

Avaliação da Importância Estratégica e Econômica da Instalação de uma Fábrica de Circuitos Integrados no Brasil

MAURI APARECIDO DE OLIVEIRA¹

(recebido em 16/10/2003; aprovado em 10/11/2003)

PALAVRAS-CHAVE

Fábrica de Chips – Semicondutores – Exportação de software – Competitividade

RESUMO

Este texto é uma contribuição à discussão sobre a importância estratégica e econômica da instalação de uma fábrica de circuitos integrados no Brasil. A tecnologia de semicondutores tem sido o fator principal para o sucesso da indústria de alta tecnologia e do crescimento econômico observado em países desenvolvidos e em alguns países emergentes. O setor de semicondutores é caracterizado por empresas competitivas e que definem, a partir de seus produtos, o padrão tecnológico que é utilizado em áreas como a telefonia, automação, entretenimento, educação e televisão, entre outros. Apresentamos a China e a Índia como exemplos de governos bem-sucedidos na atração de fábricas de circuitos integrados e no desenvolvimento de programas de computadores, respectivamente. Com o fortalecimento da indústria eletrônica abre-se uma série de oportunidades para o país, inclusive de inclusão social, por exemplo, a partir da utilização da TV digital que é discutida no final do artigo. Os obstáculos para chegar a um nível de competição global são muitos, mas os resultados são compensadores e acreditamos que se o governo atuar de forma compromissada e rápida os objetivos poderão ser alcançados.

1. INTRODUÇÃO

O objetivo deste trabalho é analisar a importância estratégica e econômica da instalação de uma fábrica de circuitos integrados (também chamados de chips), bem como o seu impacto para aumentar a competitividade do setor eletroeletrônico no Brasil.

São estudados os principais competidores no cenário internacional do setor de semicondutores e seus respectivos interesses no desenvolvimento, fabricação e comercialização dos circuitos integrados e também a indústria de software que está intrinsecamente relacionada a estes produtos.

¹E-mail: mauriao@usp.br

A diversificação das exportações é um fator primordial para alcançar competitividade internacional e com certeza passa pelo setor de produtos eletrônicos que têm alto valor de conhecimento agregado. Países que não dispunham de riquezas naturais abundantes e investiram durante décadas em educação tiveram como consequência natural a sua inserção na arena de competição da alta tecnologia, destacadamente na produção de software, produtos manufaturados e chips. Exemplos bem-sucedidos são Taiwan e Singapura, onde as exportações de componentes eletrônicos representaram em 2001 um total de 24,9% (US\$ 42,225 bilhões) e 32,7% (US\$ 43,209 bilhões) das exportações nacionais, respectivamente.

Os fatores envolvidos para viabilizar a implementação de uma fábrica de chips são muitos, entre eles destacam-se a infra-estrutura, política industrial e formação de mão-de-obra altamente qualificada [Unit03].

Os dados do *Global Competitiveness Report (GCR) 2002–2003*² colocam o Brasil na posição 46 dos 80 países nos quais é medido o *Growth Competitiveness Index (GCI)*³, levantamentos realizados pela Organização Mundial do Comércio (OMC). No entanto, existem países, também considerados em desenvolvimento, que estão em posições abaixo da situação do Brasil nesse ranking, mas têm mostrado maior empenho e obtido mais resultados no mercado de semicondutores e software. Como o semicondutor é o material-chave para construção de circuitos integrados, costuma-se chamar a indústria de eletrônica também de indústria de semicondutores.

Ao analisar-se as questões referentes à implantação da fábrica de circuitos integrados conclui-se que o governo desempenha papel fundamental em todas as etapas, principalmente na negociação das instalações iniciais (região, infra-estrutura, etc.) e na orientação para exportação desse setor industrial.

Neste texto, a maior parte das palavras de origem estrangeira (chips, software, ranking, etc.) é grafada da mesma forma que as palavras de língua portuguesa. Acreditamos que muitos dos termos em inglês que utilizamos sejam de amplo conhecimento, principalmente para aqueles acostumados com os textos da área de informática. Palavras e expressões que julgarmos menos conhecidas serão acompanhadas de tradução. Pedimos desculpas antecipadas se o leitor notar a utilização exagerada de tais termos.

2. A IMPORTÂNCIA DE UMA FÁBRICA DE CHIPS PARA O SISTEMA DE INOVAÇÃO DE PRODUTOS ELETRÔNICOS NA ECONOMIA DO BRASIL

A microeletrônica apresenta uma história longa num período muito curto. Como fatos históricos mais marcantes temos o descobrimento do efeito transistor em 1947 na Bell Labs e o desenvolvimento do processo planar para a fabricação de circuitos integrados (CI's) em 1959 na Fairchild, resultando nos pri-

² Relatório da Competitividade Global

³ Índice de Crescimento da Competitividade

meios CI's comerciais em 1962. Assim, a idade dos CI's, também chamados de chips, é de aproximadamente 40 anos [Swar01]. Resultado de vários anos de pesquisas e experimentos científicos, a indústria de microeletrônica e microssistemas é um dos diferenciais entre os países criadores de tecnologia e os países dependentes e importadores dos produtos com alto grau de conhecimento agregado desse tipo de indústria. Entre os países emergentes (Brasil, Malásia, Singapura, Coréia, Tailândia, México, Costa Rica, Indonésia e Irlanda) o Brasil é o país que apresenta o maior déficit na balança comercial da indústria eletrônica, indicando que seu sistema de inovação nacional no setor eletrônico precisa ser adaptado às novas circunstâncias.

O conceito de sistema de inovação nacional (SIN) enfatiza a importância do conhecimento e inovação para explicar a performance econômica de empresas e países e tem-se tornado aceito como uma forma útil para entender as interações que ocorrem no processo de geração e difusão de tecnologias [Cass02].

Na competição internacional, o perfil econômico da maioria dos países da região compreendida pela América Latina e Caribe mudou muito pouco desde o começo dos anos 80, ou seja, a constatação é de que a região continua a ser uma exportadora intensiva de bens de baixa tecnologia agregada. Todavia, também é verdade que países como Costa Rica, México e República Dominicana passaram por mudanças em seus padrões de comércio, buscando outros tipos de negócios na área de tecnologia da informação (TI) e abrindo novas perspectivas para o futuro da região. No caso da Costa Rica pode-se verificar um crescimento do seu PIB a partir da instalação de uma fábrica de chips da Intel, o que alavancou as suas exportações. Comparando os resultados do relatório da UNCTAD/WTO⁴ do período de 2001-2002 para a performance comercial dos setores exportadores mais significativos dos cinco primeiros países do ranking de competitividade e o Brasil, podemos notar que os cinco países com melhores índices de competitividade para o crescimento possuem parcela significativa de suas porcentagens de exportações vinculadas ao setor eletrônico (ver Tabela1).

Os produtos agrícolas (alimentos perecíveis e processados) somados representam a maior parcela das exportações do Brasil e têm uma participação no mercado mundial de 5,74% com valor total de aproximadamente US\$ 13 bilhões. Ou seja, o setor em que o Brasil tem maior competitividade no mercado internacional é na produção de alimentos. No entanto, é importante destacar que nos países mais competitivos notamos que as participações mundiais nos setores em que têm maior destaque, normalmente ultrapassam os 6% de participação no mercado mundial. Isso é um indicador das dificuldades do Brasil para prospectar novos mercados e de realizar negócios internacionais para fornecer produtos do setor em que é mais competitivo, valendo ressaltar que os países desenvolvidos

⁴ Siglas de algumas entidades mencionadas:

UNCTAD – *United Nations Conference on Trade and Development* (Conferência das Nações Unidas para o Comércio e Desenvolvimento). Criada em 1964, a UNCTAD é um órgão permanente da Assembléia Geral das Nações Unidas.

WTO (ou OMC) – *World Trade Organization* (Organização Mundial do Comércio).

ABINEE – Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica.

aplicam elevadas taxas aos produtos agrícolas que eles importam e subsidiam os seus produtores internos.

A exportação de produtos eletrônicos e seus correlacionados (informática, componentes, telecomunicações, automação, etc.) é extremamente importante para os países mais competitivos. Podemos verificar que as exportações de componentes eletrônicos e de TI de Singapura somam US\$ 82,5 bilhões, para Taiwan tem-se também aproximadamente esse mesmo valor sendo que, para ambos estes países, suas participações no mercado mundial giram em torno de 13% cada um. Os produtos de TI e eletrônica de consumo oriundos da Finlândia têm participação no mercado mundial de 1,61%, gerando algo em torno de US\$ 10 bilhões para o país. Para a Suíça tem-se 2,02% do mercado mundial e US\$ 12,7 bilhões. Os EUA têm 15% do mercado mundial e suas exportações são de US\$ 89,7 bilhões. Com esses dados, temos que: se um país possuir 0,5% (meio por cento) do mercado mundial de produtos eletrônicos isso representará um ganho nas exportações da ordem de US\$ 3 bilhões.

De acordo com a Associação Brasileira de Indústria Elétrica e Eletrônica (ABINEE), a balança comercial dos produtos elétricos e eletrônicos do Brasil apresentou déficit de US\$ 2,42 bilhões no 1º semestre de 2003, montante 9,5% inferior ao verificado em igual período de 2002 (US\$ 2,68 bilhões). Neste período, as exportações atingiram US\$ 2,16 bilhões, com crescimento de 6,7% em relação ao 1º semestre/02, e as importações US\$ 4,58 bilhões, com queda de 2,5% na mesma comparação (Ver Figura1).

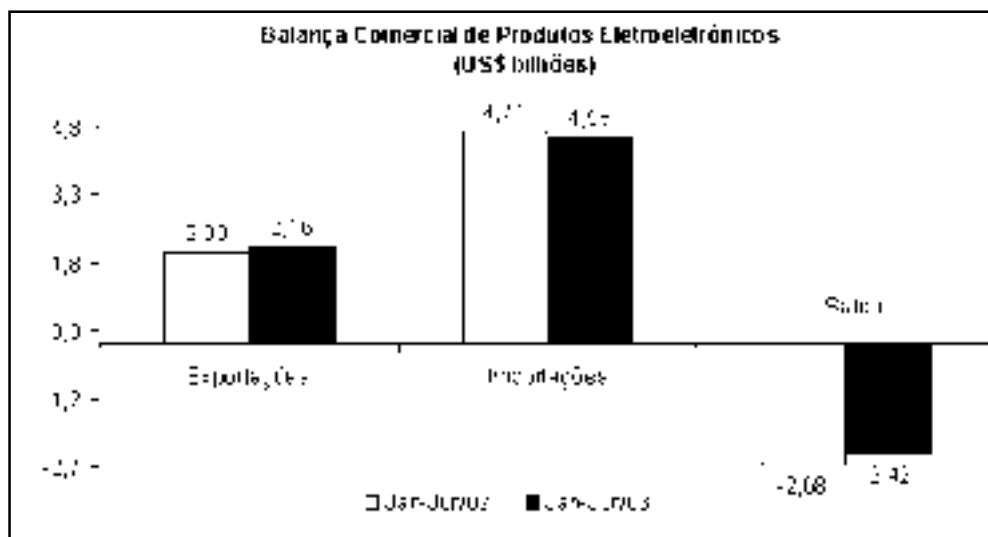


Figura 1 – Comparação da balança comercial de produtos elétricos e eletrônicos entre o primeiro semestre de 2002 e 2003. Fonte: ABINEE

Implementando políticas adequadas podemos tornar a indústria eletrônica brasileira mais competitiva e mais atrativa para investidores externos e internos. Um exemplo de experiência bem-sucedida é a China, que será discutida no item 3.2.

Conforme as nações desenvolvem-se, elas progridem em termos das suas características de vantagens competitivas e dos modos de competir. De todas as coisas que podem modificar as regras da concorrência, a transformação tecnológica figura entre as mais importantes [Port89].

Falta ao Brasil promover, de forma mais intensa, o desenvolvimento da sua indústria eletrônica e de tecnologia da informação (TI). Enquanto isso não acontecer o seu déficit nesse setor não será superado e sua inserção no rol dos países exportadores de tecnologia ficará cada vez mais distante, dada a dinâmica que este setor apresenta.

Tabela 1 – Performance comercial dos setores exportadores mais significativos dos cinco primeiros países mais competitivos tecnologicamente e o Brasil (Fonte: International Trade Centre UNCTAD/WTO)

País	Setor	Porcentagens das exportações	Valor das exportações (US\$ milhões)	Participação no mercado mundial
Brasil ⁵	Equipamentos de transporte	15,0 %	7.986	1,15 %
	Alimentos perecíveis	14,0 %	7.438	3,12 %
	Manufaturados básicos	13,0 %	6.894	1,59 %
	Alimentos processados	10,6 %	5.647	2,62 %
	Química	8,1 %	4.293	0,71 %
Singapura	Componentes eletrônicos	32,7 %	43.209	7,23 %
	TI e eletrônicas de consumo	29,8%	39.379	6,23 %
	Minerais	7,5 %	9.936	1,42 %
	Química	7,4 %	9.781	1,62 %
	Miscelânea de manufaturados	6,9 %	9.166	1,97 %
Taiwan	TI e eletrônicas de consumo	26,1 %	42.225	6,68 %
	Componentes eletrônicos	24,9 %	40.385	6,75 %
	Manufaturados básicos	9,2 %	14.855	3,43 %
	Miscelânea de manufaturados	8,8 %	14.195	3,04 %
	Química	8,2 %	13.272	2,20 %
Finlândia	Produtos de madeira	26,7 %	11.910	6,45 %
	TI e eletrônicas de consumo	22,8 %	10.156	1,61 %
	Maquinário não eletrônico	12,2 %	5.457	0,94 %
	Manufaturados básicos	9,2 %	4.091	0,94 %
	Química	6,7 %	2.982	0,49 %
Suíça	TI e eletrônicas de consumo	17,7 %	12.756	2,02 %
	Maquinário não eletrônico	15,1 %	10.840	1,87 %
	Química	11,6 %	8.327	1,38 %
	Produtos de madeira	11,1 %	8.019	4,34 %
	Manufaturados básicos	10,9 %	7.820	1,81 %
EUA	Maquinário não eletrônico	15,1 %	102.543	17,64 %
	Equipamentos de transporte	14,6 %	99.111	14,23 %
	Componentes eletrônicos	13,2 %	89.758	15,01 %
	Química	12,7 %	86.375	14,31 %
	Miscelânea de manufaturados	11,2 %	75.865	16,27 %

⁵ A indústria aeronáutica brasileira, uma das nossas áreas de maior competitividade tecnológica, está incluída no setor de equipamentos de transporte, que representa no total 1,15% de participação no mercado mundial.

3. COMPETIÇÃO INTERNACIONAL

De acordo com Medina-Smith (2001), é amplamente aceito entre os economistas que o crescimento econômico é um processo extremamente complexo, o qual depende de muitas variáveis tal como a acumulação de capital (tanto físico quanto humano), comércio, flutuações de preços, condições políticas, distribuição de renda e até mesmo características geográficas. Embora o vínculo teórico entre comércio e crescimento econômico tenha sido discutido por dois séculos, ainda persistem controvérsias com respeito a seus efeitos reais. A onda inicial de argumentos favoráveis com respeito ao comércio, observada na escola clássica do pensamento econômico, começou com Adam Smith e foi subsequenteiramente enriquecida pelo trabalho de Ricardo, Torrens, James Mill e John Stuart Mill, na primeira parte do século XIX. Desde então, a justificativa para o livre comércio e os vários e indiscutíveis benefícios que a especialização internacional traz para a produtividade das nações têm sido amplamente discutidos e estão bem documentadas na literatura econômica [Bhag78] [Krue78]. No entanto, na última década tem havido uma surpreendente e impressionante reavaliação teórica na literatura acerca do crescimento econômico provocada pela teoria do crescimento endógeno⁶, a qual tem levado a um extensivo inventário de modelos que enfatizam a importância do comércio para se alcançar uma taxa sustentável de crescimento econômico. Estes modelos têm focado variáveis, tais como o grau de abertura, taxa de câmbio real, tarifas, termos de comércio e performance de exportação, para verificar a hipótese de que economias abertas crescem mais rapidamente que aquelas que são fechadas [Edwa98].

Embora muitos modelos enfatizem o vínculo entre comércio e crescimento, eles acentuaram que o comércio é apenas uma das variáveis que entram na equação do crescimento. Aqueles que advogam em favor da hipótese de crescimento conduzido pela exportação (*export-led growth hypothesis* – ELGH) têm afirmado que o comércio foi de fato o principal motor do crescimento no Sul e Leste da Ásia. Argumenta-se que Hong Kong (China), Taiwan (província da China), Singapura e a República da Coreia, chamados de Quatro Tigres, têm sido bem-sucedidos em alcançar alta e sustentável taxa de crescimento econômico, desde antes de 1960, por causa de seu livre mercado e economia orientada ao exterior [Worl93] [Medi01].

No caso brasileiro, apesar de o Brasil ter exportado 4% mais em 2002, quando comparado com o ano de 2001, a participação dos bens produzidos⁷ se manteve em 0,9% do total mundial, de acordo com o relatório anual da Organização

⁶ O conceito de desenvolvimento endógeno pode ser entendido como um processo interno de ampliação contínua da capacidade de agregação de valor sobre a produção, bem como da capacidade de absorção da região, cujo desdobramento é a retenção do excedente econômico gerado na economia local e/ou a atração de excedentes provenientes de outras regiões. Esse processo tem como resultado a ampliação do emprego, do produto e da renda do local ou da região, em um modelo de desenvolvimento regional definido. Ou seja, os modelos de crescimento endógeno são aqueles em que as políticas econômicas podem influenciar o crescimento de forma permanente [Jone02] [Filh96].

⁷ Equipamentos de transporte, alimentos, manufaturados, minerais, química, produtos eletrônicos, tecnologia de informação, madeira, entre outros.

Mundial do Comércio (OMC), agosto de 2003. Esse valor de exportação pode ser considerado pequeno se levarmos em conta, por exemplo, o fato de o Brasil ser o quinto maior país em extensão territorial e possuir a quinta maior população mundial.

De acordo com a ABINEE, no 1º semestre de 2003, as exportações do setor de eletrônica cresceram em relação a igual período do ano passado, o setor de informática foi o que apresentou maior taxa de crescimento (+66,0%), com destaque para o acréscimo de 234% nas vendas externas de periféricos. Com exceção das áreas de Telecomunicações (-2,4%) e Automação Industrial (-1,4%), as exportações das demais áreas apontaram crescimento. Porém, este crescimento em algumas áreas tem sido insuficiente para reverter a tendência deficitária da balança comercial para os produtos elétricos e eletrônicos no Brasil. A Figura 2 apresenta a evolução das exportações desse setor para o período de 2001 a 2003.

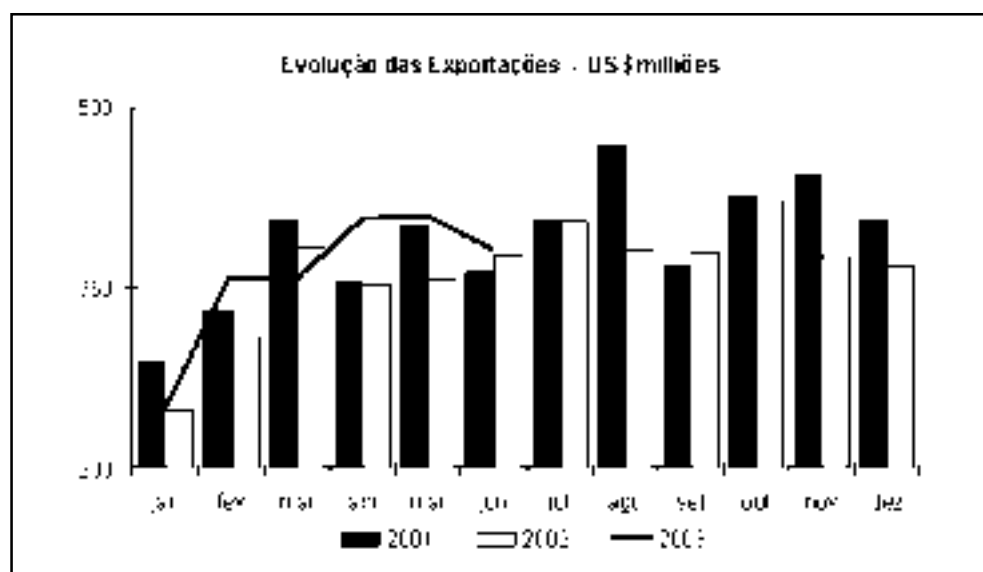


Figura 2 – Evolução das exportações de produtos elétricos e eletrônicos. Fonte: ABINEE

Mesmo sendo favoráveis em relação aos anos anteriores, os números do setor eletroeletrônico não representam uma indústria com ascensão significativa no cenário internacional.

3.1 Países e Empresas do Mercado Mundial de Circuitos Integrados e Software

A competição internacional na fabricação de circuitos integrados é disputada de forma muito intensiva principalmente por Coréia do Sul, Taiwan, Estados Unidos (EUA) e Europa que detêm, aproximadamente, 47%, 18%, 16% e 14% do mercado mundial, respectivamente. As estatísticas de fornecimento de circuitos integrados são acompanhadas de forma constante e seus resultados mensais são apresentados por empresas como a DRAmEXchange. De acordo com o *The Taiwan Economic News*, Taiwan tomou a posição dos EUA de segundo

maior fornecedor de memórias dinâmicas de acesso randômico (DRAM) no mês de maio desse ano. Isso significa que dos 241 milhões de chips DRAM fabricados no mundo, naquele mês, Taiwan foi responsável pela produção de 44,3 milhões desses chips.

As principais empresas da Coreia do Sul que competem no mercado internacional de semicondutores são a Samsung e a Hynix.

Em Taiwan estão a Winbond Electronics, que é a maior fabricante chips DRAM; a ProMos, do grupo Mosel Vitelic; a Macronix International; Powerchip Semiconductor e a Vanguard International Semiconductor são grandes empresas do segmento de chips.

Os EUA têm, por exemplo, a Intel que é líder mundial na fabricação de microprocessadores, a AMD, Motorola, Texas Instruments e a IBM entre as maiores empresas do mundo desse setor. A IBM inaugurou em 2002 uma nova planta situada em Nova Iorque para fabricação de chips com circuitos menores que 10 nanômetros (um nanômetro é a milionésima parte de um metro). Dessa forma, uma única peça de 300 mm de diâmetro pode suportar mais de 50.000 milhões de transistores⁸.

A Europa conta com empresas como a Siemens, Nokia e Philips. Apesar de a indústria de circuitos integrados do Japão possuir menos de 7% do mercado mundial, este país possui grandes empresas do setor, tais como a NEC, Fujitsu e a Toshiba.

A Figura 3 apresenta a evolução do faturamento mundial da indústria de semicondutores. A maior evolução do faturamento desse setor compreende o período de 1999 até outubro de 2000, quando o faturamento mensal chegou ao seu maior valor, de US\$ 18,6 bilhões. Apesar da forte queda registrada a partir de 2001, nota-se uma tendência de crescimento positivo do faturamento desde o início de 2002.

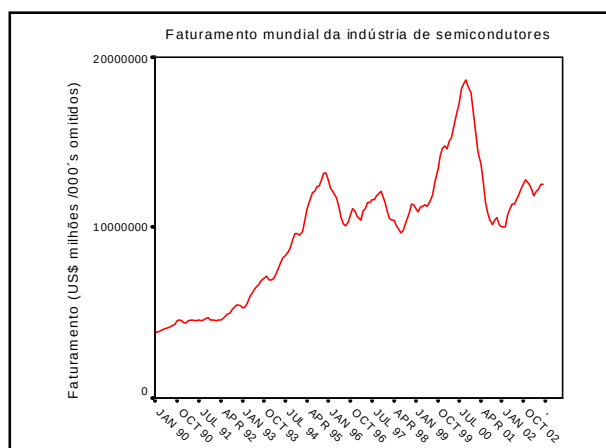


Figura 3 – Faturamento mensal da indústria de semicondutores no período de janeiro de 1990 a junho de 2003. Fonte: Semiconductor Industry Association (SIA)

⁸ O nome transistor foi derivado de suas propriedades intrínsecas “resistor de transferência”, em inglês: *transfer resistor*. A função principal do transistor é amplificar sinais elétricos.

A Figura 4 mostra as curvas de faturamento dos últimos oito anos da indústria mundial de semicondutores. Pode-se perceber claramente que o ano de 2000 foi o que apresentou maior faturamento médio para este setor.

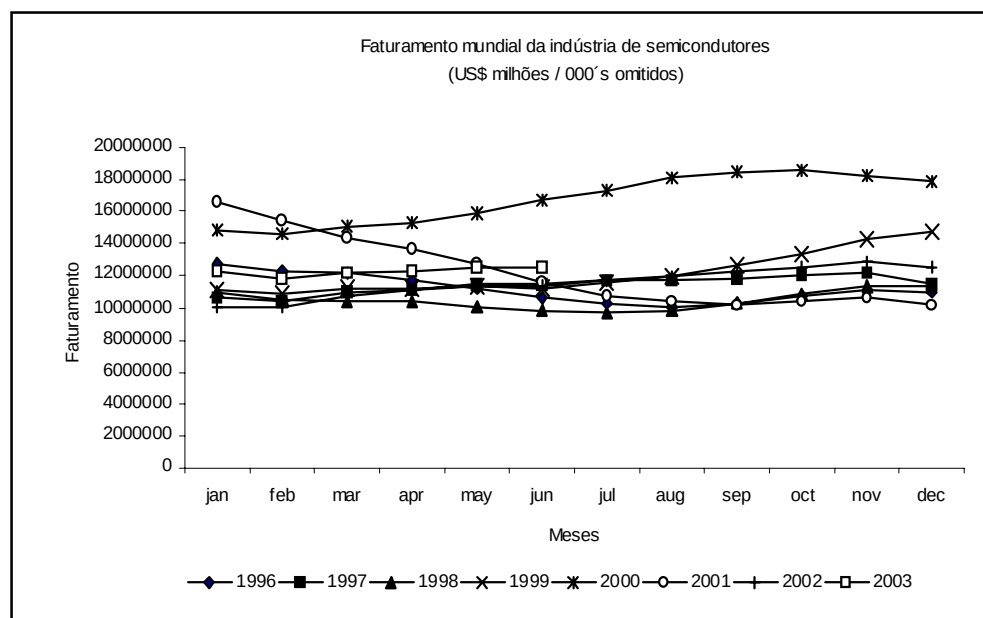


Figura 4 – Comportamento do faturamento anual da indústria mundial de semicondutores
Fonte: Semiconductor Industry Association (SIA)

O estabelecimento e o crescimento da indústria de semicondutores em um país tem sido considerado um fator estratégico para o desenvolvimento econômico, já que o produto final desse tipo de indústria tem penetração crescente em várias atividades e setores da economia da sociedade contemporânea.

Os equipamentos eletrônicos são, cada vez mais, utilizados como ferramentas auxiliares em setores diversificados como na agricultura, na medicina, telecomunicações, na indústria de entretenimento, transportes e pesquisas científicas. Por trás de cada equipamento que possui um dispositivo eletrônico existe um chip e um programa de computador para torná-lo operacional.

O conhecimento agregado em todas as etapas de obtenção de um chip, desde seu projeto até sua manufatura, é extremamente sofisticado, o que aponta para a elevada correlação entre o nível de desenvolvimento educacional do país de origem da fábrica de chips e o valor do faturamento proveniente dos produtos eletrônicos exportados.

A indústria de produção de software é a que está mais correlacionada com o setor de semicondutores e incentivar a indústria de circuitos integrados pode ser um fator de alavancagem para a indústria brasileira de software.

3.2 O Fortalecimento da Indústria de Semicondutores num País em Desenvolvimento, o Caso da China

Em 1978, no governo de Deng Xiao Ping, a China apresentou o compromisso de abertura de sua economia, nos vinte anos subsequentes a China tornou-se uma das economias mundiais de crescimento mais acelerado. Em média, o PIB chinês cresceu em torno de 9,7% ao ano no período de 1980 a 2002 e existe a previsão do Banco Mundial de que este crescimento tenha uma média anual de 7% entre 2003 e 2007.

Em 2001 a China entrou para a Organização Mundial do Comércio (OMC). Nesse processo de transição para uma economia aberta a China tem-se transformado no mercado de semicondutores com o crescimento mais rápido do mundo.

O Brasil tem estreitado suas relações comerciais e culturais com a China, no entanto, no aspecto do setor de semicondutores os chineses estão alcançando um estágio de maturidade muito superior ao brasileiro. Atualmente, a China representa o maior mercado de telefonia móvel, o segundo maior mercado de PC's e é responsável por aproximadamente 11% da demanda mundial de semicondutores. Em 2000 a maior parte das fábricas do setor de semicondutores estava sendo construída em Taiwan, atualmente existem planos de construir em torno de quatro fábricas nesse país, enquanto que na China existem cerca de 19 fábricas em construção ou com projetos concluídos.

A China tem adotado uma estratégia de desenvolvimento industrial de baixas taxas e impostos e de criação intensiva de parques industriais. A velocidade com que os chineses têm implementado suas mudanças para tornarem-se um país fornecedor de produtos manufaturados dificulta a análise de como poderiam ser realizadas parcerias entre Brasil e China no setor de semicondutores, eles estão chegando a um ponto de ter muito mais a oferecer do que nós, exemplo disso é que enquanto a indústria mundial de semicondutores experimentou um declínio acentuado em 2001 (ver Figura 2) o mercado de circuitos integrados da China cresceu 18,3% naquele ano.

Exemplos dos resultados dos planos governamentais chineses incluem uma *joint venture* da Matsushita em Shanghai para montagem de CI's, *joint venture* da SGS-Thomson criando a Shenzhen STS Microelectronics, uma *foundry* da ASMC (Advanced Semiconductor Manufacturing Company) criada a partir da *joint venture* da Philips e Nortel, uma fábrica de testes e montagem da Samsung Electronics em Suzhou e uma fábrica da Motorola em Tianjin, entre outros.

Algumas das mudanças que foram implementadas pelo governo chinês para beneficiar a indústria de semicondutores são:

- criação de leis para assegurar que a propriedade intelectual dos projetos na área de semicondutores esteja protegida em toda a sua extensão;
- permissão para que as empresas estrangeiras construam plantas sem acordos para transferência de tecnologia;

- uma taxação de 17% (chamada de *value added tax*-VAT) sobre semicondutores importados, em oposição aos 3% cobrados sobre os produtos fabricados na China;
- nenhuma nova fábrica na China pagará impostos por 10 anos;
- são distribuídas, para os empregados, ações da empresa que não são taxadas a valor de mercado, estas ações podem ser vendidas sem o pagamento de qualquer taxa sobre os ganhos auferidos.

Um exemplo de parceria estratégica que pode ser explorada entre o Brasil e a China diz respeito à implantação mundial da TV digital. Se acontecer essa união para construir um padrão comum de TV digital, isso possibilitará ao Brasil participar do maior mercado de televisões do mundo, com extensão para desenvolvimento de software e fabricação de componentes eletrônicos. Atualmente, existem três padrões de transmissão em operação no mundo: o ATSC (norte-americano), o DVB-T (europeu) e ISDB-T (japonês), no entanto o governo chinês propôs ao Brasil um desenvolvimento conjunto de uma nova tecnologia.

3.3 A Indústria de Software num País em Desenvolvimento, o Exemplo da Índia

O Brasil, apesar de ser um dos maiores mercados consumidores de software, em torno de US\$ 7 bilhões por ano, não tem uma contrapartida favorável às suas exportações para esse tipo de produto que em 2002 foram inferiores a US\$ 200 milhões.

A Índia, também considerado um país em desenvolvimento, tem explorado de forma mais eficaz o mercado mundial de tecnologia da informação (TI). Enquanto o Brasil ocupa a posição 35 no Índice de Tecnologia da Organização Mundial do Comércio (OMC) a Índia está na posição 57. Mas essa disparidade no ranking de tecnologia da OMC oculta que a indústria de software da Índia tem faturamento maior que a indústria aeronáutica brasileira, ou seja, a Índia vendendo software ganha mais que o Brasil exportando aviões.

O software produzido na Índia tem disputado nos mercados mais competitivos do mundo. A Tabela 2 apresenta a divisão regional mundial dos gastos em TI para o período de 2002 a 2003 e a participação da Índia nestes mercados.

As exportações de software da Índia são maiores do que qualquer um dos principais setores de exportação do Brasil, até mesmo maior que a exportação de produtos agrícolas perecíveis que é o nosso setor mais competitivo internacionalmente. Um estudo realizado pela Marshall Business School (MBS) da University of Southern California apresenta alguns dados da indústria de software da Índia [Kuma02]: 200.000 empregos diretos no setor de tecnologia da informação (TI), mais de 6 milhões de estudantes de graduação na área de TI, custo anual de US\$ 15.776 por trabalhador na área de TI e elevada proporção de profissionais que falam inglês. A Figura 5 mostra a evolução dos rendimentos provenientes do consumo interno e das exportações de software indiano.

Tabela 2 – Divisão regional dos gastos no mercado de TI e a participação da Índia 2002-2003
Fonte: Express Computer Magazine

Região	Gastos com serviços de TI US\$ bilhões	Exportações da Índia US\$ milhões	market share da Índia (%)	Participação nas exportações de TI da Índia
América do Norte	171,1	6.685	3,92	67,7
Europa Ocidental	109,6	2.103	1,92	21,3
Japão	34,9	193	0,55	2
América Latina & resto do mundo	17,5	583	3,33	5,9
Ásia Pacífico	16	311	1,94	3,2
TOTAL	349,1	9.875	2,82	100

Os principais fatores que contribuem para que a Índia seja um exportador de TI são:

- suporte governamental – desregulamentação, incentivos fiscais e criação de parques de tecnologia de software;
- recursos humanos com conhecimentos técnicos;
- estratégia em software de serviços de alta qualidade;
- custos projetados e escalonamento da capacidade para atender a demanda.

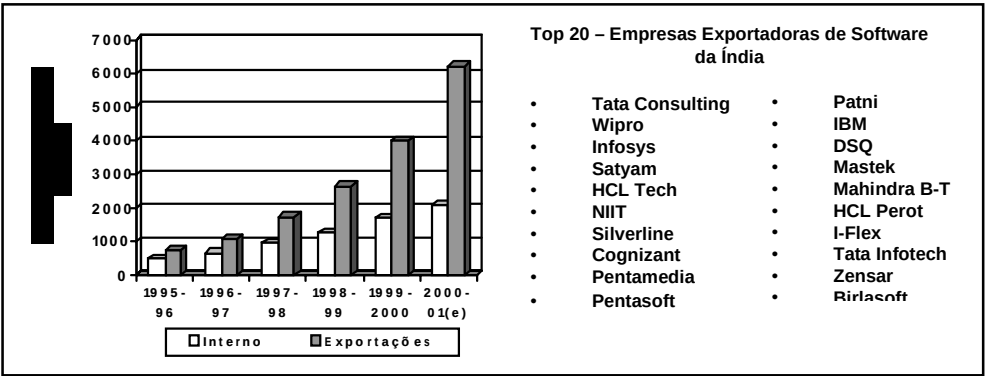


Figura 5 – Crescimento das exportações da indústria de TI e as 20 maiores empresas exportadoras de software da Índia. Fonte: [Kuma02]

Um indicador de qualidade de produção de software é o SW-CMM⁹ que tem uma escala de cinco níveis de 1 a 5. Em 2002, aproximadamente 60% das empresas de software com níveis 4 e 5 estavam na Índia.

Para garantir a qualidade de seus produtos a indústria indiana de software tem começado a adotar uma evolução do SW-CMM conhecido como CMMI¹⁰.

⁹ Em 1991, o SEI (Software Engineering Institute) publicou o Capability Maturity Model para Software (CMM ou SW-CMM), um modelo para julgamento da maturidade dos processos de construção de software de uma organização e para identificar as práticas chaves que são necessárias para aumentar a maturidade destes processos.

¹⁰ O CMMI, também desenvolvido pelo SEI, é um modelo de qualidade criado para integrar engenharia de software, engenharia de sistemas e desenvolvimento integrado de produto e processo.

Quanto ao suporte governamental oferecido à indústria de software indiano, o relatório da MBS ainda destaca a facilidade para a exportação e importação de software, acesso ao capital externo, não taxação sobre lucros, parques de software com infra-estrutura de telecomunicações, aumento no número de institutos de TI e aumento no número de quotas para estudantes de TI.

Enquanto países como China, Paquistão, Filipinas e Bangladesh preparam-se para confrontar a Índia na produção de software, o Brasil, de acordo com relatório da SOFTEX de 2002 [Soft02], possui um padrão de evolução e uma trajetória de crescimento diferenciados, onde a forte demanda doméstica produz um conjunto de estímulos para as empresas de software com um viés antiexportação.

Em termos estratégicos, a exposição internacional da indústria de um determinado país pode torná-la uma ameaça para as concorrentes, que podem barrar sua penetração e interromper suas pretensões de crescimento. No entanto, se as empresas são fracas em termos de competição internacional e não estão preparadas para assumir riscos, isso acarreta no distanciamento aos elevados retornos e aos projetos financeiramente mais compensadores, que são necessários para conquistar mercados externos. Essa deficiência na capacidade competitiva gera um ciclo vicioso de enfraquecimento de um setor industrial com conseqüências irreversíveis, tais como o sucateamento do parque instalado, falta de perspectiva e de geração de mão-de-obra especializada.

A concretização do plano de instalação de uma fábrica de chips no Brasil, seguida por políticas adequadas de incentivo à indústria de alta tecnologia, pode ser o início de uma nova fase de transformação e direcionamento da atividade da indústria brasileira, deixando de ser totalmente tradicional (ou seja, de produtos de baixo conhecimento agregado) para tornar-se também uma indústria de semicondutores e de tecnologia da informação.

3.3 *Fabricar Versus Projetar Chips*

Tradicionalmente, as empresas de semicondutores controlavam todo o processo de produção, desde o projeto até a manufatura. Atualmente, os fabricantes de chips têm delegado cada vez mais a sua produção a outras indústrias.

Basicamente, a indústria de semicondutores é dividida em quatro grandes partes, mostradas a seguir.

Memória: chips de memória servem como armazenadores temporários de dados e para passar informações entre computadores. As principais empresas na fabricação desse componente são Toshiba, Samsung e NEC; **microprocessadores:** são as unidades centrais que contêm a lógica básica para realização das tarefas. A Intel e a Advanced Micro Devices (AMD) dominam o segmento de microprocessador; **circuitos integrados:** chamados normalmente de “chip padrão”, são necessários para realizar diversas rotinas de processamento. Este setor é dominado por grandes empresas asiáticas de manufatura de circuitos integrados. Principais empresas: Taiwan Semiconductor Manufacturing Corporation e United Microelectronics Corporation; **sistemas complexos que usam chip:** SOC (ou *system on a chip*) são sistemas completos e complexos

criados com circuitos integrados para realizar tarefas específicas. Principais empresas: Motorola, Philips e STMicroelectronics.

Embora existam muitas empresas na indústria de semicondutores as cinco principais empresas são: a **Intel**, que detém aproximadamente 45% do mercado de microprocessadores para PC; a **Applied Materials**, maior fabricante mundial de equipamentos complexos usados na produção de semicondutores; a **STMicroelectronics**, um dos maiores fabricantes de chips; a **Texas Instruments**, um dos maiores fabricantes de chips e processadores digitais de sinal; a **Taiwan Semiconductor Manufacturing Company**, maior fabricante mundial de chips, é a pioneira da modalidade segundo a qual os chips são fabricados a pedido de companhias que não possuem suas próprias fábricas.

A estrutura da cadeia produtiva da indústria de semicondutores é basicamente constituída de três etapas: projeto, fabricação e encapsulamento/teste. As empresas que realizam os projetos dos circuitos integrados são denominadas *design houses*. A fabricação é realizada pelas *foundries*, ou seja fundições de chips. A fase final compreende as tarefas de encapsulamento e teste, operações chamadas de *back-end*. Os investimentos envolvidos nas etapas de *design houses* e *foundries* são mostrados na Tabela 3.

Tabela 3 – Valores de investimentos necessários para criação de *design houses* e de *foundries* para semicondutores. Fonte: Contribuições para a formulação de um plano estruturado de ações – Programa Nacional de Microeletrônica

Segmento	Tipos de Empreendimentos	Características / Mercado	Investimentos
Design Houses	Vinculada / Verticalizada	Vinculadas a uma única empresa de semicondutores (com ou sem fabricação própria)	Relativamente pequeno (de US\$ 1 a 5 milhões), concentrado em software, treinamento e estações de trabalho.
	Integradoras independentes	Licencia ou contrata IP (<i>intellectual property</i>) ou serviços de <i>design houses</i> independentes	
	Prestadoras Independentes	Fornecedoras de módulos de IP (<i>intellectual property</i>) e de <i>embedded software</i> segundo especificações d <i>design houses</i> vinculadas ou integrados	
Foundries	Nível 1	Prototipagem de pequenas séries Produção em baixa escala	De US\$ 10 a 100 milhões
	Nível 2	Fornece para segmentos especializados do mercado. Por exemplo, componentes automotivos	Cerca de US\$ 400 milhões
	Nível 3	Grandes fábricas que produzem microprocessadores e memórias principalmente	De US\$ 1 a 2 bilhões

A indústria de semicondutores é altamente inovadora. As empresas competem basicamente em três estágios distintos, mostrados na Figura 6, onde cada estágio representa uma decisão de investimento em manufatura: estabelecer uma produção que envolverá custos declinantes de forma irreversível; quanto deverá produzir; e qual preço será fixado no mercado competitivo.

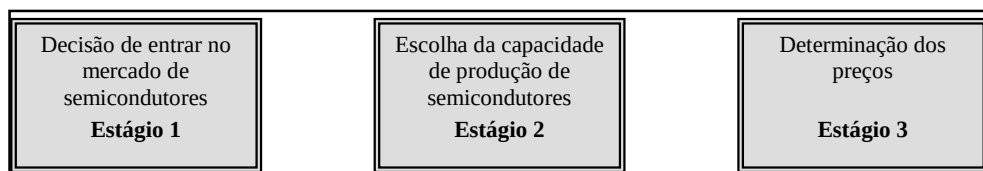


Figura 6 – Estágios de investimento em manufatura para produção de semicondutores

O estágio 1 é caracterizado pela decisão de entrada. Os entrantes potenciais escolhem se permanecem fora da competição desse novo mercado ou se realizam os investimentos necessários para começar a competir. Em função da escolha do mercado em que pretendem competir, no estágio 2, os fabricantes decidem os seus níveis de produção, normalmente; as quantidades produzidas são definidas inicialmente pela observação dos concorrentes que existem no mercado. No estágio 3, a empresa determinará o preço dos componentes, o que depende da quantidade demandada pelo mercado.

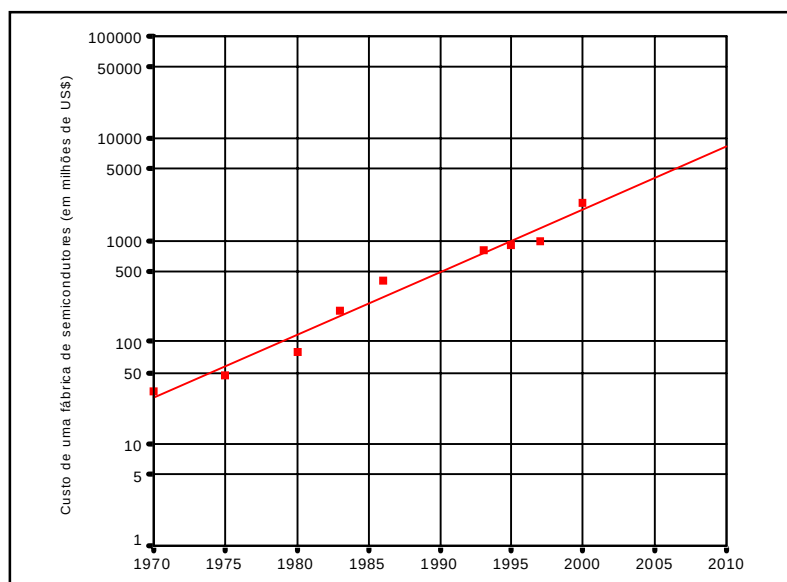


Figura 7 – Tendência de crescimento do custo de instalação de uma fábrica de chips Fonte: Semiconductor Manufacturing in the 21st century

Para permitir a continuidade dos lucros, a indústria de semicondutores precisa focar no aumento da produtividade de suas fábricas, da mesma forma que ocorre nos avanços tecnológicos dos semicondutores. Novas fábricas são extre-

mamente caras, ver Figura 7, e necessitam de grande quantidade de equipamentos caros e sofisticados. A eficiência dos equipamentos empregados é inversamente proporcional à sua complexidade [Sing99].

Os custos envolvidos na instalação e para manter funcionando uma fábrica de chips são extremamente elevados e têm exercido forte pressão sobre os lucros das indústrias manufatureiras desse setor. As transições que ocorrem para a introdução de novas gerações de tecnologias têm sido proibitivas para que um único fabricante as realize sozinho. Dessa forma, têm sido necessárias associações e acordos de cooperação, a exemplo do que ocorreu entre as empresas japonesas Toshiba, NEC e Fujitsu para desenvolver e construir uma nova geração de chips de 90 nm. Isso ressalta que quanto mais tempo um país ficar longe desse setor mais complicado será assumir a posição de entrante na indústria de semicondutores.

4. AVANÇOS TECNOLÓGICOS E DESAFIOS DA INDÚSTRIA DE CI'S NO BRASIL

Os avanços tecnológicos na área de eletrônica não cessam e levam à permanente criação de novas tendências e conceitos, posteriormente transformados em produtos. Exemplo disso são os microssistemas eletromecânicos (*micro electrical mechanical systems* – MEMS). Esses aparelhos integram estruturas mecânicas microscópicas e circuitos integrados. A indústria automobilística utiliza essa tecnologia para construção de microacelerômetros de sistemas de *airbags* e em sensores de pressão. A indústria biomédica também utiliza sensores de pressão sanguínea com tecnologia MEMS. Exemplos de empresas que pesquisam os usos da tecnologia MEMS são a Texas Instruments, Hughes Aircraft Co. e Rockwell International.

A diversificação da indústria de semicondutores é a principal porta de entrada a ser explorada [Arna03]. Como o avanço tecnológico no setor de semicondutores é muito rápido, algumas empresas procuram investir em produtos mais lucrativos, não se interessando por componentes que julgam obsoletos. No entanto, essa falta de interesse das grandes empresas em produzir determinados componentes (por exemplo, do setor automotivo e de aparelhos domésticos) pode ser explorada como uma oportunidade para entrantes desse setor.

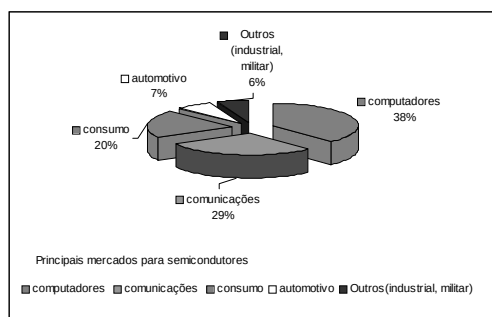


Figura 8 – Divisão do mercado de aplicações para semicondutores. Fonte: In-Stat/MDR

A Figura 8 apresenta a divisão do mercado de semicondutores e suas aplicações. Nos países mais desenvolvidos e competitivos, por exemplo, os Estados Unidos, a exploração de novas tecnologias acontece tanto com o financiamento de órgãos governamentais como empresas da iniciativa privada e existe um monitoramento permanente de quanto está sendo gasto em parcerias de empresas, governo e universidades. Sendo que, também, são avaliadas as necessidades de gastos adicionais em educação para a formação de matemáticos, químicos, físicos, cientistas de materiais e engenheiros que estão diretamente relacionados à indústria de chips.

4.1 Desafios Imediatos da Indústria de Semicondutores do Brasil

São muitos os obstáculos que o Brasil precisa enfrentar para entrar na competição internacional da indústria de semicondutores. Como visto na seção 3.2, países em desenvolvimento como a China têm tido forte suporte do governo para alcançar o objetivo de estabelecer uma indústria eletrônica competitiva e é basicamente isso que se espera e que tem sido sugerido no caso brasileiro.

O setor industrial brasileiro de semicondutores pode ser caracterizado da seguinte forma:

- baixa produtividade – existem poucas empresas que produzem semicondutores. Quatro empresas atuam nesse setor: Itaucom, Aegis, Semikron e Heliodinâmica [Arau02];
- forte competição mundial – o Brasil tem larga desvantagem com relação a concorrentes asiáticos, estadunidenses, japoneses e europeus, que detêm melhores tecnologias e recursos financeiros;
- infra-estrutura pobre – faltam, em escala industrial, equipamentos para manufatura, montagem e testes de circuitos integrados;
- pesquisa e desenvolvimento insuficientes – praticamente toda a tecnologia avançada em microeletrônica é adquirida de outros países. Concentram-se nas universidades e centros de pesquisas a maior parte dos recursos humanos capacitados para desenvolver tecnologia nessa área;
- formação de recursos humanos – é necessário aumentar o número de engenheiros e profissionais formados na área de TI, aumentar a capacitação tecnológica dos laboratórios das universidades e centros de pesquisas e fortalecer a cooperação entre pesquisas acadêmicas e as atividades industriais;
- lei de informática – do ponto de vista de uma política mais ambiciosa de desenvolvimento do complexo eletrônico no Brasil, a Lei da Informática tem sido insuficiente para a formação de capacitação no setor [Garc02].

No Brasil, o Programa Nacional de Microeletrônica (PNM) lançado em 2001 pelo Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) é considerado um programa prioritário pelo MCT. O objetivo do PNM é estabelecer um conjunto de ações estratégicas para o desenvolvimento da microeletrônica no país.

Algumas das oportunidades para inserção do Brasil como produtor de CI's situam-se principalmente na área de telecomunicações, devido à 3ª geração de telefonia móvel e aos serviços de banda larga; no setor automotivo, no qual se destaca a crescente utilização de eletrônica embarcada (por exemplo, em módulos de *airbag*, transmissão, freios ABS, etc.); e na definição do padrão tecnológico de TV digital que será adotado no Brasil, que representa uma outra oportunidade para atração de empresas do setor de microeletrônica [Cout02] [Neto02].

A TV digital diferencia-se pelo fato de transmitir sinais digitais, ao invés de sinais analógicos. Mais do que isso, muitos pesquisadores acreditam que ela seja um instrumento capaz de favorecer a inclusão social e digital da maioria da população brasileira. Isso pode acontecer porque a TV digital tem uma capacidade de processamento de dados muito alta (cerca de mil vezes mais rápida que o modem de computador que utilizamos atualmente) e além de sinais de vídeo ela pode transmitir o sinal de Internet. A possibilidade de universalização da Internet no Brasil pode tornar-se uma realidade com a TV digital, uma vez que 98% dos brasileiros têm acesso à televisão.

Essa transição de produtos analógicos para digitais constitui-se numa oportunidade para a indústria brasileira de semicondutores porque afeta diretamente a cadeia produtiva de equipamentos eletrônicos instalada no país, novos aparelhos terão que ser fabricados, novos sistemas e componentes que utilizam circuitos integrados deverão ser desenvolvidos.

5. CONCLUSÃO

Quando é discutida a melhoria das condições econômicas e sociais de um país, freqüentemente falamos em termos de desenvolvimento econômico e desenvolvimento sustentável. Por trás destes termos familiares existe uma certa quantidade de fatores complexos, que, juntos, determinam o potencial de desenvolvimento de um país e a metodologia apropriada para alcançar os objetivos de seu desenvolvimento. Neste artigo, defendemos a importância do projeto, fabricação e exportação de produtos de alta tecnologia como elemento decisivo para o crescimento econômico. Como o Brasil ainda não se encontra em condições de competir internacionalmente no setor de semicondutores, ressaltamos a importância da instalação de uma fábrica de circuitos integrados no país como sendo uma forma de acelerar seu fortalecimento na área de tecnologia eletrônica. Esse tipo de indústria tem contribuído com a criação de centenas de milhares de empregos de alta qualidade e criado inúmeras oportunidades de negócios para novas aplicações de produtos eletrônicos.

A curto prazo, a instalação de uma fábrica de circuitos integrados poderá melhorar a situação da balança comercial do setor de eletroeletrônicos, forne-

cendo para o mercado local e exportando principalmente para os países da América Latina. Atraindo e estimulando novos investimentos nacionais e internacionais será possível, a médio prazo, propiciar a criação de empresas nacionais capacitadas a atuar em qualquer etapa da cadeia produtiva de semicondutores (projeto, fabricação e encapsulamento). O governo tem a principal tarefa de aprimorar a política industrial e tecnológica, sendo que iniciativas como o Programa Nacional de Microeletrônica devem ser multiplicadas para viabilizar os projetos de longo prazo.

Assessment of the Strategic and Economic Importance of the Installation of a Computer Chip Plant in Brazil

KEYWORDS

Chips Factory – Semiconductor – Software exports – Competitiveness

ABSTRACT

This paper analyses and evaluates strategic and economic importance of semiconductor factory installation in Brazil, as well the impact in electronic components exports. Also, the software industry and its wide application to the semiconductor development are mentioned. In this paper, we have provided an overview of the main issues related to semiconductor factory installation in Brazil: government requirements, infra structure, as well developing countries (India, China, Costa Rica, etc) with intense technological activities.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [Arau02] ARAÚJO, A. A., TIGRE, P. B., BAMPI, S., Alves, S. F., ALMEIDA, M. W. *Contribuições para a Formulação de um Plano Estruturado de Ações*, Ministério da Ciência e Tecnologia, dezembro, 2002.
- [Arna03] ARNALL, A. H. *Nanotechnology, Artificial Intelligence and Robotics; A technical, political and institutional map of emerging technologies*. University of London, 2003.
- [Bhag78] BHAGWATI, J. *Foreign Trade Regimes and Economic Development: Anatomy and Consequences of Exchange Control Regimes*. Lexington, MA: Ballinger, 1978.
- [Cassi02] CASSIOLATO, J. E., BERNARDES, R. e LASTRES, H. *Innovation systems in the south: a case study of Embraer in Brazil*, UNCTAD-DITE, 2002.
- [Cout02] COUTINHO, L. *Uma política articulada para o complexo eletrônico*, XIV Fórum Nacional, Rio de Janeiro, 2002.
- [Edwa98] EDWARDS, S. *Openness, productivity and growth: What do we really know?*, Economic Journal, 108, v.2, p.383-398, 1998.

- [Filh96] FILHO, J. A. *Desenvolvimento regional endógeno em um ambiente federalista*, Planejamento e Políticas Públicas, nº 14, dezembro, 1996.
- [Garc02] GARCIA, R., ROSELINO, J., *Avaliação crítica dos resultados da Lei de Informática e seus reflexos sobre o complexo eletrônico*, VII Encontro Nacional de Economia Política, Curitiba, 2002.
- [Jones02] JONES, Charles I. *Introduction to Economic Growth. Capítulo 8: "Alternative Theories of Endogeneous. Growth"* W.W.Norton, 2ª edição, p.156-168, 2002.
- [Kuma02] KUMAR, K. R. *The Rise of the Indian IT Software Industry*, University of Southern California, 2002.
- [Krue78] KRUEGER, A. O. *Foreign Trade Regimes and Economic Development: Liberalization Attempts and Consequences*. Lexington, MA: Ballinger, 1978.
- [Medi01] MEDINA-SMITH, E. J. *Is the Export-led Growth Hypothesis Valid for Developing Countries? A Case Study of Costa Rica*. United Nations Conference on Trade and Development, United Nations. New York and Geneva, 2001.
- [Neto02] NETO, J. A. *Análise das condições de desenvolvimento da indústria brasileira de semicondutores*. Núcleo de pesquisa: redes de cooperação e gestão do conhecimento, 2002.
- [Port85] PORTER, M. E., Millar, V. *How information gives you competitive advantage*. Harvard Business Review, p.149 -160, 1985.
- [Port89] PORTER, M. E. *Vantagem Competitiva: Criando e Sustentando um Desempenho Superior*. Rio de Janeiro: Ed. Campus, 1989.
- [Sics02] SICSÚ, B. B. *Desenvolvimento da Indústria de componentes para o complexo eletrônico*. XIV Fórum Nacional, Rio de Janeiro, 2002.
- [Soft02] SOFTEX. *A indústria de software no Brasil 2002, fortalecendo a economia do conhecimento*, Projeto MIT/Softex W-class, 2002.
- [Swar02] SWART, J. W. *Evolução de Microeletrônica a Micro-Sistemas*, CCS e FEEC – UNICAMP, 2002.
- [Unit03] UNITED Nations. *Information and Communication Technology Development Indices*. United Nations, New York and Geneva, 2003.
- [Worl93] WORLD Bank *The East Asian Miracle: Economic Growth and Public Policy*, Oxford: Oxford University Press, 1993.

SOBRE O AUTOR

MAURI APARECIDO DE OLIVEIRA

Graduado em Engenharia Mecânica (ênfase em mecatrônica) pela Escola de Engenharia de São Carlos EESC/USP

Mestrando pela Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da USP – FEA-USP

Áreas de interesse: Tecnologia da informação, redes neurais, econometria, métodos quantitativos, informática