida pelo avanço tecnológico funcionaram, em conjunto, como amplos mecanismos de alocação e de direcionamento tanto para os esforços produtivos como para os de pesquisa.

A partir de 1980, a tendência tecnológica foi marcada pela inter-relação entre a tecnologia da fabricação do produto por um lado, e o projeto do circuito, a aplicação e o software pelo outro. Houve uma progressiva convergência entre a tecnologia dos circuitos e a tecnologia dos sistemas em que os circuitos são colocados, ou seja, os softwares finais tornam-se cada vez mais incorporados no hardware dos circuitos. Dosi (2006) revelou que a crescente integração dos circuitos representa maiores possibilidades tecnológica de um circuito desempenhar certo conjunto de funções, no entanto, cresce o custo dos aplicativos de software para os usuários. Nesse período, as inovações de produto, principalmente aquelas relacionadas com os microprocessadores, passaram a ser restringidas pelas inovações dos equipamentos.

2.3 – Aspectos técnicos e etapas para produção de um circuito integrado

Após breve abordagem sobre as características e a evolução da indústria de semicondutores cumpre destacar alguns aspectos técnicos deste setor, que serão úteis para um melhor entendimento do objeto de análise desta dissertação, qual seja o sistema nacional de inovação em microeletrônica.

Conforme já mencionado, o componente criado a partir da interligação de transistores em uma mesma pastilha ou lasca (*chip*) de silício é chamado de circuito integrado (CI), pois o mesmo pode simular o funcionamento de todo um circuito eletrônico com diversos componentes. O aperfeiçoamento tecnológico aplicado a esta indústria, com o passar dos anos, fez com que a escala de integração de transistores passasse de algumas dezenas para milhões de transistores em um único *chip*.

O campo da eletrônica dedicado ao estudo e à fabricação de componentes miniaturizados recebeu a denominação de microeletrônica. O CI está presente em todos os aparelhos eletrônicos e bens de tecnologia metal mecânica, desta forma, os termos semicondutores, *chips* ou componentes eletrônicos e microeletrônicos são com frequência utilizada como sinônimos de CI.

Como destacado, a evolução dos semicondutores se deu de maneira acelerada. Essa indústria demonstrou uma significativa habilidade na diminuição exponencial das dimensões mínimas de fabricação dos circuitos integrados. Essa

tendência, que equivale a aumentar o nível de integração, é conhecida como Lei de Moore. Alguns especialistas, com base nesta lei, afirmaram a partir de meados dos anos 1990, que o número de transistores em uma mesma área de silício dobra a cada dois anos.

O crescimento no volume de fabricação se dá com o aumento progressivo do diâmetro do *wafer*, que é definido como sendo a placa de substrato semiconductor de algumas micra de espessura no qual são construídos os componentes microeletrônicos. Inúmeras réplicas do mesmo componente são construídas em cada *wafer* e depois separadas, as quais recebem o nome de *die*. Abaixo, segue a Tabela 3, em que é evidenciada a evolução dos diâmetros do *wafer*, com as correspondentes geometrias dos *chips*.

Tabela 3 - Especificações Técnicas de um Circuito Integrado (CI)

Diâmetros do <i>wafer</i>	Geometria dos CI
5 polegadas (12,7 cm)	0.6 μ m e 0.5 μ m
6 polegadas (15,2 cm)	0.35 μ m e 0.25 μ m
8 polegadas (20 cm)	0.18 μ m e 0.13 μ m
12 polegadas (30,5 cm)	90 nm, 65 nm e 45 nm.

Fonte: Elaboração própria com base em Gutierrez e Mendes (2009).

O processo de produção de um CI compreende cinco etapas distintas, conforme descrito na Figura 4: (1) concepção, (2) projeto, (3) fabricação (*front-end*), (4) encapsulamento e teste (*back-end*) e (5) serviço ao cliente. Os produtores de CI's atuam de diversas maneiras na cadeia de valor, sendo classificados conforme seu modelo de negócios. Assim, eles podem ser classificados de diferentes formas, conforme descrito a seguir.

- a. Fabricantes integrados, que realizam todas as atividades da concepção do componente ao serviço ao cliente do produto, o qual leva a sua marca, sendo conhecidos como IDM (*Integrated Device Manufacturer*);
- b. Empresas sem fábrica (*fabless*), que realizam todas as atividades de concepção do CI ao serviço ao cliente do produto, porém terceirizam a fabricação

(*front-end*) e montagem (*back-end*) do componente, sendo elas a dona da marca e, portanto, do mercado de seus produtos;

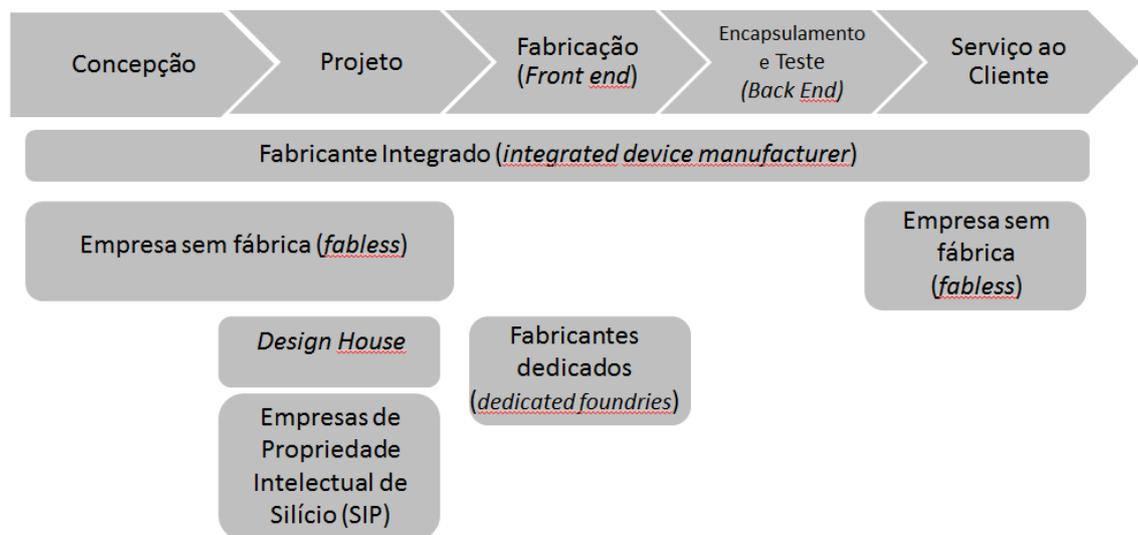
c. Fabricantes dedicados (*dedicated foundries*), em que realizam o processamento físico-químico dos componentes;

d. Encapsuladores, voltados à etapa de *back-end*;

e. Empresas de projeto (*design houses*) independentes, subcontratadas por fabricantes de bens finais, pelas IDM ou pelas *fabless*;

f. Empresas de propriedade intelectual de silício (SIP), que desenvolvem células de projeto – *IP cores* – e as licenciam ou vendem a terceiros: IDM, *fabless* ou *design houses*, podendo ser ou não remuneradas por meio de *royalties*.

Figura 4 - Cadeia Produtiva de Circuitos Integrados



Fonte: Elaboração própria com base em Gutierrez e Mendes (2009).

Na seção seguinte será abordado o dinamismo atual da indústria de semicondutores, apresentado as principais características dos mais importantes players globais e como estão inseridos no âmbito da cadeia do setor.

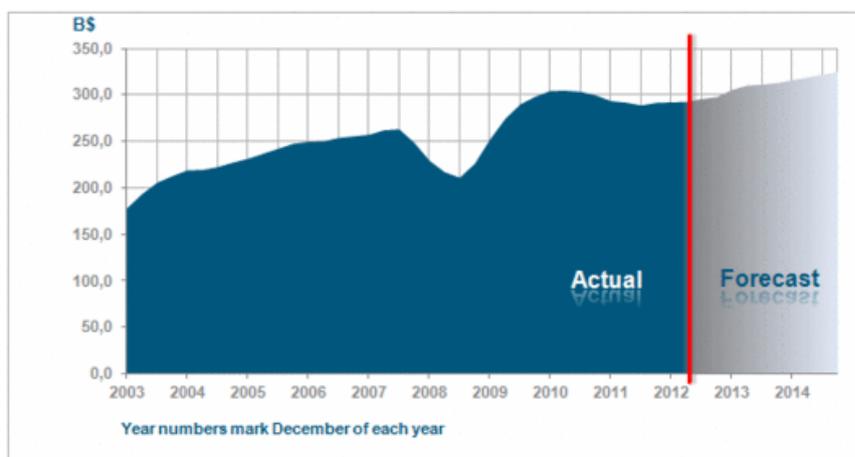
2.4 – Situação atual da indústria de semicondutores no mundo e seus principais atores

Conforme já tratado neste trabalho, a indústria de semicondutores é considerada o principal elo a partir do qual são geradas inovações e progressos

tecnológicos em diversos ramos da economia, estando presente em várias atividades da vida humana moderna. A amplitude da aplicação vai desde o controle de processos produtivos de bens de capital, passando por atividades agropecuárias, serviços de saúde, equipamentos de telecomunicações, indústria aeroespacial, dentre outros.

De acordo com o Gráfico 1, a partir dos dados da *World Semiconductor Trade Statistics* (WSTS), as vendas de semicondutores de 2003 a 2012 no mundo cresceram em média 8% ao ano, aumentando de cerca de US\$ 175 bilhões para US\$ 290 bilhões aproximadamente. Nos anos de 2006 até meados de 2007 o crescimento de vendas do setor foi abaixo da média, se acentuando em 2008, em particular, como consequência da crise financeira. Em 2011 e 2012, o crescimento continuou abaixo da média histórica e das previsões de uma série de instituições especializadas, tendo em vista o terremoto no Japão, as inundações na Tailândia e a crise na Europa, que afetaram diretamente a produção de semicondutores no mundo. A indústria de semicondutores apresenta um efeito multiplicador em torno de 25 vezes, tornando-o indiretamente responsável por uma fatia considerável do PIB mundial. Desta forma, as perspectivas para os próximos anos são de retomada do crescimento do setor, ainda que possam ocorrer algumas oscilações, de acordo com as estimativas da *Semiconductor Industry Association* - SIA.

Gráfico 1 - Mercado Mundial de Semicondutores – 2003 / 2014



Fonte: World Semiconductor Trade Statistics (WSTS) – www.wsts.org

Conforme pode ser observado na Tabela 4⁷, existem nove entre as 20 principais fabricantes com crescimento superior a 8%, em vendas, comparando com o ano de 2012, sendo quatro americanas (Qualcomm – 37%, Micron – 9%, Broadcom – 8% e Global *Foundries* – 10%) e uma empresa que possui a característica de ser uma *fondry* (fabricantes dedicados, que realizam o processamento físico-químico dos componentes) de Taiwan, TSMC (23%). Dentre as que tiveram pior desempenho estão duas japonesas Renesas (-15%) e Sony (-26%) e; duas americanas TI (-7%) e AMD (-25%).

A situação pela qual passa a indústria de semicondutores, a partir da rápida evolução tecnológica, faz com que as plantas industriais sejam revistas a cada três ou cinco anos. Além disso, o custo de capital elevado desses últimos dois anos teve como consequência a desverticalização da produção, viabilizando a emergência de empreendimentos especializados e altamente interdependentes em escala global, permitindo o surgimento de novos modelos de negócios.

Neste contexto, além dos produtores integrados tradicionais, tais quais Intel, Samsung, Toshiba, etc, o setor industrial de microeletrônica passou a comportar produtores especializados, que realizam apenas o processamento físico-químico do silício e operam através da demanda de terceiros (*dedicated foundries*). Existem ainda as empresas sem fábrica (*fabless*), que realizam o projeto do produto e são as detentoras da marca e comercializam seus componentes no mercado mundial.

Cabe destacar que os impactos descritos acima propiciaram a desconcentração territorial da indústria, que tem na sua origem forte presença nos Estados Unidos, Europa e Japão. Como demonstrado na tabela, surgiram novos *players* na Coreia do Sul, Taiwan, Malásia e Cingapura.

Outra tendência deste setor é a alta taxa de inovação em técnicas de projeto e de produção dos CIs, com investimentos em pesquisa, desenvolvimento e engenharia de produto acima da média de outros setores da indústria de transformação. Por último, o padrão de inovação tecnológica na indústria de semicondutores é incentivado pela demanda (*demand-pull*) e fortemente

⁷ Retirado do estudo da *IC Insights* (2013), em que estão listadas as 20 maiores fabricantes mundiais de semicondutores até o primeiro semestre de 2013.

influenciado pelas tendências específicas dos segmentos de bens finais de base eletrônica (telecomunicações, informática, etc.).

Tabela 4 - 20 Maiores Fabricantes Mundiais de Semicondutores do Mundo – 1º Semestre de 2013

Posição no 1º semestre 2013	Empresa	Sede	Vendas até o 1º semestre de 2013 (US\$ milhões)	Varição 2013/2012
1.	Intel	EUA	23.340	-4%
2.	Samsung	Coréia do Sul	15.723	4%
3.	TSMC (*)	Taiwan	9.612	23%
4.	Qualcomm (**)	EUA	8.138	37%
5.	SK Hynix	Coréia do Sul	6.098	38%
6.	Toshiba	Japão	5.806	3%
7.	TI	EUA	5.640	-7%
8.	Micron	EUA	4.594	9%
9.	ST	Europa	4.027	-2%
10.	Broadcom (**)	EUA	3.989	8%
11.	Renesas	Japão	3.806	-15%
12.	Global Foundries	EUA	2.565	10%
13.	Infineon	Europa	5.535	-1%
14.	NXP	Europa	2.273	11%
15.	AMD (**)	EUA	2.249	-25%
16.	Sony	Japão	2.197	-26%
17.	Elpida	Japão	2.105	5%
18.	Media Tek**	Taiwan	1.932	33%
19.	UMC*	Taiwan	1.913	6%
20.	Freescale	EUA	1.905	1%

Fonte: IC Insights' Strategic Reviews Database 2013

(*) Foundry (**) Fabless

Ainda em referência a Tabela 4, das 20 maiores fabricantes de semicondutores do mundo, os Estados Unidos continuam tendo o maior percentual em vendas (52% em relação às outras regiões), algo em torno de US\$ 52 bilhões. No entanto a participação dos países da Ásia cresceu de forma significativa nesses

últimos anos, uma vez que até o primeiro semestre de 2013, 43% das vendas foi proveniente desses países, algo em torno de US\$ 49 bilhões. Já na região da Europa, o percentual de vendas é de 10% (US\$ 11 bilhões) e com tendência de redução, agravada com a crise por qual ela passou no final da primeira década do século XXI.

Cabe destacar que, em relação ao mercado de vendas até o primeiro semestre de 2013, as 20 maiores fabricantes obtiveram uma receita de cerca de US\$ 113 bilhões (IC Insight, 2013). A continuar o ritmo do primeiro semestre, as perspectivas projetadas pela WSTS (Ver Gráfico 1), de um mercado próximo de US\$ 300 bilhões de dólares, dificilmente serão alcançadas. Este fato pode ser explicado pela preocupação relatada por alguns analistas econômicos de desaceleração da economia chinesa e a lentidão na recuperação da economia europeia.

Ainda que a região da Ásia não tenha demonstrado tradição histórica na constituição do setor que tratamos neste trabalho, o fato dela demonstrar forte participação pode ser explicado pelo crescimento do mercado asiático de produtores e equipamentos eletrônicos, além do alto retorno financeiro que os investimentos nesta região tem proporcionado. Hoje a Ásia tem uma alta concentração na produção mundial de equipamentos de alta escala de produção, como televisores, microcomputadores e smartphones.

Os semicondutores evoluem para uma crescente integração de sistemas, a partir da miniaturização e barateamento de produtos eletrônicos (Dosi, 2006). A integração de circuitos inteiros em um único componente, o circuito integrado, é considerado por muitos autores como o motor desta evolução.

Dessa forma, esta indústria se mostra efetivamente capaz de modificar outras indústrias e processos, tendo em vista sua atuação transversal. É possível verificar ainda que, este segmento gera externalidades e impacta positivamente em outros setores, aumentando a produtividade do trabalho, bem como permitindo a criação de novos serviços. Cabe mencionar que, alguns países, principalmente aqueles da região asiática tratam esta indústria como objeto de políticas públicas, incentivando o seu desenvolvimento como motor da inovação.

2.5 – Resultados da implantação da Intel na Costa Rica

Em novembro de 1996, o gigante global de eletrônicos, a Intel, decidiu instalar sua fábrica de encapsulamento e testes (*back end*) de semicondutores, no valor de US\$ 300 milhões, no pequeno país da América Central. Para alguns analistas setoriais era muito pouco provável a Costa Rica ser contemplada com esses investimentos. No entanto, após mais de uma década, é possível fazer uma breve avaliação, ressaltando seus efeitos neste país, para então verificar de que forma o Brasil pode obter vantagens com o desenvolvimento local dessa indústria.

A Intel, em 1996, possuía uma receita bruta de mais de US\$ 20 bilhões, suas vendas brutas era duas vezes o PIB da pequena Costa Rica, que possuía uma população de 3, 5 milhões. O plano proposto poderia acomodar até quatro plantas e empregar 3.500 pessoas de alta qualificação e acabou por desembolsar US\$ 500 milhões em investimentos. Em 2003, seis anos após a inauguração da primeira fábrica, o volume total de produtos montados e testados na Costa Rica representava próximo de 22 a 25% das vendas totais da companhia (*World Bank Group, 2006*).

Os investimentos realizados pela Intel na Costa Rica afetaram quatro principais áreas, conforme relatado pelo *World Bank Group (2006)*: a economia, mais especificamente o fluxo de investimento direto estrangeiro (IDE), o PIB e o comércio; o ambiente do país para investimentos; o desenvolvimento de sua indústria e; o desenvolvimento da sociedade, em especial a educação.

O investimento estrangeiro direto teve um rápido impacto no país. O fluxo de recursos provenientes da Intel se iniciou em 1997 e aumentou significativamente em 1998 e 1999, aumentando em 50%, em relação a média de 1996 e 1997 (Tabela 5). Vale destacar que o efeito dos investimentos realizados pela Intel permitiu a Costa Rica enfrentar a grave crise cambial por qual passou a América Central e do Sul muito melhor do que o México e o Brasil, por exemplo. No caso da variação dos IDEs, a Costa Rica caiu apenas 7% em relação a média regional que recuou 55% entre 1999 e 2003 (*World Bank Group, 2006*).

Se avaliarmos o Produto Interno Bruto da Costa Rica, em 1999, o estudo do *World Bank Group (2006)* mostra que o PIB cresceu 8,4%, mas excluindo a contribuição da Intel, teria crescido apenas 3%. Desta forma, mais de 60% do PIB

em 1999 pode ser atribuído diretamente a Intel. No entanto, este mesmo estudo mostra que o PIB da Costa Rica sofreu reflexos da crise da Intel, quando em 2000 a atividade da empresa caiu significativamente, o PIB cresceu apenas 1,4%, sem a Intel, o PIB teria crescido 3%. Esta situação revelou a fragilidade do país, tendo em vista a alta correlação de sua economia com o desempenho de uma única empresa.

Tabela 5 - Crescimento do Investimento Direto Estrangeiro na Costa Rica 1995 - 2004 (US\$ Milhões)

1995	336,9
1996	426,9
1997	406,9
1998	611,7
1999	619,5
2000	408,6
2001	453,6
2002	661,9
2003	576,7
2004	585,0

Fonte: World Bank Group (2006)

Em relação ao impacto causado no comércio, tanto as importações quanto as exportações cresceram de forma vigorosa em 1997 e 1998, refletindo o alto nível de atividade no país. Neste período as importações da Intel de instalações, equipamentos e materiais intermediários impulsionaram o crescimento do comércio na Costa Rica. Além disso, em 1999, a exportação da Intel foi cerca de US\$ 2,4 bilhões em produtos, o que representa 36% das exportações do país, que foi de US\$ 6,6 bilhões, valor que até hoje nunca foi superado.

O ambiente de investimento presente na Costa Rica, segundo avaliado pelo presidente da Intel na época, era considerado satisfatório e iriam se concretizar condicionado a algumas melhorias específicas. Isto fez que o governo direcionasse ações imediatas em educação técnica, infraestrutura logística, desburocratização na

obtenção de licenças e, ainda, simplificação nos impostos e concessão de alguns incentivos fiscais (Spar, 1998).

O resultado dessas medidas teve um impacto imediato dando um considerável impulso no desenvolvimento e crescimento do país. De acordo com o estudo do *World Bank Group* (2006), nos sete anos entre 1996 e 2003, os gastos com comunicação e logística praticamente dobraram, alcançando uma taxa média anual de crescimento de 10%. Outra medida de forte impacto no país foi a aprovação da Lei de Concessões Públicas, que permitiu a participação de investidores privados, nacionais e estrangeiros na construção e operação de obras públicas, como estradas e portos.

O investimento da Intel acabou por ter um efeito de longo prazo e indireto no país, pois com a sinalização da instalação outras empresas estrangeiras de diversos setores se dispuseram a considerar a Costa Rica como um local para operações de grande porte. O *cluster* de eletrônica trouxe novos projetos nacionais e estrangeiros, incluindo fornecedores, além da expansão de investimentos pré-existentes da Intel. Além disso, o *World Bank Group* (2006) indica que o interesse dos investidores levou ao crescimento do *cluster* de dispositivos médicos e de investimentos pioneiros em serviços. Spar (1998) relata que em 2004 a indústria de apoio local fornecedora da Intel tinha 460 empresas de materiais e serviços.

Neste contexto, Rodriguez-Clare (2001) destaca o impacto que a implantação dessa indústria teve na cultura empresarial e na sociedade em geral. As práticas empresariais adotadas pela Intel contribuíram ativamente para a formação de um cidadão socialmente responsável, especialmente no que diz respeito a programas sociais e de conscientização ambiental. Foram exigidos ainda, como contrapartida dos investimentos, melhorias na educação técnica. Esta exigência resultou em uma estreita cooperação da Intel com as universidades locais e escolas técnicas, ajudando no fortalecimento na base de ensino do país.

Pelo exposto, os investimentos da Intel resultaram em externalidades positivas para a Costa Rica, gerando efeitos diretos e multiplicadores sobre a economia do país, principalmente, no que tange a algumas variáveis macroeconômicas, a indústria em geral, instituições de ensino e a cultura

empresarial. Os requisitos impostos para a implantação serviram como motivo importante para o país atualizar imediatamente sua infraestrutura melhorar o ambiente de investimento em benefício dos investidores que viriam.

Além disso, para captação dos investimentos foi necessário estabelecer novas relações entre o governo, as instituições públicas e privadas do país e os investidores. Para atração de novos recursos esta coesão sinalizou positivamente para o mercado, servindo como importante aliado na promoção de investimento.

Ao avaliar os resultados inesperados para a Intel, gerados com os investimentos, o *World Bank Group* (2006) aponta alguns benefícios, tais qual o nível de capacidade de engenharia e desenvolvimento de software superior ao esperado, um grau de maturidade de gestão e ainda, níveis mais altos do que o esperado de compras locais de bens e serviços.

Naturalmente, ainda que replicasse este exemplo para o Brasil, dificilmente seria alcançado os mesmos resultados obtidos na Costa Rica. São países completamente diferentes em todos os níveis, territorial, econômico, político, social, etc. No entanto, é importante destacar o quão importante é esta indústria e os possíveis impactos que ela é capaz de gerar em um país. No próximo capítulo abordaremos a microeletrônica no Brasil, apresentando a situação atual e quais são as políticas vigentes de incentivo a esta indústria.

Capítulo 3

A Indústria de Semicondutores no Brasil a partir da Década de 1980

O capítulo em questão irá tratar da situação por qual passou a indústria de semicondutores do Brasil nos anos 1980 e 1990. Será abordada a questão da política de reserva de mercado, sustentada pela Política de Informática e seu efeito na indústria de componentes eletrônicos que existia no país. Outro aspecto relevante a ser tratado é o período da década de 1990, as políticas liberalizantes praticadas e as consequências das medidas implantadas para o parque industrial nacional, em especial, a indústria de semicondutores. Ainda neste período será abordado a Lei de Informática e seus efeitos para o setor.

Em seguida, se fará um histórico recente da microeletrônica no Brasil, passando pelas três políticas industriais anunciadas, Política Industrial Tecnológica e de Comércio Exterior (PITCE), Política de Desenvolvimento Produtivo (PDP) e Plano Brasil Maior (PBM) e suas ações diretas para o setor de microeletrônica, entendendo a importância desta indústria para o país.

Por último são apresentadas as ações focadas do Estado que contribuíram para retomada do desenvolvimento do sistema de inovação de microeletrônica, com destaque para o Programa Nacional de Microeletrônica e o Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Indústria de Semicondutores e Displays (PADIS)

3.1 – Contexto da microeletrônica no Brasil nos anos 1980 e 1990

A indústria de semicondutores é considerada uma difusora de tecnologia e com elevado potencial de criar vantagens competitivas nos diversos segmentos produtivos de um país.

Diferente da situação da Costa Rica, que até o início das atividades da Intel no país não havia tradição em ações voltadas para a indústria de semicondutores, o Brasil nos anos de 1980, possuía uma indústria de componentes eletrônicos. Essa indústria estava sustentada na proteção dada pela Política de Informática (Lei 7.234/84), que reservava a fabricantes de capital nacional o direito de produzir e

vender bens de informática. Esta medida tinha por trás o objetivo de criar uma indústria local e obter tecnologia de ponta no país.

Uma das consequências da adoção desta política de reserva de mercado foi avaliada por Tigre (1993), no sentido de que as medidas de proteção ao desenvolvimento tecnológico local foram bem sucedidas para gerar capacitação em áreas críticas, principalmente no início da década de 1980. Por outro lado, alguns economistas classificam a reserva de mercado como um dos motivos do atraso tecnológico que marcou o país por um bom período de tempo. Muitas das empresas de eletrônica do país, que nasceram ou ganharam força durante a fase da reserva, não resistiram a competição acirrada a qual foram expostas a partir da abertura da economia no início da década de 1990.

Ocorre que, neste período, fabricantes de semicondutores se viram obrigados a buscar produção local para evitar as altas tarifas de impostos para produtos importados e, ao final da década de 1980, estavam instaladas no Brasil 23 empresas. De acordo com Oliveira e Miguel (2004), a produção local de semicondutores chegou a atingir cerca de US\$ 250 milhões, com uma importação de aproximadamente US\$ 400 milhões.

Com a aceleração do ritmo de inovação na informática no âmbito global, tornou-se difícil e mesmo questionável a política de restringir o fluxo de tecnologia. Todavia, a partir do início dos anos 1990, com a ascensão das ideias neoliberais conjugadas com o fim da reserva de mercado, a indústria brasileira de semicondutores passou a enfrentar dificuldades. Em seu estudo, Ripper Filho (2004) considerou que o fim dessa indústria ocorreu basicamente em duas fases: uma primeira, com a criação da Zona Franca de Manaus implicando a transferência da produção de bens eletrônicos de consumo com suas respectivas tecnologias e insumos estrangeiros; e uma segunda, mais intensa e dramática, com a abertura para as importações no setor, sem restrições, realizada pelo governo Collor, em 1990.

Uma tentativa do governo em estimular as atividades industriais e, conseqüentemente, avançar no desenvolvimento do setor de microeletrônica foi a divulgação da Política Industrial e de Comércio Exterior (PICE). Este conjunto de

medidas, lançado em junho de 1990 pelo presidente Collor, tinha o objetivo de promover mudanças estruturais na economia brasileira. Por um lado, tinha medidas destinadas a aumentar a competição, através da abertura às importações e ao investimento estrangeiro, por outro, estabelecia o apoio ao desenvolvimento tecnológico, notadamente às melhorias de qualidade e produtividade, através de crédito, incentivos fiscais e ações coordenadas.

O que se viu foi uma reforma liberalizante, destinada a retomar a industrialização sob a ótica de um novo modelo, tendo em vista superar o desenvolvimento por substituição de importação e a estagnação da década anterior (Oliveira e Miguel, 2004). O baixo crescimento da indústria nesta época prejudicava o avanço do ritmo de crescimento do país, tanto em termos de padrão tecnológico, quanto organizacional.

A política industrial vigente no período acabou por contribuir para um descompasso no processo de implementação das medidas propostas, sobretudo com a desmontagem dos instrumentos protecionistas e com a construção do novo arcabouço institucional. Dessa forma, essas ações tiveram impactos negativos sobre a cadeia produtiva nacional de microeletrônica, levando o governo, do então presidente Fernando Collor, reduzir o propósito de ter uma política industrial que acelerasse e dirigisse a transformação do aparato produtivo nacional.

Neste contexto, os anos 1990 são marcados por ações desarticuladas do governo, juntamente com uma tentativa frustrada de desenvolver a indústria de semicondutores. O resultado das ações adotadas neste período é a sobrevivência de um grupo restrito de empresas atuantes em segmentos específicos do mercado de microeletrônica.

3.2 – A Lei de Informática e seus efeitos para o setor de microeletrônica

Ainda no início da década de 1990, em 1991 foi aprovada a chamada Lei de Informática (Lei 8.248/91), com o objetivo de estimular pesquisa e desenvolvimento no setor de tecnologia da informação (TI). O foco inicial da Lei era incentivar a fabricação local de produtos de automação e tecnologias da informação no país e, em decorrência dessa produção com incentivo fiscal, as empresas deveriam investir em atividades de P&D.

De acordo com a Lei de Informática, os benefícios fiscais seriam concedidos para aquelas empresas que investissem pelo menos 5% (cinco por cento), excluindo software e serviços profissionais, do seu faturamento bruto no mercado interno, sendo que até 3% (três por cento) deveriam ser em atividades internas e 2% (dois por cento) deveriam ser aplicados em projetos em parcerias com universidades, institutos de pesquisa ou programas de governo.

A legislação vigorou desta forma até o ano 2000, quando foi modificada pela Lei 10.176/01, que manteve os mesmos princípios e instrumentos básicos, no entanto modificou os percentuais aplicados às atividades internas (2,7%) e externas (2,3%), sendo que nesta última foram estabelecidos percentuais de aplicação obrigatória nas Regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste do país. Em seguida, foi promulgada a Lei 11.077/04, que introduziu modificações, estendendo os prazos dos benefícios até 2019, porém com redução gradativa das isenções fiscais.

O principal instrumento adotado pela Lei de Informática foi a isenção do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) para produtos que cumprissem o Processo Produtivo Básico (PPB). Esta exigência está baseada no conjunto mínimo de operações, no estabelecimento fabril, que caracteriza a efetiva industrialização de determinado bens produzidos.

Entretanto, a entrada da Lei em vigor só ocorreu em 1993, quando foi feita a regulamentação do PPB. Esse hiato temporal se revelou letal para a indústria de componentes eletrônicos (Bampi, 2004).

O estudo feito pelo Ministério da Ciência e Tecnologia (2002) concluiu que a adoção da Lei de Informática não foi capaz de reverter a decadência do setor de microeletrônica no país, na medida em que os incentivos estavam orientados para a montagem de bens finais e não para a produção de seus componentes. Diante disso, não houve estímulos para a demanda por componentes semicondutores fabricados no país, uma vez que não eram exigidos índices mínimos de nacionalização para os produtos eletrônicos montados ou fabricados no Brasil.

A abertura comercial feita sem maiores planejamentos e considerações com a engenharia nacional, somada à deficiência na dimensão da Lei de Informática (incentivos orientados para a produção de bens finais e não para produção de

componentes) contribuiu para a falência desta indústria no país nesta fase (Bampi, 2004). Equipamentos projetados no país foram substituídos por equipamentos projetados no exterior, além disso, as empresas multinacionais abandonaram rapidamente o mercado brasileiro, enquanto que as nacionais ainda resistiram por mais algum tempo.

Em um período de apenas seis meses, Bampi (2004) destaca que foi encerrada a produção local de semicondutores (difusão e encapsulamento) nas fábricas das empresas IBRAPE, Philinorte, NEC, Texas Instruments e Fairchild. A única multinacional que continuou produzindo por mais tempo foi a Icotron, mesmo assim limitada ao nicho específico de componentes de potência e a um nível mínimo de produção, não obstante, acabou encerrando suas atividades produtivas quatro anos depois.

As empresas nacionais continuaram a produzir por mais alguns anos, tendo em vista que não dispunham de alternativas para transferir a produção para o exterior. A SID Microeletrônica adiou o fechamento de sua fábrica, mas acabou enfrentando grandes dificuldades financeiras, fechando a única planta de difusão de circuitos integrados existente no Brasil, em meados dos anos 1990. A empresa brasileira AsGa continuou operando para atender a demanda de sua produção de equipamentos, mas acabou por descontinuar a fabricação de componentes, pois a simples verticalização se mostrou anti-econômica.

Diante disso, os déficits em componentes começaram a se ampliar. Em 1991 a produção local se reduziu a menos de US\$ 150 milhões e, no ano seguinte, sequer atingiu US\$ 100 milhões, enquanto as importações se mantinham no mesmo nível, variando entre US\$ 400 e US\$ 300 milhões (Oliveira e Miguel, 2004). A partir de 1994, para conseguir atender a demanda de setores usuários finais de semicondutores, por exemplo, computadores e equipamentos para telecomunicações, os fluxos de importações se tornaram crescentes, variando entre US\$ 500 milhões e mais de US\$ 2 bilhões.

Os fabricantes de bens finais passaram a importar conjuntos prontos para serem montados no país, inviabilizando o fornecimento de componentes individuais pelas empresas nacionais. A importação de *kits* completos passou a ser mais

vantajosa para o montador final. Neste cenário, durante a década de 1990, enquanto a indústria de bens eletrônicos crescia, a produção local de componentes sofria forte retração. Além disso, enquanto Coréia, Malásia e Taiwan avançavam rapidamente na consolidação de suas indústrias de semicondutores, o Brasil regredia de maneira preocupante.

Salles (2012), ao avaliar os efeitos da Lei de Informática, concluiu que não havia incentivos a realização de outras etapas da cadeia de valor, por exemplo, desenvolvimento e fabricação de componentes. Para o autor, a Lei viabilizava a atividade produtiva, no entanto, demonstrava não ser suficiente para o fomento do desenvolvimento tecnológico e para a ampliação de agregação de valor.

Sendo assim, as políticas liberalizantes prevaleceram, não sendo suficientes para alavancar o setor de microeletrônica nos anos 1990 e, somando-se a isto, não foi criado um ambiente produtivo e institucional favorável à consolidação do Sistema Nacional de Inovação. Ressalta-se, pois, que mesmo com a estabilidade macroeconômica alcançada pelo país, restou mantida a dependência externa para aquisição de diversos insumos e tecnologias de produtos e processos.

3.3 – Políticas recentes da microeletrônica no Brasil

As subseções a seguir irão tratar das políticas industriais anunciadas ao longo dos anos 2000. Após o período da década de 1990, em que o país passou por poucos incentivos e ações para a indústria nacional, a década seguinte é marcada por medidas em sequência focadas em setores estratégicos.

A abordagem dará ênfase aos efeitos que essas políticas tiveram para incentivar atividades sistêmicas de inovação, contribuindo para uma maior interação entre universidade, instituto de pesquisa e empresas. Vale ressaltar que nas políticas industriais descritas, o setor de microeletrônica sempre esteve presente, reforçando sua importância como difusor tecnológico.

3.3.1 – A Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior (PITCE) e o seu foco em atividades de inovação

As ações voltadas para o desenvolvimento industrial ao longo da década de 1980 e 1990 trouxeram grandes desafios para o setor empresarial brasileiro, que

precisou ser mais eficiente e produtivo. Este período pode ser chamado de desenvolvimento pela eficiência (Viotti, 2008). As medidas do governo voltadas para ciência e tecnologia estavam muito mais concentradas em absorção, adaptação e difusão de tecnologia importada.

A Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior (PITCE), lançada no final de 2003, inaugura uma tentativa de Política Industrial baseada em inovação. O objetivo era promover o desenvolvimento da indústria, associado à inovação tecnológica e à inserção e a competitividade internacional (Governo Federal, 2003). Esta nova política marca de maneira explícita, a retomada de políticas públicas voltadas para a valorização da competitividade da indústria brasileira.

Dentre os objetivos básicos, elencados como opções estratégicas, está o desenvolvimento de semicondutores. Viabilizar a produção de componentes eletrônicos, em especial os circuitos integrados, passa a ser estratégia industrial brasileira em todas as políticas industriais que irão suceder a PITCE.

De acordo com a PITCE, ações voltadas para o desenvolvimento do setor de microeletrônica foram consideradas de caráter prioritário e deveriam ser amparadas por medidas de apoio direto e indireto. Sua escolha é justificada não só pelo peso crescente na balança comercial, mas também por ser considerado um setor estratégico com geração de externalidades positivas e difusão de ciência, tecnologia e inovação.

De acordo com Suzigan e Furtado (2006), a PITCE acertadamente colocou a inovação e o desenvolvimento tecnológico no centro de sua formulação, selecionando setores difusores de tecnologia e inovação. Ademais, esta política reconhece a necessidade de inserir a economia brasileira no cenário mundial, destacando a importância dos processos de inovação, articulada com a necessidade de expansão do comércio exterior.

A Tabela 6 representa a situação da balança comercial do setor nos dois anos anteriores ao lançamento da PITCE, no ano do seu lançamento e nos três anos subsequentes. O déficit nesses seis anos é em média US\$ 7,3 bilhões apenas em componentes eletrônicos. Já o déficit de todo o complexo eletrônico, em média, neste período, foi de US\$ 5,7 bilhões. Estes números demonstram que 77% do

resultado negativo do complexo eletrônico estavam concentrados em componentes eletrônicos, explicando a deficiência do setor e o caráter estrutural do déficit da balança nacional em semicondutores.

Tabela 6 - Saldo da Balança Comercial do Complexo Eletrônico do Brasil – em US\$ milhões

Categoria	2001		2002		2003		2004		2005		2006	
Automação industrial	-892	10%	-709	12%	-631	12%	-756	10%	-685	9%	-673	7%
Componentes eletrônicos	-4.592	52%	-3.497	59%	-3.975	75%	-5.833	80%	-7.329	99,5%	-9.051	96%
Equipamentos industriais	-1.229	14%	-1.498	25%	-924	18%	-419	6%	-309	4%	-333	4%
Geração, transmissão e distribuição de energia elétrica	-133	2%	-109	2%	-56	1%	50	-1%	112	-2%	206	-2%
Equipamentos de informática	-788	9%	-616	10%	-463	9%	-515	7%	-630	9%	-979	10%
Material elétrico de instalações	-439	5%	-295	5%	-299	6%	-383	5%	-341	5%	-340	4%
Equipamentos de telecomunicações	-1.002	11%	636	-9%	729	-14%	218	-3%	1.739	-24%	1.881	-20%
Utilidades Domésticas	317	-3%	208	-4%	343	-7%	314	-4%	79	-1%	-146	2%
TOTAL	-8.757	100%	-5.879	100%	-5.277	100%	-7.324	100%	-7.364	100%	-9.435	100%

Fonte: Elaborado a partir dos dados da ABINEE - Associação Brasileira da Indústria Elétrica Eletrônica (2013)

Um argumento favorável para a relevância do setor de microeletrônica é dado por Tavares (2001) e Sicsú (2002), que afirmaram que a produção doméstica, mesmo com tecnologia estrangeira, amplia a competitividade da indústria instalada, possibilitando o desenvolvimento de novas tecnologias, gerando conhecimento e inovação para todo o complexo eletrônico, além de diminuir a dependência externa, haja vista o crescente déficit na balança comercial.

Ao escolher setores difusores de tecnologia, a PITCE identifica oportunidade de transformação das áreas geradoras de progresso técnico, as quais cortam transversalmente a maioria dos setores, ao mesmo tempo em que direciona esforços, no sentido de contribuir para redução dos déficits permanentes da balança comercial.

Suzigan e Furtado (2006) fazem uma avaliação crítica da PITCE destacando como pontos fortes o foco na inovação e, em certa medida, o reconhecimento da necessidade de uma nova organização institucional para executar a coordenação política. Por outro lado, a limitação da PITCE consiste da falta de compatibilidade entre o que ela se propunha e a política macroeconômica vigente no período, em particular os juros e a estrutura tributária, além da falta de articulação entre os instrumentos e destes com as demandas das empresas.

É importante destacar que a PITCE trouxe dois avanços, a Lei de Inovação em 2004 e a Lei do Bem em 2005. Estas duas diretrizes são importantes dentro do contexto de formação de um Sistema Nacional de Inovação para diversos setores intensivos em tecnologia, em especial o de microeletrônica, objeto de pesquisa deste trabalho.

A Lei de Inovação (Lei 10.973/04), dentre outros focos, procurou estabelecer as bases jurídicas sobre a cooperação universidade - empresa, provendo aparato institucional para alianças estratégicas entre os institutos de pesquisa e a empresa, além de estabelecer regras para partilha de infraestrutura e para os benefícios econômicos resultantes de inovações. Cabe destacar que a Lei introduziu pela primeira vez no Brasil a possibilidade de aportar recursos não reembolsáveis na empresa, na forma de subvenção econômica direta para P&D.

Nesse sentido, o Decreto 5.563/05, que regulamenta a Lei de Inovação, estabeleceu mecanismos para atividades de inovação de maneira sistêmica, dentre as quais, a subvenção econômica. Há um estímulo para a criação de ambientes especializados e cooperativos de inovação, dando um enfoque para a relação entre universidades, institutos tecnológicos e empresas, como parceiros estratégicos e entes determinantes para que o processo de inovação ocorra.

Neste contexto, a FINEP lança em 2006 o Edital de Subvenção Econômica. Trata-se da primeira iniciativa de conceder, de forma direta, recursos não reembolsáveis às empresas brasileiras. Dentre os temas propostos, em que pese à fragilidade do setor em razão das políticas da década de 1990, havia uma área específica de apoio para semicondutores. Evidenciou-se que, nos Editais, que seriam lançados em sequência, o tema relacionado à microeletrônica, sempre se fez presente, de alguma forma, na área de apoio de Tecnologia da Informação e Comunicação, demonstrando o esforço das políticas governamentais no fomento deste segmento.

A Lei do Bem (11.196), promulgada em novembro de 2005, se refere a medidas tributárias favoráveis às atividades de pesquisa, desenvolvimento tecnológico e inovação nas empresas. Os incentivos advindos desta Lei beneficiaram muitas empresas, de diversos setores, incluindo aquelas que realizam

algumas atividades relacionadas à microeletrônica. Foram feitas desonerações tributárias para os gastos com inovação, depreciação acelerada e redução do IPI para aquisição de equipamentos voltados à inovação, bem como permitiu a remuneração de mestres e doutores empregados em atividades inovadoras de empresas locais. Em 2008, o Ministério da Ciência e Tecnologia estimou que a renúncia fiscal para inovação ultrapassou R\$ 1,4 bilhão ou 18,1% do custo de projetos de inovação que utilizaram os incentivos da Lei do Bem.

Sendo assim, este período marca a retomada de ações focadas na área de microeletrônica, combinando a formulação de uma política industrial voltada para o setor e incentivos fiscais diretos para as empresas, com o objetivo de alavancar os investimentos na área.

3.3.2 – A manutenção do foco em inovação com a Política de Desenvolvimento Produtivo (PDP)

Dando continuidade a PITCE, o governo Lula lança em maio de 2008, a sua segunda política industrial, a PDP, que inclui mais setores entre as prioridades de políticas de apoio. Conforme descrito no programa, o objetivo central era promover a competitividade de longo prazo da economia brasileira, consolidando a confiança na capacidade de crescer, com uma maior integração dos instrumentos de políticas existentes.

A nova Política Industrial anunciada avançou em relação a anterior, ao estabelecer metas quantitativas explícitas. A PDP selecionou dois conjuntos de metas: as chamadas macrometas, para serem implantadas até 2010 e as metas por programas específicos.

A PDP propunha uma estratégia baseada em programas, dentre as quais, as Ações Sistêmicas, focadas em fatores geradores de externalidades positivas para o conjunto da estrutura produtiva e que estimulassem para a melhoria de um ambiente propício à expansão do investimento produtivo e tecnológico com foco no aumento da competitividade. Essas ações tinham o objetivo de integrar a PDP com os demais programas do Governo, com destaque o PACTI (Plano de Ação em Ciência, Tecnologia e Inovação).

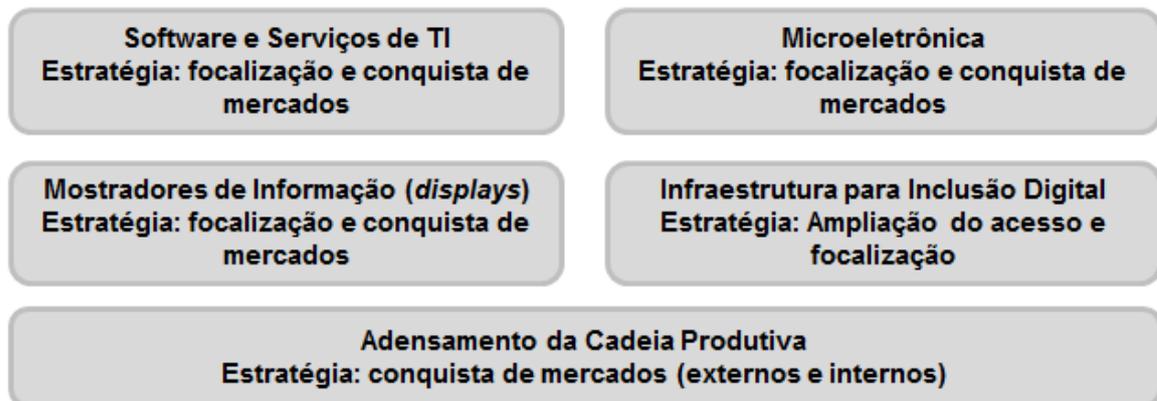
O PACTI foi anunciado em novembro de 2007, com o propósito de constituir um importante instrumento de orientação das ações de Estado para as atividades de C,T&I, na medida em que traçou programas e direcionou recursos financeiros numa abordagem sistêmica e estratégica.

O apoio ao desenvolvimento tecnológico das indústrias de eletrônica e semicondutores seria apoiado dentro da área das Tecnologias da Informação e Comunicação. O objetivo do programa nesta indústria, conforme Governo Federal (2007) era fomentar a instalação e o desenvolvimento no país de empresas que exerçam atividades de concepção, projeto, prototipagem, desenvolvimento e fabricação de componentes e dispositivos eletrônicos, em especial circuitos integrados.

O PACTI sinalizou outro objetivo básico em matéria de inovação na empresa, que foi a estruturação do Sistema Brasileiro de Tecnologia, o SIBRATEC. Formado por um conjunto de institutos de pesquisa tecnológica e centros universitários de competência industrial, organizados na forma de redes temáticas, o SIBRATEC é um instrumento de articulação e aproximação da comunidade científica e tecnológica com as empresas, possuindo 14 centros de inovação, dentre os quais se encontram unidades focadas em atividades na área de microeletrônica.

O incentivo à microeletrônica, no âmbito da PDP, é contemplado como um Subprograma Mobilizador em Áreas Estratégicas (Figura 5), na área de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC), em que a construção da competitividade está relacionada à superação de desafios científicos e tecnológicos para inovação. A proposta é focar e conquistar mercados, com o objetivo de ampliar a produção local e exportações de componentes microeletrônicos. Ainda na descrição do subprograma mobilizador em TIC, há o objetivo comum às outras áreas que é o adensamento da cadeia produtiva, especialmente, para a área de microeletrônica, pois ao realizar localmente etapas da cadeia produtiva, partes de maior valor agregado e de maior densidade tecnológica poderão ser feitas no país, fato este que conseqüentemente irá gerar um nível maior de divisas.

Figura 5 - Subprogramas Mobilizadores



Fonte: Apresentação Política de Desenvolvimento Produtivo (2008)

As metas e os desafios para acelerar o desenvolvimento de uma indústria de semicondutores no país estavam claramente definidos no programa que estabeleceu a PDP. Neste aspecto, havia como objetivo implantar duas empresas de fabricação de circuitos integrados (CI), envolvendo a etapa de *front-end* e elevar o número de *design houses* e fortalecer sua atuação. O desafio colocado era implantar empresas brasileiras de base tecnológica, com o foco nas *design houses* e converter o Brasil em plataforma de exportação, em particular, de CI padronizados e *foundries*.

Em síntese, a PDP representou uma evolução em termos de Política Industrial, mantendo o foco em setores estratégicos para o país, com destaque para a microeletrônica. Foi implementada uma série de medidas e mecanismos para incentivar esta área. Além disso, foram determinadas metas, às quais incentivos foram dados para contribuir e acelerar o seu alcance. Alguns dos objetivos estabelecidos para as atividades relacionadas à microeletrônica ainda não foram atingidos, ao passo que em outros aspectos o país conseguiu avançar de maneira tímida.

3.3.3 – O Plano Brasil Maior (PBM) e sua abordagem para o setor de microeletrônica

O Governo Dilma, iniciado em 2011, deu continuidade as ações lançadas pelo Governo Lula e anunciou o Plano Brasil Maior. Trata-se da política industrial, tecnológica e de comércio exterior que, em linhas gerais, consistem em um conjunto

de diretrizes e instrumentos que norteiam a implementação da estratégia de fomento ao desenvolvimento tecnológico e à competitividade.

O Plano está dividido em duas dimensões: setorial e sistêmica. A dimensão setorial possui cinco diretrizes estruturantes (fortalecimento das cadeias produtivas; ampliação e criação de novas competências tecnológicas e negócios; desenvolvimento das cadeias de suprimento em energias; diversificação das exportações e internacionalização corporativa; e consolidação de competências na economia do conhecimento natural), enquanto que a dimensão sistêmica, de natureza horizontal e transversal, destina-se a orientar ações que visem reduzir custos, acelerar o aumento da produtividade e promover bases mínimas de isonomia para as empresas brasileiras em relação aos seus concorrentes internacionais, além de consolidar o sistema nacional de inovação, por meio da ampliação das competências científicas e tecnológicas e sua inserção nas empresas.

Neste contexto, o setor de microeletrônica é contemplado em duas diretrizes estruturantes, no âmbito da dimensão setorial. Para acelerar as iniciativas realizadas até o momento e, alavancar este setor, buscou-se como diretrizes incentivar as atividades e as empresas com potencial para ingressar em mercados dinâmicos e com elevadas oportunidades tecnológicas. Da mesma forma, buscou-se promover a produção de manufaturados de tecnologias intermediárias e de fronteira intensivos em conhecimento, aprofundar o esforço de internacionalização de empresas via diversificação de produtos e agregação de valor e enraizar empresas estrangeiras e estimular à instalação de centros de pesquisa e desenvolvimento no país.

No campo da inovação, de acordo com o Programa, as políticas em curso deveriam ser aprofundadas, buscando maior inserção em áreas tecnológicas avançadas. Para isso, foi anunciada a Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (ENCTI), que constitui o pilar de estímulos à inovação, no âmbito do Plano Brasil Maior. A ENCTI dá continuidade e amplia os esforços elencados no PACTI e é coordenada pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI).

A ENCTI destaca a importância da ciência, da tecnologia e da inovação (C,T&I) como eixo estruturante do desenvolvimento do país e estabelece diretrizes que irão orientar as ações nacionais e regionais no horizonte temporal de 2012 a

2015. Neste aspecto, a ENCTI elege programas prioritários e o setor de microeletrônica está inserido na cadeia das tecnologias da informação e comunicação, sendo considerada uma área em que precisa ser adensada para que o país alcance competitividade e inserção internacional.

O setor de semicondutores e microeletrônica requer uma visão de futuro e uma estratégia própria de ciência e tecnologia para vencer os desafios e evoluir em escala e qualidade internacional (Governo Federal, 2011). Dessa forma, uma série de incentivos foi anunciada, com vistas contribuir para a consolidação do setor.

Os tópicos abordados nesta seção permitem observar a importância da inovação nas Políticas Industriais ao longo dos anos 2000. Desta forma, conclui-se que a inovação está no centro para se definir uma estratégia de desenvolvimento do país. Todas as três políticas mencionadas, PITCE, PDP e PBM apresentam ciência, tecnologia e inovação como diretrizes fundamentais nas políticas de governo, no entanto não incorporam uma integração com as políticas macroeconômicas. As políticas macroeconômica e industrial se auto reforçam positivamente (Coutinho, 2002).

O fato do setor de microeletrônica se fazer presente em todas as políticas de governo ao longo dos anos 2000 valida sua importância e sua capacidade de disseminar o processo inovativo em outros setores da economia. Por outro lado, os efeitos práticos, em especial na balança comercial e nos gastos em atividades de inovação, ainda não foram sentidos.

Na seção seguinte serão abordadas as ações efetivas implementadas pelo Governo Federal que permitiram a retomada do setor de microeletrônica no Brasil.

3.4 – Ações diretas do Estado para a formação do Sistema Nacional de Inovação

Anunciado em dezembro de 2002, o Programa Nacional de Microeletrônica (PNM) teve como objetivo propor uma política industrial restrita ao setor de semicondutores. O Programa foi subdividido em três subprogramas, de acordo com as etapas principais da cadeia produtiva de microeletrônica: subprograma de projetos de circuitos integrados (*design houses*); subprograma de fabricação de

circuitos integrados (*foundries*); e subprograma de encapsulamento e testes (*back end*).

Este Programa foi anunciado em um contexto pós década de 1990, em que havia pouquíssimas empresas de microeletrônica no país e, aquelas que conseguiram sobreviver, atuavam em etapas mais simples do processo. O resultado deste fato é a perda da capacidade industrial do setor, trazendo como consequência para o país o peso negativo dos componentes eletrônicos na balança comercial, agravada pelo período de dificuldade de acesso a crédito externo.

A divisão do Programa em subprogramas se faz necessária e as ações voltadas para elas também são separadas, tendo em vista que cada etapa da cadeia produtiva apresenta barreiras e oportunidades de entrada bastante diversas e devem ser tratadas separadamente (Governo Federal, 2002).

O diagnóstico apresentado pelo Programa era de que a possibilidade de recuperar a capacidade de fabricação de *chips* em curto prazo não seria factível, devido aos altos investimentos necessários, à falta de investidores nacionais e estrangeiros interessados, à complexidade tecnológica e à capacidade ociosa existente em nível mundial. Neste período o país estava distante de possuir capacitação necessária para fabricar circuitos integrados.

Por outro lado, as atividades de projetos (*Design*) de circuitos integrados poderiam ser viabilizadas, de acordo com a proposta do Programa, ainda que, em 2002, o Brasil não possuísse capacidade instalada expressiva de projetistas de circuitos integrados. A situação era de que a falta de atividades de engenharia de desenvolvimento de produtos do complexo eletrônico não permitiria gerar uma demanda autônoma por *chips*, capazes de diferenciar os produtos feitos no Brasil. Na prática, havia uma carência de demanda, conjugada com a falta de especialidade em projetar.

Dessa forma, projetar *chip* era uma prioridade, mesmo não causando impacto direto na balança comercial, mas de maneira indireta, as ações voltadas para essa área capacitariam a mão de obra do país para uma eventual diferenciação dos produtos produzidos no Brasil.

A análise feita neste Programa tinha um foco em ações que agregassem valor ao segmento de semicondutores e impactassem positivamente na balança comercial. Dessa forma, atividades em montagem de circuito integrado (*back end*) deveriam preservar a realização de atividades de maior conteúdo tecnológico a serem desenvolvidas no Brasil e evitar práticas de transferência de preços intra-firma, que artificialmente neutralizam o impacto positivo na balança. A etapa produtiva de montagem e teste (*back end*), ao contrário da fabricação (*foundries*), requer investimentos comparativamente menores e que podem ser viabilizados em um prazo mais curto de tempo.

Após definir os possíveis alvos de ações, de acordo com as etapas produtivas da cadeia de microeletrônica, o PNM elencava os instrumentos políticos que seriam disponibilizados para incentivar os investimentos necessários. Neste âmbito, estavam previstos incentivos fiscais, creditícios, capacitação tecnológica e outros, que incluíam facilidades logísticas e alfandegárias e políticas de compras governamentais e de encomenda tecnológica. Naturalmente, algumas dessas propostas ficaram somente no papel e não foram capazes de virar realidade e acelerar o processo de investimentos neste setor.

Outro ponto muito claro do Programa, que também se faz presente nas discussões atuais do setor, é o incentivo da demanda. O PNM previu mobilizar com alta prioridade os instrumentos de estímulos à demanda de mercado (Governo Federal, 2002). Dessa forma, era importante haver políticas coordenadas de diferentes naturezas, com vistas a incentivar a demanda por serviços qualificados de engenharia e por componentes semicondutores demandados.

Diante do cenário vislumbrado pelo PNM, considerando que o modelo de negócio de fabricação de semicondutores exigia um alto volume de recursos para a implantação da etapa de fabricação no país, o Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) entendeu que a inserção do país nesta indústria se daria por meio da atividade de projeto (*design*), acompanhada de formação de recursos humanos específicos para microeletrônica.

Neste contexto, com base na análise feita pelo PNM e no âmbito da PITCE, o MCT anunciou o Programa CI Brasil em 2005, criando algumas *design houses* pelo

país, que estariam ou ligadas a instituições tecnológicas brasileiras ou a empresas internacionais atuantes no setor.

Operacionalmente, o CI Brasil estimularia a criação e o desenvolvimento das *design houses* a partir da concessão de incentivos e benefícios específicos, utilizando mecanismos e instrumentos que viabilizassem a implantação da infraestrutura, a disponibilidade de recursos humanos e o acesso ao mercado. O Centro de Pesquisa Renato Archer (CTI, antes chamado de CeNPRA), localizado em Campinas e o Centro de Excelência em Eletrônica Avançada (CEITEC), localizado em Porto Alegre, seriam as unidades âncoras do CI Brasil, uma vez que estas instituições já possuíam facilidades implantadas para etapas do processo de concepção, desenho, fabricação ou testes de CIs.

Como medida adicional e complementar ao Programa CI Brasil, o governo federal criou em 2008 a empresa pública CEITEC S.A. (Centro Nacional em Tecnologia Eletrônica Avançada), localizada em Porto Alegre. Esta seria uma segunda ação voltada para fabricação de circuitos integrados, enquanto que a primeira estaria direcionada para projetos de *chips*.

O objetivo do CEITEC S.A. é completar o ecossistema microeletrônico no país, capacitando o Brasil para o desenvolvimento e a fabricação de circuitos integrados. A empresa foi viabilizada a partir da doação de um conjunto de equipamentos para produção realizada pela empresa Motorola ao Governo do Estado do Rio Grande do Sul. Assim sendo, o CEITEC S.A. se propunha ser a única fábrica de circuitos integrados a dominar o processo físico químico ou de difusão do país.

Os investimentos aportados pelo governo federal, até o momento, no CEITEC S.A. ultrapassam os R\$ 400 milhões, demonstrando empenho em viabilizar uma indústria de semicondutores no país. As áreas de atuação estão contempladas em três segmentos de produtos e tecnologias: identificação por radiofrequência (RFID), podendo ser utilizadas para rastreabilidade animal e veicular; produtos para comunicação sem fio; e produtos para serem utilizados nos equipamentos de TV digital ou rádio digital.

Outra importante medida do governo federal, para incentivar o setor de microeletrônica, foi a criação de um programa para atração de investimentos produtivos para o Brasil, abrangendo as empresas atuantes nas etapas da cadeia produtiva da indústria de semicondutores. Como consequência, o Congresso Nacional aprovou o Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Indústria de Semicondutores e Displays (PADIS), instituído pela Lei 11.484, de maio de 2007.

Com a missão de atrair grandes investimentos, o PADIS isenta de impostos federais, as empresas que realizem investimento em pesquisa e desenvolvimento, de no mínimo cinco por cento do faturamento bruto no mercado interno, deduzidos os impostos incidentes na comercialização, e que realizam isoladamente ou em conjunto o projeto (*design*), o processo físico químico ou difusão e o encapsulamento e teste. Este pacote de incentivos fiscais federais contempla a isenção total do Imposto de Renda (IR), Imposto sobre Produto Industrializado (IPI) e PIS/Cofins na comercialização de bens finais e IPI e Imposto de Importação (II) na aquisição de insumos e equipamentos.

As empresas habilitadas até o momento pelo PADIS são Flex IC Indústria Eletrônica Ltda, SiliconReef Consultoria, Pesquisa e Projetos em Tecnologia da Informação Ltda, Centro Nacional de Tecnologia Eletrônica Avançada (CEITEC S.A.), Smart Modular Technologies Indústria de Componentes Eletrônicos Ltda, Companhia Brasileira de Semicondutores (CBS, atualmente denominada de SIX Semicondutores), HT Micron Semicondutores Ltda, IDEIA Sistemas Eletrônicos Ltda, Chipus Microeletrônica.

A maior parte dessas habilitações é recente, concedidas em 2012, dessa forma há uma limitação em avaliar o impacto deste incentivo, tanto em termos qualitativos, quanto quantitativo.

Em síntese, as medidas descritas permitem verificar o início da retomada da formação do sistema nacional de inovação em microeletrônica do Brasil. Após uma década de estagnação das políticas industriais. O período dos anos 2000 marca a realização de ações estratégicas focadas para alavancar e desenvolver o setor no

país. No capítulo seguinte será detalhado como está organizado o SNI em microeletrônica atual.

Capítulo 4

A Retomada dos Incentivos à Microeletrônica no Brasil e Desenvolvimento do Sistema Nacional de Inovação

Este capítulo tem o objetivo analisar a retomada do setor de microeletrônica no Brasil, após sucessivas políticas industriais direcionadas para este segmento. A partir dessas ações é possível perceber a tentativa de consolidar um sistema de inovação para microeletrônica, tendo em vista a sua importância como indústria difusora de tecnologia.

Inicialmente serão apresentadas as principais empresas de microeletrônica do Brasil, dando destaque para etapas da cadeia produtiva do setor e em quais delas há empresas realizando atividades de inovação.

Em seguida será realizada uma análise da situação da balança comercial brasileira do complexo eletrônico, salientando o elevado déficit estrutural por qual o país passa já há alguns anos. Na sequência, com os dados da Pintec dos anos de 2005, 2008 e 2011, avalia-se a evolução das atividades de inovação no segmento de componentes eletrônicos. Há ainda uma seção dedicada aos impactos das políticas de microeletrônica sobre o sistema de inovação.

Por último, foi feito um trabalho de campo, com a utilização de um roteiro de questões, em que foram realizadas entrevistas com representantes do setor de microeletrônica. A partir da coleta dos dados primários a seção final deste trabalho irá procurar analisar as informações da pesquisa não estruturada.

4.1 – Estrutura do Sistema de Inovação e a organização interna na cadeia produtiva

A indústria eletrônica no Brasil corresponde a apenas 1,9% do PIB, de acordo com ABINEE (2012), representando aproximadamente US\$ 35 bilhões. Hoje no país, parte da cadeia produtiva é coberta por algumas empresas, no entanto ainda se fazem necessários novos investimentos para que o país possua efetivamente um ecossistema em semicondutores.

Este trabalho procurou sempre mostrar a importância desta indústria, permitindo ampliar e acelerar a capacidade do país em gerar riqueza. Este segmento de alta tecnologia se desenvolveu e agregou muitas empresas (incluindo a cadeia de fornecedores) nos últimos 25 anos em outras regiões do mundo, em especial Estados Unidos, Europa e Extremo Oriente (leste asiático).

Ao analisar as empresas do Brasil, atuantes no desenvolvimento de *chips*, observa-se que, apesar das ações do governo, ao longo dos anos 2000, terem contribuído para a criação de uma indústria de semicondutores, em todas as suas etapas da cadeia produtiva, efetivamente tal objetivo ainda não foi atingido.

Na Figura 6 são apresentadas as principais *design houses* do Brasil. Este conjunto inclui aquelas vinculadas a empresas multinacionais que tem operação no Brasil e as empresas brasileiras vinculadas ou não a centros de projetos e universidades.

Figura 6 - Design Houses do Programa CI Brasil e empresas privadas de design

Design do Programa CI Brasil			Empresas Privadas de Design
DHs sem fins lucrativos	DHs com fins lucrativos	DHs independentes	
Centro de Estudos e Sistemas Avançados do Recife (C.E.S.A.R.)	Chipus Microeletrônica	Centro Nacional de Tecnologia Eletrônica Avançada (CEITEC)	Freescale
Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste (CETENE)	Excelchip	MINASIC	Semp Toshiba
Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer (CTI)	Freescale	STI Semiconductors Design	
Pólo Industrial de Manaus (CT-PIM)	Idea! Sistemas Eletrônicos	Perseptia	
Centro de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Universidade de Brasília - CDT/UnB (DF Chip)	Design House Silicon Reef		
Design House Belo Horizonte (DHBH)			
Floripa DH			
Instituto Eldorado			
Laboratório de Sistema Integráveis Tecnológico (LSI-TEC)			
Núcleo de Projetistas de Circuitos Integrados (NPCI)			
Santa Maria Design House (SMDH)			
TE@I2 (UFPE - Recife)			
Centro de Pesquisas Avançadas Werner Von Braun			

Fonte: Elaboração própria a partir de <http://www.ci-brasil.gov.br/index.php/pt/design-houses>.

Atualmente existem 22 instituições trabalhando com projetos (*design*) de *chips*, que são as *desing houses* (DHs) do Programa CI Brasil. Destas, temos hoje 13 DHs sem fins lucrativos, 5 DHs com fins lucrativos e 4 DHs independentes. Há ainda, duas empresas privadas, originárias de grandes multinacionais, trabalhando com projetos de *chips*, a Freescale e a Semp Toshiba.

O perfil profissional empregado nesses centros, em sua maioria, é de em profissionais qualificados e motivados em dominar o processo de desenvolvimento de *chips* analógicos. O perfil dessas instituições está concentrado em áreas específicas de aplicação, por exemplo, de dispositivos e configurações para alimentação, controle, filtragem; área de microcontroladores e sistemas para instrumentação e controle; telecomunicações; iluminação, automotivo e processamento de imagens; e projetos do setor aeronáutico. Observa-se ainda, que não há um direcionamento para os projetos de memórias e microprocessadores, uma vez que os mesmos estão sob o comando das grandes empresas do setor.

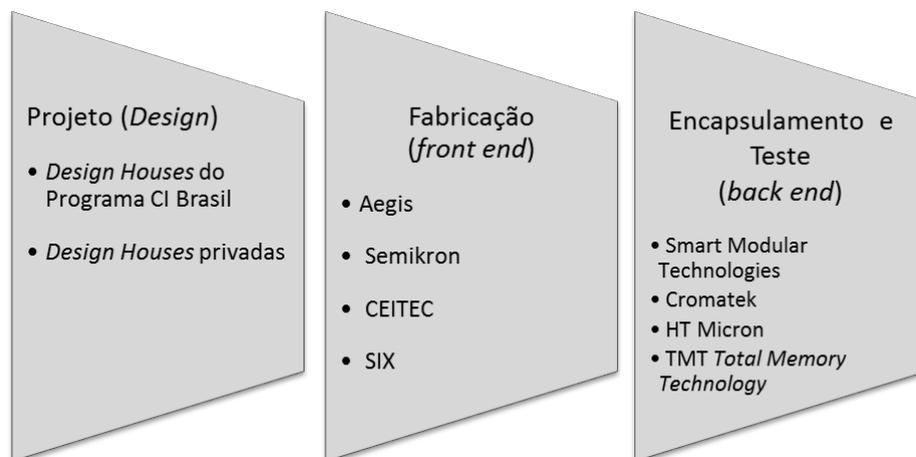
Em relação às empresas aptas a realizarem a etapa de fabricação (*front end*) ou difusão existe hoje no país o CEITEC e duas empresas que trabalham com aplicações específicas e produzem dispositivos semicondutores de potência, a Aegis e a Semikron. Neste contexto, há ainda o investimento iniciado no final do ano de 2012, da empresa SIX, que tem o objetivo de se tornar um fabricante integrado de *chips*, com capacidade de projetar, fabricar e comercializar. São esperados deste projeto benefícios consideráveis para o Brasil, pois o arranjo institucional societário formado se mostra muito consistente, com o Banco Nacional de Desenvolvimento Social – BNDES, a empresa americana IBM, entre outros. Cabe destacar que este último configura o detentor e parceiro da tecnologia que será utilizada para desenvolver o *chip*.

No âmbito da cadeia produtiva de semicondutores, na etapa de *back end*, o país possui algumas empresas capazes de atender a demanda por este serviço. Com exceção da pequena empresa Cromatek, as outras três iniciativas das empresas Smart Modular Technologies, HT Micron Semicondutores e TMT – Total Memory Technology possuem a característica de ter um grupo multinacional relevante como parceiro tecnológico. Nesta fase, a empresa HT Micron encontra-se no processo final de construção de sua fábrica, no Rio Grande do Sul, de

encapsulamento e teste de produtos de diferentes tecnologias. Esta instalação contribuirá para o adensamento da cadeia produtiva do complexo eletrônico, no sentido de preencher importante lacuna no suprimento de componentes.

Na Figura 7 são apresentadas as principais empresas e as instituições do país, inseridas no sistema de inovação de microeletrônica.

Figura 7 - Principais Empresas Nacionais e sua Especialização na Cadeia Produtiva de Semicondutores



Fonte: Elaboração própria

A atuação das principais empresas brasileiras no setor de microeletrônica ainda é bastante incipiente. A indústria da qual é abordada neste trabalho requer tempo e políticas adequadas para propiciar o seu desenvolvimento. Há ainda uma cadeia considerável e complexa de fornecedores⁸ envolvida nesta indústria, de alta complexidade, entretanto não será detalhada neste trabalho.

Dessa forma, verifica-se que o ecossistema de empresas no Brasil cobre todas as etapas da cadeia produtiva, persistindo dessa forma em manter um sistema de inovação de microeletrônica no país, mesmo não sendo competitivo. Os dados que serão mostrados a seguir revelam o alto déficit da balança comercial em componentes eletrônicos e a baixa capacidade inovativa das empresas brasileiras. Estes fatos permitem, além de outras conclusões, verificar a fragilidade deste setor em termos de geração de riqueza para o país e a alta dependência na importação de componentes para suprir a demanda interna.

⁸ Para um estudo mais detalhado desta cadeia de fornecedores, que envolve empresas de gases nobres, de insumos específicos, de suprimentos e equipamentos, etc, ver <http://www.icinsights.com/> e <http://www.semiconductors.org/>

4.2 – Análise da balança comercial brasileira do complexo eletrônico

Conforme mencionado anteriormente, a limitação do desenvolvimento do setor de microeletrônica impacta negativamente na balança comercial brasileira. Com o encerramento das atividades produtivas locais, em função das políticas praticadas ao longo da década de 1990, o mercado nacional de componentes eletrônicos passou a ser suprido quase que exclusivamente por produtos importados.

De acordo com a Tabela 7, o déficit do complexo eletrônico em 2012 foi de US\$ 32,5 bilhões, mantendo-se no mesmo patamar do ano de 2011 e 16% superior ao ano de 2010. Os componentes eletrônicos, em que estão uma parte significativa dos semicondutores, respondem por mais da metade do déficit do setor, com 57% do total. Cabe destacar que as importações de componentes eletrônicos de 2012, em relação a 2011, tiveram crescimento modesto de 3%. No entanto, em termos de valores, o resultado é um gasto próximo de US\$ 22 bilhões nos anos de 2011 e 2012. Em relação às exportações, nos três anos tratados, em média, os recursos oriundos das exportações de componentes eletrônicos foram da ordem de US\$ 3,3 bilhões.

Tabela 7 - Balança Comercial do Complexo Eletrônico do Brasil (em US\$ milhões)

Categoria	2010			2011			2012		
	Exportação	Importação	Saldo	Exportação	Importação	Saldo	Exportação	Importação	Saldo
Automação industrial	407,40	3.280,90	- 2.873,50	543,30	3.883,00	- 3.339,70	551,00	3.932,20	- 3.381,20
Componentes eletrônicos	3.026,30	19.366,40	- 16.340,10	3.525,50	21.608,50	- 18.083,00	3.660,10	22.318,50	- 18.658,40
Equipamentos industriais	1.083,10	3.444,00	- 2.360,90	1.576,30	3.767,60	- 2.191,30	1.432,50	3.770,20	- 2.337,70
Geração, transmissão e distribuição de energia elétrica	896,20	1.626,88	- 730,68	682,70	1.812,30	- 1.129,60	675,80	1.415,90	- 740,10
Informática	406,30	2.993,10	- 2.586,80	421,60	3.377,80	- 2.956,20	379,60	3.195,10	- 2.815,50
Material elétrico de instalações	90,70	826,60	- 735,90	96,50	888,60	- 792,10	85,80	872,00	- 786,20
Telecomunicações	1.249,10	2.419,80	- 1.170,70	893,10	3.328,50	- 2.435,40	569,00	2.712,40	- 2.143,40
Unidades domés	563,60	1.878,10	- 1.314,50	459,30	2.080,20	- 1.620,90	365,10	2.005,70	- 1.640,60
TOTAL	7.722,70	35.835,78	- 28.113,08	8.198,30	40.746,50	- 32.548,20	7.718,90	40.222,00	- 32.503,10

Fonte: Adaptado de ABINEE (2013)

Os números mostram que os resultados negativos tendem a se agravar, em função da baixa produção local e do aumento constante da participação dos componentes no valor dos produtos eletrônicos, em praticamente todos os setores

industriais. Além disso, os componentes eletrônicos nacionais continuam com dificuldades de concorrer com os componentes importados.

A preocupação com o déficit está relacionada não apenas com o seu efeito negativo nas contas externas, mas também com o fato de que a persistência do crescimento das importações deste setor pode comprometer o uso de equipamentos eletrônicos no Brasil. De fato contribuiu para aumentar o déficit deste segmento (assim como de outros segmentos do setor manufatureiro) a gradual e forte valorização cambial que ocorreu no período de 2004 – 2011. A partir de um quadro de instabilidade cambial, a falta de crédito para importar ou o alto custo, em reais, dos equipamentos, poderiam levar eventualmente a uma situação de restrição das importações.

Outro ponto de destaque, verificado no Gráfico 2, é que o déficit do complexo eletrônico é estrutural, pois praticamente não é afetado pela desvalorização cambial. Se observarmos a evolução da taxa de câmbio ao longo de 2012, é possível identificar uma forte depreciação entre março e junho, que chegou a valores próximos de vinte por cento. Fazendo uma análise de curto prazo, esta variação praticamente não influenciou a balança comercial de componentes eletrônicos, embora é de se esperar seu maior efeito a longo prazo.

Gráfico 2 - Taxa Nominal de Câmbio do Brasil em 2012



Fonte: Banco Central do Brasil - (<http://www.bcb.gov.br/htms/relinf/port/2013/03/ri201303b6p.pdf>)

Em relação aos principais produtos importados, a Tabela 8 só reforça o que foi mencionado até o momento nesta seção. O valor das importações de produtos semicondutores se manteve praticamente constante nos últimos três anos, em média US\$ 4,6 bilhões. A frente dos semicondutores estão os componentes para

telecomunicações que, em média, o valor importado foi de US\$ 5,3 bilhões nos últimos três anos.

Tabela 8 - Principais Produtos Importados do Complexo Eletrônico brasileiro (em US\$ milhões)

Produtos	2010	2011	2012
Componentes para Telecomunicações	4.644,00	5.636,60	5.653,40
Semicondutores	4.424,40	4.848,60	4.766,30
Componentes para Informática	3.618,80	3.127,80	3.569,40
Instrumentos de media	1.436,50	1.721,20	1.662,70
Eletrônica embarcada	1.067,10	1.311,30	1.466,40
Componentes para equipamentos industriais	967,90	1.256,00	1.445,50
Componentes passivos	864,80	976,50	970,70
Unidades de memória	830,40	900,40	969,00
Componentes para Material Elétrico de Instalação	747,40	899,40	880,40
Máquinas para processamentos de dados	761,50	983,60	880,10

Fonte: Adaptado de ABINEE (2013)

Portanto algumas políticas direcionadas para o desenvolvimento do setor de microeletrônica poderiam amenizar o elevado valor de produtos importados. Reverter esta situação exigirá esforços de médio e longo prazo voltados para o adensamento da cadeia produtiva desta área. Ou ainda, ações focadas nas etapas do desenvolvimento de um circuito integrado.

Ao analisar os possíveis resultados, advindos das fases da cadeia produtiva de um *chip*, conforme constatado, as ações na área de projetos (*design*) tendem a ter uma geração menor de divisas, embora seja de grande relevância ter capacitação nesta parte da cadeia. A fabricação (*foundries*) é a etapa em que se teria o maior impacto na balança comercial, no entanto, a complexidade para instalação é muito maior, seja pelo conhecimento necessário, pelo volume de investimento ou, ainda, pelo longo prazo que esta etapa requer. Por último a fase do encapsulamento e teste que, em um curto espaço de tempo possui um significativo potencial para a geração de externalidades positivas para as contas externas do país.

Diante deste cenário é possível verificar que o problema estrutural do setor de microeletrônica não encontra solução no curto prazo. As ações feitas até o momento

permitiram um passo importante, mas ainda não são suficientes, pois necessitam de um período maior para que seus efeitos possam ser mensurados.

4.3 – Análise dos dados da Pintec para o setor de microeletrônica

A pesquisa de inovação tecnológica (Pintec) tem por objetivo a construção de indicadores setoriais, nacionais e regionais das atividades de inovação tecnológica das empresas brasileiras. A última publicação abrange o período de 2009 até 2011, dando continuidade as quatro publicações anteriores.

Neste contexto, de ações voltadas para incentivar o setor de microeletrônica, os gastos das empresas com atividades de P&D e inovação podem ser melhor observados a partir das informações detalhadas nas últimas Pintec's (IBGE 2005, 2008, 2011). Os dados fornecem evidências sobre a evolução da capacitação inovativa e tecnológica do segmento de empresas de componentes eletrônicos. A pesquisa abrange empresas que fabricam componentes eletrônicos com 10 ou mais pessoas ocupadas que implementaram produto e/ou processo tecnologicamente novo ou substancialmente aprimorado.

Ao classificar os setores das indústrias de transformação, de acordo com a sua intensidade tecnológica, a atividade de fabricação de componentes eletrônicos apresenta uma das maiores taxas de inovação, 57%, de acordo com a Pintec 2011. Este mesmo indicador na Pintec 2008 foi de 49% e na Pintec 2005⁹ foi de 58%. O resultado é alcançado dividindo o número de empresas que inovaram sobre o total de empresas do segmento.

A Tabela 9 apresenta informações relacionadas aos gastos em atividades inovativas para o segmento de fabricação de componentes eletrônicos no Brasil nos anos de 2005, 2008 e 2011 (IBGE, 2005, 2008, 2011). No período considerado, o número de empresas do segmento aumentou, passando de 326 para 372, entre 2005 e 2008, chegando a 396 empresas em 2011. Neste mesmo sentido, o número de empresas inovadoras aumentou de 159 para 173, entre 2005 e 2008, passando para 211 em 2011. Essa informação retrata o baixo número de empresas inovadoras, em um setor difusor de tecnologia, além do fato de muitas delas

⁹ Para efeitos comparativos e de análise, este trabalho considerou fabricação de material eletrônico básico, utilizado na Pintec 2005, como sendo a mesma atividade de fabricação de componentes eletrônicos, utilizada na Pintec 2008 e 2011.

trabalharem com componentes de baixo valor agregado. A maior parte dessas empresas possui a característica de montadoras de produtos eletrônicos, sem realizar desenvolvimentos com intensidade tecnológica.

Tabela 9 - Valor dos dispêndios relacionados às atividades inovativas na fabricação de componentes eletrônicos no Brasil - 2005 e 2008

Tipo de Atividade	2005			2008			2011		
	Número de empresas	Valor (em 1000 R\$)	% da RLV	Número de empresas	Valor (em 1000 R\$)	% da RLV	Número de empresas	Valor (em 1000 R\$)	% da RLV
Atividades internas de Pesquisa e Desenvolvimento	71	34.083,00	0,96%	101	29.284,00	0,63%	66	34.632,00	0,74%
Aquisição externa de Pesquisa e Desenvolvimento	5	1.947,00	0,05%	39	3.042,00	0,07%	17	9.311,00	0,20%
Aquisição de outros conhecimentos externos	5	1.981,00	0,06%	57	754,00	0,02%	22	1.168,00	0,03%
Aquisição de Software	35	2.326,00	0,07%	75	8.307,00	0,18%	59	2.320,00	0,05%
Aquisição de máquinas e equipamentos	105	39.663,00	1,11%	126	30.724,00	0,66%	185	372.889,00	8,00%
Treinamento	55	4.613,00	0,13%	99	2.918,00	0,06%	44	1.246,00	0,03%
Introdução das inovações tecnológicas no mercado	75	3.122,00	0,09%	97	3.660,00	0,08%	44	1.496,00	0,03%
Projeto industrial e outras preparações técnicas	75	17.193,00	0,48%	110	13.409,00	0,29%	47	7.220,00	0,15%
Total	159	104.929,00	2,94%	173	92.096,00	1,98%	211	430.282,00	13,43%
Total do Segmento e RLV ⁽¹⁾	326	3.568.449,00		372	4.658.665,00		396	3.204.197,00	
Taxa de inovação	58%			49%			57%		

Fonte: Elaboração própria a partir de IBGE (2005, 2008 e 2011).

- (1) Receita Líquida de Vendas de produtos e serviços, estimada a partir dos dados das amostras da Pesquisa Industrial Anual – Empresa 2005, 2008 e 2011 e Pesquisa Anual de Serviços 2005, 2008 e 2011.

Os gastos em atividade inovativa no segmento de componentes eletrônicos apresentaram redução no período de 2005 a 2008, tanto em termos relativos quanto absolutos. Em termos relativos, os investimentos em inovação como percentual da receita líquida de vendas apresentaram uma queda, passando de 2,94% em 2005 para 1,98% em 2008. Em termos absolutos, as atividades de inovação caíram de R\$ 104 milhões para R\$ 92 milhões. No entanto, em 2011, esta mesma informação, no segmento analisado, aumentou consideravelmente em relação aos outros dois anos, passando para 13,43% em termos relativos e R\$ 430 milhões de investimentos em atividades de inovação, se considerado em termos absolutos.

De acordo com a Pintec 2011, o setor de componentes eletrônicos se destacou com as maiores proporções de dispêndio em atividades inovativas sobre a receita líquida de vendas alcançando 13,43%, em função, sobretudo, da combinação do alto gasto e da baixa receita de uma importante empresa que compõe este setor. Dessa forma, os dados de 2011 comparados com os outros dois anos anteriores ficaram distorcidos, sendo necessário para fins de análise neste trabalho dar um maior destaque para os anos de 2005 e 2008, sem deixar de informar os resultados da pesquisa em 2011.

Ao avaliar a participação dos gastos em P&D (internos e externos) nas vendas, os dados da Pintec mostram um indicador extremamente baixo em termos absolutos, mas alto em termos relativos na indústria brasileira, corroborando o fato do setor de microeletrônica realizar no país atividades de baixa intensidade tecnológica. O aumento observado na participação dos gastos em P&D na receita total das empresas selecionadas cresceu 1% no período de 2005 e 2008, passando de 34% para 35%. No entanto, para o ano de 2011 o valor em termos relativos cai para 10%.

A variação dos gastos nas diversas atividades inovativas no período de 2005 e 2008 mostra de uma forma geral, alterações no perfil desses gastos no segmento de fabricação de componentes eletrônicos. Dentre as atividades listadas, houve a redução das atividades internas de pesquisa de desenvolvimento, de aquisição de outros conhecimentos externos, de aquisição de máquinas e equipamentos, de treinamento e da atividade de projeto industrial e outras preparações técnicas. Por outro lado, no caso de aquisição externa de pesquisa e desenvolvimento e aquisição de software verificou-se o crescimento dos gastos. Por último, os gastos para introdução das inovações tecnológicas no mercado permaneceram constantes, em termos relativos, nos períodos avaliados.

Para o ano de 2011, excluindo a atividade de aquisição de máquinas e equipamentos, em que a distorção é identificada e os valores absolutos e relativos aumentam consideravelmente, além das atividades interna e externa de pesquisa e desenvolvimento que também aumentaram de maneira mais suave, nas outras atividades houve redução dos gastos em inovação.

Os dados permitem observar o quão distante o Brasil está do objetivo de possuir uma indústria de semicondutores. Ainda que as políticas industriais dos anos 2000 tratadas no capítulo anterior tenham estabelecido objetivos e metas para a formação desta indústria e seus efeitos podem ser retardados no tempo, os resultados da Pintec revelam que os investimentos em inovação como percentual da receita líquida de vendas foram reduzidos entre 2005 e 2008, bem como os investimentos em P&D para o segmento.

Outro aspecto observado nas informações da Pintec é que ao comparar os anos de 2005 e 2008 a participação dos gastos em atividades externas e internas de P&D no total de investimentos em inovação é muito próxima dos gastos em aquisição de máquinas e equipamentos, sendo que esta última possui uma participação alta no segmento analisado. Esta situação se reforça ao analisar os dados de 2011, em que a inovação neste segmento é vista como resultante direta na aquisição de máquinas e equipamentos, ao contrário do que se observa nos países mais avançados, em que as atividades internas e externas de P&D são muito mais importantes para inovação do que a aquisição de ativos tangíveis na maior parte dos setores (Szapiro, 2005).

Em síntese, os gastos em inovação, apresentados pela Pintec apontam para uma evolução negativa dos investimentos em atividades inovativas no segmento de microeletrônica no período de 2005 e 2008 e, em 2011 um salto considerável, tendo em vista a distorção apresentada. O número de empresas inovadoras, em termos relativos, se reduziu, evidenciando a carência em se constituir atividades industriais com alto conteúdo tecnológico no país.

Na seção seguinte serão feitas considerações sobre os impactos das políticas de microeletrônica executadas ao longo dos anos 2000 sobre as atividades sistêmicas de inovação realizadas no Brasil atualmente no sistema de inovação de microeletrônica.

4.4-Principais impactos das Políticas Microeletrônicas sobre o Sistema de Inovação

A forte dependência de tecnologia estrangeira e a carência de recursos humanos qualificados levou o MCTI lançar o Programa CI Brasil, conforme mencionado anteriormente. Entretanto, a maioria dos centros estão conectados às universidades ou instituições públicas de pesquisa.

Os resultados até o momento dessa ação são, além da operação no país desses centros, investimentos próximos de R\$ 100 milhões, incluindo recursos para implantação e operação dos centros de treinamento, bolsas para os projetistas, aquisição de ferramentas e projetos.

Alguns projetos foram concluídos pelos centros do Programa CI Brasil e encontram-se em fase de comercialização. Dentre eles destacam-se um circuito integrado em um dispositivo para identificar interrupções de energia em linhas de alta transmissão, desenvolvido pelo centro LSI-TEC e comercializado com algumas concessionárias; um *chip* microcontrolador de aplicação em TV analógica, desenvolvido pelo centro Wernher von Braun e entregue a empresa Semp Toshiba; um *chip* de protocolo de comunicação, desenvolvido pelo CEITEC, tendo sido requisitado pela empresa Altus; projeto de modulação para TV Digital, desenvolvido pela *design house* LINCS e disponibilizado para a empresa TecSys.

A importância do apoio nesta etapa da cadeia produtiva se dá, em especial, pelo fato de ser o local em que se define a função e a inteligência dos *chips*, que serão aplicados nas indústrias em geral, além de contribuir para a competitividade das empresas demandantes dos diversos setores, tais quais, bens de capital, eletrônica, telecomunicações, etc. O projeto de *chips* é um segmento de alto valor agregado, capaz de gerar empregos de elevada qualificação. Por último, é importante destacar a baixa barreira à entrada existente nesta etapa, tendo em vista ser intensiva em capacitação de mão de obra e exigir pouco em capital.

Após alguns anos de investimentos, o CEITEC parece, neste momento, seguir uma trajetória de consolidação no mercado. Foi realizado em 2012 o primeiro concurso público para contratação de novos funcionários, criou-se uma competência em desenvolver projetos, por meio do Programa CI Brasil, além de comercializar alguns produtos, tais como sensores.

Por outro lado, a solução adotada para o CEITEC, em que o governo é o único proprietário, não foi utilizada nos países que possuem este tipo de indústria. Este modelo faz com que haja uma série de amarras legais que impedem a compra de insumos e máquinas, a negociação com outras empresas para possíveis parcerias, dentre outras limitações. A solução mais adequada é a participação do governo nestes empreendimentos, juntamente com outros *players* relevantes do setor, pois esta é uma maneira interessante na retenção do conhecimento no país e no domínio da tecnologia.

Em relação ao PADIS, explicado em maior detalhe no capítulo 3, sem dúvida é um importante mecanismo de atração de investimentos do setor. Sem este, o país não conseguiria ter retomado as atividades sistêmicas no segmento de microeletrônica, pois hoje há algumas empresas instaladas, em pleno funcionamento e outras em construção com perspectivas de compor o sistema de inovação de microeletrônica.

No entanto são necessárias atualizações em seu texto para adequá-lo aos requisitos exigidos hoje para a atração de empresas de microeletrônica. Os benefícios concedidos no texto original são facilitadores utilizados pelos países desenvolvidos na década de 1970 e 1980, quando essa indústria nascia nessas nações. Não há como replicar algo utilizado no passado para os dias de hoje, tendo em vista a dinâmica e a evolução rápida deste setor. Dessa forma, o governo estuda atualizar o PADIS, incorporando mais alguns itens para serem atendidos, tais como insumos, suprimentos e equipamentos.

Estas revisões são fundamentais para atração de grandes investimentos, pois a concessão desses benefícios torna o Brasil competitivo frente aos outros países que já possuem estes incentivos.

Assim sendo, esses três pilares de ações realizadas ao longo dos anos 2000, Programa CI Brasil, criação do CEITEC e a legislação do PADIS, contribuíram sensivelmente para retomada do desenvolvimento do sistema de inovação de microeletrônica no Brasil. Na seção seguinte serão tratadas as principais tendências do setor, as políticas atuais e como está sendo atendido o mercado brasileiro. Esta seção está baseada na pesquisa empírica realizada e nos dados primários resultantes.

4.5 – O Sistema de Inovação de microeletrônica no Brasil, a partir de dados primários

Tendo em vista a dificuldade que se coloca a frente de qualquer trabalho de pesquisa, bem como as limitações e a complexidade do tema aqui tratado, esta seção procura analisar o estágio de desenvolvimento do sistema de inovação de microeletrônica a partir da percepção dos atores integrantes deste sistema.

A primeira subseção irá apresentar a metodologia do trabalho de campo realizado, por meio de entrevistas não estruturadas com representantes que compõem o sistema nacional de inovação. A segunda subseção abordará as informações coletadas de maneira qualitativa pelo autor.

4.5.1 – Metodologia da pesquisa de campo

Foram realizadas entrevistas, com base em um roteiro de perguntas (Anexo I), previamente encaminhado aos entrevistados. As entrevistas foram conduzidas sempre pessoalmente e gravadas. As informações e os dados coletados foram tratados de forma qualitativa e utilizados pelo autor para subsidiar esta etapa final do trabalho de dissertação. A duração de cada entrevista foi de 60 a 90 minutos e o roteiro foi dividido em quatro blocos de investigação.

- O primeiro bloco procurou tratar das tendências e oportunidades que marcam o desenvolvimento da indústria de semicondutores no mundo, do ponto de vista de tecnologia, nichos estratégicos e especialização. A partir desta análise, buscou-se identificar oportunidades para o Brasil, considerando as dificuldades em termos de custo e limitantes para grandes investimentos no país.
- A segunda parte tratou do contexto do setor de microeletrônica no Brasil, abordando as políticas da década de 1980 e 1990, bem como a retomada de políticas orientadas a incentivar este segmento no país.
- O terceiro bloco tratou dos incentivos governamentais para desenvolver esta indústria local, procurando verificar se os existentes atualmente são suficientes ou se existe algum outro apoio que poderia ser concedido pelos bancos e agências de fomento.
- O último bloco de perguntas abordou a questão do mercado, observando como está sendo atendida a demanda por componentes eletrônicos no Brasil e como estão organizadas as atividades de microeletrônica no país, com base nas três etapas da cadeia produtiva desta indústria.

A partir do roteiro proposto, a pesquisa não estruturada foi conduzida pelo autor com representantes das seguintes instituições listadas na Figura 8: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, empresa HT Micron Semicondutores, Universidade Unisinos e Agência Brasileira de Inovação FINEP. Através dessas entrevistas buscou-se ampliar a compreensão do sistema de inovação de microeletrônica e identificar a trajetória em que o Brasil se encontra para formação deste sistema frente a tendência e o desafio tecnológico atual. Nesse sentido foi importante ouvir a opinião de cada representante dessas instituições e identificar oportunidades de alavancar o setor no país.

Figura 8 - Relação das Instituições entrevistadas

Instituição	Nome do Entrevistado	Cargo do entrevistado
Finep – Agência Brasileira de Inovação	André de Castro Pereira Nunes	Chefe do Departamento de Tecnologia da Informação e Serviços
HT Micron Semicondutores (empresa privada)	Rosana Casais	Diretora de Relações Institucionais e Governamentais
Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação	Henrique Oliveira Miguel	Coordenador Geral de Microeletrônica
Universidade do Vale do Rio dos Sinos – Unisinos (Universidade Privada)	Cristiano Richter	Diretor de Desenvolvimento e Expansão

Fonte: Elaboração própria

Para realizar essas entrevistas é importante destacar que a seleção da amostra não se orientou por técnicas estatísticas, mas sim pela relevância desses atores, no âmbito deste segmento, tendo em vista atuarem ativamente nas discussões de políticas públicas neste setor. As pessoas selecionadas representam importantes especialistas do setor e partícipes de ações concretas que permitiram a retomada desta indústria no país, dentre as quais são possíveis destacar as políticas industriais lançadas nos anos 2000, a elaboração do PADIS e a formação do programa de capacitação de engenheiros para projetar *chips* (CI Brasil).

A seguir buscar-se-á analisar as informações coletadas dos entrevistados, procurando colocar a opinião do autor, de acordo com os quatro blocos de perguntas selecionados.

4.5.2. - Análise da pesquisa não estruturada

A indústria de semicondutores tem a característica de ser difusora de tecnologia em muitos setores da economia. Além disso, a cada três ou cinco anos as plantas industriais são revistas, tendo em vista a rápida evolução tecnológica e o elevado custo de capital deste segmento. Neste cenário, atualmente, há uma tendência em concentrar cada vez mais a produção nas grandes fábricas, tais como a americana Intel e a sul coreana Samsung. Na prática, essas empresas são monopolistas de produtos de alto valor agregado, tais como microprocessadores e memórias de computadores, respectivamente. Por outro lado algumas empresas globais caminham em direção à horizontalização, que pode ser exemplificada em movimentos de empresas se dividindo em outras empresas, como é o caso da fabricante norte americana de microprocessadores AMD (*Advanced Micro Devices*)¹⁰.

A empresa Intel é uma IDM (*Integrated Device Manufacturer*), ou seja, realiza todas as atividades da cadeia produtiva, desde a concepção do circuito integrado até a etapa de serviço ao cliente. Ela se mantém altamente competitiva e líder absoluta no segmento em que atua. No entanto, o modelo de empresas que não realizam a etapa de fabricação (*fabless*), no cenário atual, passa a ser interessante, principalmente em função do baixo custo que requer para realizar investimentos deste porte, se contrapondo a manter a produção de um circuito integrado de forma verticalizada.

O movimento de atuação no formato de *fabless* apresenta-se como uma opção para o Brasil. O baixo custo relativo que este modelo requer, aliado a uma

¹⁰ A dificuldade em acompanhar a evolução da tecnologia de desenvolvimento de novos *chips*, bem como o investimento em uma planta mal dimensionada, fez com que a AMD fechasse o ano de 2007 com uma dívida de mais de US\$ 5 bilhões e um prejuízo de US\$ 3,3 bilhões neste mesmo ano, de acordo com IC Insights (2013). Somando-se a esta situação a companhia estava com dificuldades para manter a produção de seus produtos, pois os custos de atualização das fábricas é cada vez maior. A solução foi vender sua fábrica para outra empresa americana Global Foundries, que ficaria responsável pela fabricação dos *chips*, enquanto que a AMD cuidaria da engenharia. Essa manobra ajudou a AMD a minimizar alguns problemas financeiros e retomar sua posição de importante *player* no setor (IC Insights, 2013).

estratégia de estímulo ao predomínio de empresas especializadas, aparece como uma oportunidade para o país se inserir em definitivo no cenário desta indústria.

Todo grande investimento em uma indústria intensiva em tecnologia demanda um pacote de incentivos e benefícios fiscais. A indústria de semicondutores não é diferente e, neste sentido, replicar modelos de desenvolvimento desta indústria, utilizados pelos EUA e Europa nos anos 1970 e 1980 para o Brasil dos dias de hoje tende a não ser eficaz. Um exemplo disto, conforme mencionado, é a primeira versão do PADIS divulgada em 2007 para alavancar o setor de microeletrônica no país, na qual os incentivos se limitavam a algumas isenções baseada nas políticas realizadas pelos países mais desenvolvidos em décadas passadas.

Alguns especialistas ressaltam a existência do chamado Custo Brasil como limitante na realização de investimentos, para diversos setores da economia. No caso específico tratado nesta dissertação, não se considera este aspecto como um entrave considerável para a aplicação de novos investimentos. Há um problema mais grave que é a carência de estrutura operacional no país.

O aprofundamento do desenvolvimento do sistema nacional de inovação em microeletrônica deve contemplar a preocupação com a inserção no cenário global. Não há como desenvolver este setor pensando apenas no mercado interno e, além disso, a oferta de produtos não está mais restrita aos setores de informática ou defesa aeroespacial. Ao contrário, o desenvolvimento das firmas deste segmento exige a produção em escala mundial. Deve-se ressaltar que este segmento contempla uma atuação multisetorial, sendo os produtos oriundos desta indústria utilizados e aplicados nas áreas da saúde, educação, entretenimento, etc.

A falta de estrutura operacional está concentrada na carência de uma cadeia de fornecedores que são necessárias ao redor desta indústria. Essas empresas estão todas concentradas nas regiões dos EUA, Europa e Leste Asiático, assim, o Brasil não está inserido no fluxo comercial existente entre estas áreas. Contribui ainda para dificultar o desenvolvimento deste setor no país, o alto custo para se obter energia e os salários elevados praticados no país, ao comparar com outras regiões em que o sistema de inovação da microeletrônica já está formado, por exemplo EUA ou Coreia do Sul.

Neste sentido, para atrair investimentos, antes de tudo é preciso de alguma forma entrar neste cenário e parte desta cadeia para atrair a instalação de firmas no país, ou ainda oferecer condições competitivas de acesso a rede de fornecedores e empresas atuantes na área de microeletrônica.

As dimensões continentais do Brasil podem dificultar a interação entre os atores. No entanto, em alguns países, com o objetivo de alavancar este setor, foram criadas zonas específicas isoladas para permitir o desenvolvimento das atividades sistêmicas e das interações em microeletrônica. O ambiente nestas áreas se aproxima de uma ZPE (Zona de Processamento de Exportação), com o foco na realização de atividades inovativas em microeletrônica. Neste sentido, é importante viabilizar a instalação de centros de pesquisa e universidade, ampliar e facilitar os incentivos fiscais e os financiamentos subsidiados, enfim, fazer com que haja uma alta mobilização para o desenvolvimento deste setor.

Os investimentos da Intel na Costa Rica, até então avaliados por alguns especialistas como bem sucedidos requerem uma avaliação cautelosa. Sem dúvida foi benéfico para o país, pois uma série de variáveis macroeconômicas tiveram sensíveis melhoras. No entanto as instalações foram feitas em uma região isolada do país, nos moldes de uma ZPE, em que não só incentivos fiscais foram concedidos, mas também trânsito livre de comércio, simplificações nos trâmites alfandegários, etc. Na prática, esta região se tornou território norte americano de fluxo de comércio.

Na cidade de Porto Alegre, no Rio Grande do Sul, a interação entre os atores do sistema nacional de inovação em microeletrônica é visível. Esta região possui *design houses* do Programa CI Brasil com engenheiros já capacitados e aptos para desenvolver projetos de circuitos integrados. O CEITEC também está localizado em tal região, realizando o processamento físico químico da lâmina do silício. Há ainda a empresa HT Micron, responsável pela etapa de encapsulamento e testes localizada no campus universitário da Unisinos.

A parceria entre a empresa HT Micron e a Universidade Unisinos para execução de projetos em microeletrônica tem demonstrado resultados satisfatórios. Por meio dos incentivos do PADIS, a Unisinos cedeu um terreno dentro do campus

para a construção da fábrica de encapsulamento da HT Micron e, em contrapartida, os recursos oriundos dos incentivos fiscais serão direcionados para Unisinos. Os resultados até o momento são bastante positivos, pois nesta região é possível identificar uma interação sistêmica voltada à inovação entre os atores formadores do sistema nacional de inovação em microeletrônica.

O ambiente propício para o desenvolvimento sistêmico da microeletrônica no Rio Grande do Sul é reflexo das políticas industriais implementadas ao longo da década de 2000. A partir do Programa Nacional de Microeletrônica, lançado em 2002, sucessivos incentivos foram concedidos reforçando a cada política industrial a priorização dada a este setor.

O Programa CI Brasil demonstrou ser uma estratégia assertiva do governo federal, pois permitiu ao país sinalizar para o mercado global a existência de competência nacional para o desenvolvimento de projetos de circuito integrado. Muitas *design houses* foram formadas e, junto com elas, engenheiros especialistas para realizar projetos de *chips*.

Ainda assim, é necessário que as *design houses* brasileiras busquem alterar a sua estratégia de atuação. No início de sua formação havia a expectativa de que elas estariam sendo criadas para atender as demandas do mercado interno, ou seja, das empresas de médio e grande porte nacionais, além das empresas beneficiárias da lei de informática. O cenário atual é de que algumas delas fazem projetos para o exterior e poucas fazem para a demanda interna. Além disso, muitas delas são acadêmicas, dependentes dos recursos do governo e com pouco foco em negócios.

A construção do CEITEC, no cenário atual, foi uma decisão acertada, principalmente no sentido de sinalizar para o mercado global que o governo brasileiro entendia ser estratégica a área de microeletrônica e direcionaria recursos para viabilizar uma fábrica de *chips* nacional. No entanto, a solução adotada é diferente das praticadas em outros países, uma vez que não há empresa pública, atuante no mercado global capaz de ser competitiva e ultrapassar os entraves da burocracia, característico do setor público. A constituição do CEITEC foi importante para formação do sistema de inovação, pois permitiu o início da criação de competência técnica no desenvolvimento de *chips*. Além disso, o apoio do governo

foi fundamental para viabilizar todas as atividades. No entanto é preciso repensar o papel e a participação do governo e a busca de um novo modelo de negócios.

Neste sentido, a formação do sistema nacional de inovação em microeletrônica depende de uma estratégia de Estado. É preciso estar sensibilizado de que indústrias de alta tecnologia são fundamentais para manter a competitividade de diversos segmentos indústrias. Ressalta-se ainda que a integração ao sistema global de microeletrônica deve ser contemplada na estratégia brasileira e, para isso, é necessário criar um ecossistema interno que sinalize as grandes empresas multinacionais a existência de competência nacional neste setor.

CONCLUSÃO

Esta dissertação se propôs analisar a retomada do apoio à indústria de semicondutores no Brasil e o desenvolvimento do sistema nacional de inovação em microeletrônica. Buscou-se comprovar que há um entendimento do governo atual em apoiar de maneira sistemática este segmento, a partir de incentivos que permitam fortalecer as atividades de inovação das principais empresas, instituições de pesquisas e universidades.

No intuito de cumprir o objetivo principal, este trabalho se baseou no enfoque conceitual neo-schumpeteriano, em que a capacidade de inovar é o principal fator de competitividade de países, regiões, setores e firmas. O principal conceito teórico utilizado foi o de sistema nacional de inovação, partindo da ideia de que ela é constituída de um processo sistêmico e interativo, resultando, portanto, em um conjunto de relações de cooperação entre firmas e instituições. Nesta abordagem, a inovação se constitui como centro das decisões estratégicas de desenvolvimento dos países e motor da economia capitalista.

A escolha pela abordagem ampla do sistema nacional de inovação foi feita pelo fato de que ela inclui todos os atores relacionados, direta ou indiretamente, ao desenvolvimento de tecnologias e inovações, ressaltando a importância para as instituições, para o subsistema de financiamento, para as políticas industriais, entre outros aspectos.

Neste contexto, a partir dos anos 2000 é possível identificar um período em que políticas de inovação passam a fazer parte da elaboração e da implementação de ações colocando-a a frente no marco das políticas industriais. Em conformidade com esta nova diretriz, o apoio ao setor de microeletrônica se faz presente em todas as políticas industriais (PITCE, PDP e PBM) e passa a ser estratégico o domínio de todo o processo de fabricação de um circuito integrado.

Ao longo desta dissertação foi possível verificar que a priorização do desenvolvimento deste segmento no país se mostrou mais evidente em termos de intenções, entendimentos, políticas e programas do que em resultados eficientes.

Isso é corroborado com os dados apresentados dos últimos anos da balança comercial do complexo eletrônico, em que é possível constatar o déficit estrutural deste setor. A baixa produção local e o aumento constante da participação dos componentes nos produtos eletrônicos tendem a agravar os resultados negativos das transações comerciais. Dessa forma, as ações realizadas até o momento para alavancar o setor não demonstraram ser suficientemente para reverter os impactos desfavoráveis causados pela importação de circuito integrado.

Os dados extraídos da Pintec, em atividades inovativas na fabricação de componentes eletrônicos, permitiram concluir o quão distante o país está em possuir uma indústria de semicondutores. Sabendo que este segmento tem por característica ser intensivo e difusor de tecnologia, os números revelaram que os investimentos em inovação como percentual da receita líquida de vendas reduziu, assim como os investimentos em P&D.

Em relação às políticas diretas realizadas pelo governo para alavancar o setor entende-se que elas contribuíram para o desenvolvimento do sistema de inovação de microeletrônica no país. O Programa CI Brasil, a construção do CEITEC e a legislação do PADIS, podem ser considerados os pilares desta retomada dos investimentos, sendo este último fundamental para a atração de novos investimentos.

Por fim, a pesquisa de campo feita com os principais atores do sistema de inovação de microeletrônica do país contribuiu para algumas conclusões da situação atual do setor, bem como perspectivas e oportunidades para o país.

O chamado Custo Brasil não revelou ser um problema para desenvolver esta indústria, por outro lado, a carência de uma estrutura operacional no país é hoje um grande entrave para vinda de investimentos neste segmento. Esta estrutura diz respeito à cadeia de fornecedores que requer estar instaladas ao redor desta indústria. Hoje, todas as grandes empresas de fabricação de *chips* estão concentradas nos EUA, Europa e Leste asiático, rodeada pela rede de fornecedores. Este arranjo e a característica de proximidades dessas empresas fazem com que não se tenha interesse em vir se instalar no Brasil. Soma-se a isto, o desincentivo

causado pelo alto custo de energia e os salários praticados no país, quando comparados com outras regiões do mundo.

Em contrapartida a este cenário desafiador foi possível identificar em Porto Alegre (RS), uma interação positiva entre os atores do sistema de inovação de microeletrônica. Há nesta região um ambiente propício para o desenvolvimento de atividades de inovação, com mão de obra qualificada, incentivos adequados, cooperação entre as instituições, sendo isto reflexo das políticas industriais praticadas pelo governo federal e estadual.

Portanto constituir um sistema de inovação para o setor de microeletrônica depende de uma estratégia de Estado, que deve considerar o desenvolvimento deste segmento é fundamental para o país e para manutenção das indústrias tradicionais. A formação de um ecossistema em microeletrônica vai além de pacotes de benefícios e incentivos fiscais, sendo necessário destravar as barreiras operacionais presentes no Brasil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABINEE - Associação Brasileira da Indústria Elétrica Eletrônica. **Estatísticas**. Disponível em: < <http://www.abinee.org.br/> >. Acesso em: outubro de 2013.

ARROW, K., **Economic welfare and the allocation of resources for invention**. In: NELSON, R. (Ed.). *The Rate and Direction of Inventive Activity*. Princeton: Princeton University Press, 1962.

ASHEIN, B; ISAKSEN, A. **Regional Innovation Systems: the integration of local ‘sticky’ and global ‘ubiquitous’ knowledge**. *Journal of Technology Transfer* 27, 2002, p. 77-86.

BANCO CENTRAL DO BRASIL – BCB. **Relatório de Inflação**, março de 2013. Disponível em <http://www.bcb.gov.br/htms/relinf/port/2013/03/ri201303b6p.pdf> (conforme consulta em setembro de 2013).

BAMPI, S. **Tendências tecnológicas e oportunidades para a indústria de componentes semicondutores no Brasil**. In: MDIC/STI e IEL/NC. *O futuro da indústria de semicondutores*, Coletânea de artigos, Série Política Industrial, Brasília, 2004. Disponível em http://www.desenvolvimento.gov.br/sitio/sti/publicacoes/futAmaDiOportunidades/edie especiais_14.php (conforme consulta realizada em agosto/2013).

BRACZYK, H. J.; COOKE, P.; HEIDENREICH, M. **Regional innovation systems: the role of governances in a globalized world**. London: Bristol, PA.: UCL Press, 1998.

BRESCHI, S.; MALERBA, F., **Sectoral innovations systems: technological regimes, schumpeterian dynamics, and spatial boundaries**. In: EDQUIST, C. (org.) *Technologies, Institutions and Organizations*. Londres, 1997.

CASSIOLATO, J.E., **A economia do conhecimento e as novas políticas industriais e tecnológicas**, in Lastres, H. M. M and Albagli, S. (eds) *Informação e globalização na era do conhecimento*, Rio de Janeiro: Editora Campus, p. 164-190. 1999.

_____; LASTRES, H. M. M. e MACIEL, M. L. **Systems of Innovation and Development Evidence from Brazil**. London: Edward Elgar Publishing. 2003.

_____; LASTRES, H. M. M. **Sistemas de Inovação e Desenvolvimento: as implicações de política**. *Texto preparado para a revista São Paulo em Perspectiva*, v. 19, nº 1, jan./mar, 2005.

COOKE, P; URANGA, M. G.; ETXEBARRIA, G. **Regional Systems of Innovation: institutional and organizational dimensions**. *Research Policy*, v.26, n.1, 1997, p.475-491.

COSTA, A. B. **O desenvolvimento econômico na visão de Joseph Schumpeter**. *Cadernos IHU ideias*. Ano 4, nº 47, 2006.

COUTINHO, L. G., **Marcos e Desafios de uma Política Industrial Contemporânea**. In CASTRO, A. C. (org). *Desenvolvimento em debate*. Rio de Janeiro: BNDES, 2002, p. 61-79.

DE LA MOTHE, J.; PAQUET, G. **Local and regional systems of innovation: economics of science, technology and innovation**. Boston, Mass: Kluwer Academic Publishers, 1998.

DE PAULA L. F., **Sistema Financeiro, Bancos e Financiamento da Economia: uma abordagem Keynesiana**, Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

DOSI, G. **Mudança Técnica e Transformação Industrial: a teoria e uma aplicação à indústria dos semicondutores**. Clássicos da Inovação. Ed. Unicamp. Campinas 2006.

EDQUIST, Charles. **Systems of Innovation Perspectives and Challenges**, In: FAGERBERG, Jan. *The Oxford Handbook of Innovation*. Oxford University Press, 2006.

FREEMAN, C.; SOETE, L. **A. Economia da Inovação Industrial**. Editora Unicamp. 2008 (tradução a partir do original 1997)

_____. **The Economics of Industrial Innovation**. Frances Pinter, London. 1982.

_____. **A Schumpeterian Renaissance? Working Paper Series**, nº102. SPRU, 2003.

GOVERNO FEDERAL. **Diretrizes de Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior**. Brasília. 2003.

GOVERNO FEDERAL. **Plano de Ação em Ciência, Tecnologia e Inovação – Plano de Ação 2007-2010**. Brasília, 2007.

GOVERNO FEDERAL. **Política de Desenvolvimento Produtivo – Balanço de Atividades 2008/2010**. Brasília. 2011.

GUTIERREZ, R.; LEAL, C. **Estratégias para uma Indústria de Circuitos Integrados no Brasil**. BNDES Setorial, 2004. Disponível em <http://www.bndes.gov.br/conhecimento/publi/bnset/set1901.pdf> (conforme consulta realizada em novembro de 2013).

_____. MENDES, L, R., **Complexo Eletrônicos: o projeto em microeletrônica no Brasil**. BNDES Setorial, 2009. Disponível em http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/set3004.pdf (conforme consulta realizada em outubro de 2013).

IC Insights. **Estatísticas**. Disponível em: <<http://www.icinsights.com/>>. Acesso em: outubro de 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE).
Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica (PINTEC), 2003.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE).
Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica (PINTEC), 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE).
Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica (PINTEC), 2011.

KLINE, S.J. & N. ROSEMBERG, In **Overview of Innovation**. In R. Landau & N. Rosenberg (eds.), *The Positive Sum Strategy: Harnessing Technology for Economic Growth*. Washington, D.C.: National Academy Press, 1986, p. 275–305.

LIST, F. **The National system of Political Economy**, English edition (1904)
London, NioLongman, 1984.

LUNDVALL, B. A., (ed) **National Systems of Innovation: towards a theory of innovation and interactive learning**. Anthem Press, 1992.

MCTI. **Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2012-2015: Balanço das Medidas Estruturantes 2011**. Brasília: MCTI, 2012.

MOWERY, D. C. e ROSENBERG, N. **Trajetórias da Inovação: a mudança tecnológica nos Estados Unidos da América no Século XX**. Clássicos da Inovação. Ed. Unicamp. Campinas 2006.

NELSON, R., (Ed.) **National Systems of Innovation: a comparative study**. Oxford University Press, 1993.

_____, **As fontes do Crescimento Econômico: Clássicos da Inovação**. Campinas.SP. Editora da Unicamp 2006.

_____; WINTER, S., **Uma teoria evolucionária da mudança econômica**. Editora Unicamp. 2005 (tradução a partir do original 1982).

OLIVEIRA, E. M. e MIGUEL, H., **A Política Industrial (e Tecnológica) para o setor de semicondutores**. In: MDIC/STI e IEL/NC. *O futuro da indústria de semicondutores*, Coletânea de artigos, Série Política Industrial, Brasília, 2004. Disponível em http://www.desenvolvimento.gov.br/sitio/sti/publicacoes/futAmaDilOportunidades/edie especiais_14.php (conforme consulta realizada em julho/2013).

PEREZ, C., **Microelectronics, Long Waves and World Structural Change: New Perspectives for Developing Countries**, Vol. 13, nº 3, pp. 441-463, 1985.

PEREZ, C., **National Systems of Innovation, Competitiveness and Technology**. mimeo, Campinas, 1991.

RIPPER FILHO, J. E. **História da Microeletrônica no Brasil**. In: MDIC/STI e IEI/NC. *O futuro da indústria de semicondutores*, Coletânea de artigos, Série Política Industrial, Brasília, 2004. Disponível em www.desenvolvimento.gov.br/arquivo/publicacoes/sti/indbraopodesafios/coletanea/semicondutores/ripper.pdf (conforme consulta realizada em julho/2012).

RODRÍGUEZ-CLARE, A.; **Costa Rica's Development Strategy based on Human Capital and Technology: how it got there, the impact of Intel, and lessons for other countries**, *Human Development Report 2001*, UNDP, 2001.

ROTHWELL, R. **Towards the fifth-generation innovation process**. *International Marketing Review*, vol.11, n.1, 1994. p. 7-31.

SALLES FILHO, S. *et al.* **Avaliação de impactos da Lei de Informática: uma análise da política industrial e de incentivo à inovação no setor de TICs brasileiro**. *RBI – Revista Brasileira de Inovação*, v. 11, p. 191-218, 2012.

SCHUMPETER, J. A. **Teoria do Desenvolvimento Econômico**, coleção Os Economistas, Abril Cultural, São Paulo, 1911.

_____. **Capitalism, Socialism and Democracy**. Londres: Allen & Unwin. 1942.

SIA – Semiconductor Industry Association. **Estatísticas**. Disponível em: <www.sia-online.org/cs/papers>. Acesso em: outubro de 2013.

SICSÚ, B. B. **Desenvolvimento da indústria de componentes para o complexo eletrônico**. INAE – Instituto Nacional de Altos Estudos. XIV: FÓRUM NACIONAL. Rio de Janeiro: INAE, 2002.

SOLOW, R.M., **A Contribution to the Theory of Economic Growth**. *Quarterly Journal of Economics*, 70, 1956.

SUZIGAN, W.; FURTADO, J., **Política Industrial e Desenvolvimento**. *Revista de Economia Política*, v. 26, n. 2 (102), abril-junho, 2006, p. 163-185.

SPAR, D. L., **Attracting high technology investment**. *Foreign Investment Advisory Service*, Occasional Paper 11, World Bank, 1998.

SZAPIRO, M. H. **Reestruturação do setor de telecomunicações na década de noventa: um estudo comparativo dos impactos sobre o sistema de inovação no Brasil e na Espanha**. Tese de Doutorado, IE - UFRJ, 2005.

SZAPIRO, M. H., **Capacitação tecnológica em telecomunicações no Brasil: desenvolvimento e impactos da reestruturação do setor**. Dissertação (Mestrado em Economia) – Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1999.

TAVARES, W. M. L. **A indústria eletrônica no Brasil e seu impacto sobre a balança comercial**. Brasília: *Consultoria Legislativa*, 2001. Disponível em:

<<http://www2.camara.gov.br/publicacoes/estnottec/tema4/pdf/108604.pdf>>. Acesso em: novembro de. 2013.

TIGRE, P.B., **Liberalização e Capacitação Tecnológica: O Caso da Informática Pós-Reserva de Mercado no Brasil**, IE - UFRJ, 1993.

TIGRE, P.B., **Paradigmas Tecnológicos**, IE - UFRJ, 1997.

TIGRE, P.B., **Gestão da Inovação: a economia da tecnologia do Brasil**, Rio de Janeiro, 2006.

VIOTTI, E. B. **Brasil: de política de C&T para política de inovação? Evolução e desafios das políticas brasileiras de ciência, tecnologia e inovação**. In: CGEE. *Avaliação de Políticas de Ciência Tecnologia e Inovação: diálogo entre as experiências internacionais e brasileiras*, pp. 137-175. Brasília, 2008.

_____. **Fundamentos e evolução dos indicadores de C&T**. In: VIOTTI, E. B. e MACEDO, M.M. (Orgs) *Indicadores de ciência, tecnologia e inovação no Brasil*. Campinas: Editora Unicamp, 2003.

WORLD BANK GROUP, **The Impacto of Intel in Costa Rica - Nine Years After the Decision to Invest**, *Investing in Development Series*, 2006.

WSTS – World Semiconductor Trade Statistics. **Estatísticas**. Disponível em: <www.wsts.org>. Acesso em: julho 2012.

ANEXO I – Roteiro das Entrevistas

Roteiro de Entrevistas (Finep, HT Micron, Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação e Universidade do Vale do Rio dos Sinos - Unisinos)
<p>1) Tendências / Oportunidades</p> <p>Quais são as principais tendências que marcam o desenvolvimento da indústria de semicondutores no mundo? É possível apontar a existência de produtos/plataformas tecnológicas/nichos estratégicos? Existe uma tendência à especialização/operação em nichos especializados de produtos/tecnologias ou, ao contrário, verifica-se uma maior diversificação no portfólio de produtos/tecnologias?</p> <p>Quais os principais gargalos para a realização de grandes investimentos neste setor no Brasil? Além do chamado Custo Brasil, existe algum outro fator que limita grandes investimento no país?</p> <p>A experiência da implantação da empresa Intel na Costa Rica pode contribuir para inspirar as políticas industriais e tecnológicas no Brasil?</p>
<p>2) Contexto</p> <p>Avaliação sobre a política de microeletrônica das décadas de 1980 e 1990. Pontos negativos e pontos positivos. Comentários breves.</p> <p>Avaliação sobre as Políticas Industriais (PITCE, PDP e PBM) da década de 2000, tendo em vista o início de uma possível retomada de políticas e programas focados em microeletrônica. Comentários breves.</p>
<p>3) Política</p> <p>Os incentivos atuais são suficientes/efetivos para desenvolver a indústria local de componentes? Que outros o governo poderia utilizar para alavancar a indústria nacional?</p> <p>Dentre os instrumentos de apoio existentes, há algum obstáculo ou dificuldade para obtenção de financiamento? Existe a necessidade de algum Programa de Financiamento específico, além daqueles oferecidos pela Finep/BNDES?</p>
<p>4) Mercado</p> <p>Como está sendo atendida a demanda por componentes eletrônicos fabricados no país? Quais são os principais produtos atendidos pelo mercado interno?</p> <p>A demanda por componentes fabricados no Brasil está concentrada em alguma etapa específica da cadeia produtiva (<i>Design, Front end</i> ou <i>Back end</i>)? Existe oportunidade para estimular a demanda interna em outras etapas da cadeia produtiva que no momento não está sendo priorizada?</p> <p>A demanda do mercado interno por si só é suficiente para sustentar o crescimento das empresas nacionais?</p>