



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DA SOCIEDADE
CURSO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS**

MATHEUS SILVA DE DEUS

**ANÁLISE DO IMPACTO ECONÔMICO A PARTIR DE INVESTIMENTOS
ESTATAIS VOLTADOS PARA A PRODUÇÃO EM LARGA ESCALA DE
SEMICONDUCTORES NO BRASIL**

**SANTARÉM - PA
2023**

MATHEUS SILVA DE DEUS

**ANÁLISE DO IMPACTO ECONÔMICO A PARTIR DE INVESTIMENTOS
ESTATAIS VOLTADOS PARA A PRODUÇÃO EM LARGA ESCALA DE
SEMICONDUCTORES NO BRASIL**

Monografia apresentada como requisito para obtenção do grau de Bacharel em Ciências Econômicas, pela Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA, no Instituto de Ciências da Sociedade. Orientador: Prof. Dr. Jarsen Luís Castro Guimarães

**SANTARÉM – PA
2023**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/UFOPA

- D486a Deus, Matheus Silva de
Análise do impacto econômico a partir de investimentos estatais voltados para a produção em larga escala de semicondutores no Brasil./ Matheus Silva de Deus .- Santarém, 2023.
67 p. : il.
Inclui bibliografias.
- Orientador: Jarsen Luís Castro Guimarães.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal do Oeste do Pará, Instituto de Ciências da Sociedade, Bacharel em Ciências Econômicas.
1. Impacto econômico. 2. Indústria de semicondutores. 3. Investimento. 4. Matriz de insumo-produto. I. Guimarães, Jarsen Luís Castro. II. Título.

CDD: 23 ed. 330.981



ATA DE DEFESA PÚBLICA DE MONOGRAFIA DO CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIAS ECONÔMICAS

No terceiro dia do mês de julho de dois mil e vinte e três, às dezenove horas, na Sala 105/NSA/Unidade Tapajós/Ufopa, realizou-se a Defesa Pública da Monografia do acadêmico **MATHEUS SILVA DE DEUS** (matrícula: 201600606), intitulada: “*Análise do Impacto Econômico a partir de Investimentos Estaduais Voltados para a Produção em Larga Escala de Semicondutores no Brasil*”, sob orientação do Prof. Dr. Jarsen Luís Castro Guimarães que compôs a banca examinadora com o Prof. Dr. Abner Vilhena de Carvalho e o Prof. Dr. Sandro Augusto Viégas Leão. O presidente fez a abertura do trabalho com a apresentação dos componentes da banca, do discente e atribuiu o tempo de vinte e cinco a trinta minutos para a apresentação do trabalho. Após a apresentação, seguiu-se a arguição e, em seguida as respostas. Posteriormente, os membros da banca fizeram suas considerações e sugestões finais passando a palavra para o discente que efetuou seus agradecimentos. A banca reuniu-se e apresentou o parecer final, com a nota DEZ. Nada mais havendo a tratar, eu Prof. Dr. Jarsen Luís Castro Guimarães lavrei a presente ata que, após ser lida, será assinada pelos membros da banca e pela discente.

Prof. Dr. Jarsen Luís Castro Guimarães – Orientador

Prof. Dr. Abner Vilhena de Carvalho – Membro da banca

Prof. Dr. Sandro Augusto Viégas Leão – Membro da banca

Matheus Silva de Deus – Discente

Handwritten signatures of Prof. Dr. Jarsen Luís Castro Guimarães, Prof. Dr. Abner Vilhena de Carvalho, Prof. Dr. Sandro Augusto Viégas Leão, and Matheus Silva de Deus on a signature line.

Este trabalho é dedicado à minha mãe, cujo amor e apoio incondicionais sempre me motivaram a alcançar meus objetivos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos aqueles que contribuíram para a realização deste trabalho de conclusão de curso, pois sem o apoio e suporte de cada um de vocês, não teria sido possível. Gostaria de expressar minha mais profunda gratidão à minha mãe, Edineia Maria, que, em meio a tantas dificuldades para criar três filhos sozinha, me incentivou todos os dias a estudar e buscar ser alguém melhor sempre para conseguir um bom futuro, mesmo nos momentos mais difíceis em que passamos juntos, quando não havia sequer o que comer em casa, mas, sim, havia um amor enorme no peito de uma mãe que dedicou a sua vida para dar aos seus filhos todas as oportunidades que ela mesma não teve. E, além de tudo isso, ela é, ainda, uma mulher forte e feliz que encanta a todos com tamanha simpatia, sendo, para mim, uma fonte inesgotável de amor, carinho e inspiração. Sua dedicação e paciência foram fundamentais para que eu pudesse superar os desafios encontrados ao longo do caminho.

Além disso, gostaria de agradecer ao meu orientador, o Prof. Dr. Jarsen Guimarães, cuja orientação e expertise foram inestimáveis para a realização deste trabalho. Sua orientação crítica e valiosas sugestões contribuíram significativamente para o desenvolvimento do meu pensamento acadêmico.

Agradeço aos professores que tive ao longo do curso, por compartilharem seu conhecimento e experiência, e por me desafiarem a expandir meus horizontes intelectuais. Suas aulas e feedbacks foram fundamentais para o meu crescimento acadêmico. Agradeço, em especial, aos professores que foram os mais importantes para mim em cada etapa dessa jornada, estes sendo: Dra. Andréa Leão, Dr. Sandro Leão, Dr. Abner Vilhena, M.Sc Ênio Ramalho, Wandicleia Sousa e Auristela Castro.

Igualmente, agradeço aos meus amigos e colegas de curso, especialmente à Andréa Carneiro e Regina Gomes, que estiveram ao meu lado, compartilhando ideias, discutindo temas relevantes e me proporcionando momentos de descontração e apoio mútuo.

Por fim, expresso minha gratidão a todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para este trabalho, mesmo que não mencionadas especificamente. Agradeço a cada um de vocês pelo incentivo, pela inspiração e pelo encorajamento que me ofereceram ao longo dessa jornada.

Obrigado a todos!

RESUMO

A indústria de semicondutores é responsável pela fabricação dos componentes fundamentais para a tecnologia moderna. Esses componentes são essenciais para o funcionamento de dispositivos eletrônicos, como computadores, smartphones, automóveis, placas solares e sistemas de comunicação. Além disso, esse segmento da indústria impulsiona a inovação tecnológica, o crescimento econômico e promove a competitividade global. Logo, dado a importância deste setor para a economia mundial e buscando justificar a necessidade de investimentos internos para o fomento do ecossistema da indústria de semicondutores no Brasil, que esse estudo parte com os seguintes objetivos: a) apresentar de forma clara e precisa o conceito de semicondutores e destacar sua importância fundamental para a economia; b) identificar e analisar o panorama atual da indústria de semicondutores em escala global e nacional; e c) avaliar o impacto econômico resultante de investimentos estatais em larga escala no ecossistema da indústria de semicondutores no Brasil. Deste modo, procurou-se responder quais seriam os possíveis impactos econômicos decorrentes de investimentos estatais direcionados para a produção em larga escala de semicondutores no Brasil? Para tanto, buscou-se utilizar uma abordagem metodológica, descritiva e quantitativa. Utilizando, como principal ferramenta, a matriz de insumo-produto de Leontief, um método matemático capaz de possibilitar uma análise intersetorial de impactos diretos e indiretos na economia. Os resultados revelaram um aumento considerável no Valor Bruto de Produção (VBP) e na absorção de produção nos setores de Construção e Indústria de Transformação, evidenciando a importância estratégica desses setores e o efeito multiplicador dos investimentos na indústria de semicondutores. Diante disso, tornou-se crucial reconhecer o papel do Estado na criação e manutenção de um ecossistema favorável à indústria de semicondutores. Políticas públicas, incentivos à pesquisa e desenvolvimento, parcerias estratégicas, investimentos em infraestrutura tecnológica e capacitação de mão de obra especializada são fundamentais para fomentar e sustentar o ecossistema da indústria de semicondutores no Brasil.

Palavras chaves: Impacto econômico. Indústria de semicondutores. Investimento. Matriz de insumo-produto.

ABSTRACT

The semiconductor industry is responsible for manufacturing the fundamental components for modern technology. These components are essential for the operation of electronic devices such as computers, smartphones, automobiles, solar panels, and communication systems. Additionally, this industry segment drives technological innovation, economic growth, and promotes global competitiveness. Therefore, given the importance of this sector to the global economy and aiming to justify the need for domestic investments to foster the semiconductor industry ecosystem in Brazil, this study has the following objectives: a) to provide a clear and precise explanation of the concept of semiconductors and emphasize their fundamental importance to the economy; b) to identify and analyze the current global and national landscape of the semiconductor industry; and c) to evaluate the economic impact resulting from large-scale state investments in the semiconductor industry ecosystem in Brazil. Thus, the study sought to answer the possible economic impacts resulting from state investments directed towards large-scale semiconductor production in Brazil. To do so, a methodological, descriptive, and quantitative approach was employed. The Leontief input-output matrix was used as the main tool, which is a mathematical method capable of enabling an intersectoral analysis of direct and indirect impacts on the economy. The results revealed a considerable increase in Gross Value of Production (GVP) and production absorption in the Construction and Manufacturing sectors, highlighting the strategic importance of these sectors and the multiplier effect of investments in the semiconductor industry. In light of these findings, it has become crucial to recognize the role of the State in creating and maintaining a favorable ecosystem for the semiconductor industry. Public policies, research and development incentives, strategic partnerships, investments in technological infrastructure, and specialized workforce training are essential to foster and sustain the semiconductor industry ecosystem in Brazil.

Keywords: Economic impact. Input-output matrix. Investment. Semiconductor industry.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Estrutura da Manufatura de Dispositivos Integrados.....	17
Gráfico 1 – Faturamento Mundial da Produção de Semicondutores.....	18
Figura 2 – Participação na Demanda Final por CIs.....	19
Gráfico 2 – Participação Global Total da Demanda de Semicondutores Por Uso Final.....	20
Gráfico 3 – Gráfico do Histórico do Tamanho de um Transistor em NM.....	23
Figura 3 – Empresas Associadas e Entidades Colaboradoras ABISEMI.....	30
Figura 4 – Evolução Produtiva CEITEC.....	41
Gráfico 4 – Composição da Demanda Final da Indústria de Transformação.....	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Companhias de Semicondutores com mais de US\$ 10 bilhões de Vendas em 2021.....	20
Tabela 2 – Top 10 Líderes Mundiais em Vendas de Semicondutores (Empresas Apenas de Fabricação Excluídas).....	22
Tabela 3 – Tabela de Transações.....	45
Tabela 4 – Matriz (Z) de Insumo-Produto Brasileira 2015 (valores correntes em R\$ 1.000.000,00).....	47
Tabela 5 – Cálculo do PIB (2015) utilizando a abordagem Keynesiana.....	48
Tabela 6 – Participação setorial no PIB.....	49
Tabela 7 – Percentual do PIB utilizado como Investimento.....	51
Tabela 8 – Matriz (A) dos Coeficientes Técnicos.....	53
Tabela 9 – Matriz (I) Identidade.....	54
Tabela 10 – Matriz I-A.....	54
Tabela 11 – Matriz (B) Inversa de Leontief $(I-A)^{-1}$ - Matriz de Efeitos Diretos e Indiretos...55	55
Tabela 12 – Modelo de Microsimulação da ΔX dado ΔY – (Cenário 1).....	56
Tabela 13 – Modelo de Microsimulação da ΔX dado ΔY – (Cenário 2).....	57

LISTA DE SIGLAS

ABISEMI	Associação Brasileira da Indústria de Semicondutores
AMD	Advanced Micro Devices
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
BNDESPar	BNDES Participações
CEITEC	Centro Nacional de Tecnologia Eletrônica Avançada
CI	Circuito Integrado
CNAE	Classificação Nacional das Atividades Econômicas
CNBC	Consumer News and Business Channel
COVID-19	Coronavirus Disease of 2019
CSEM	Centre Suisse d'Electronique et de Microtechnique
DH	Design House
DRAM	Dynamic Random Access Memory
ESS	Energy Storage Station
EUA	Estados Unidos da América
FAPEMIG	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais
GTES	Grupo de Trabalho de Energia Solar
HD	High-Density
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBM	International Business Machines
IC	Integrated Circuit
ICT	Institutos de Ciência e Tecnologia
IDM	Integrated Device Manufacturer
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IoT	Internet of Things
MCTI	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação
MIP	Matriz Insumo-produto

NXP	Next eXPerience
OPV	Organic Photovoltaics
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PADIS	Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Indústria de Semicondutores
PC	Personal Computer
PIB	Produto Interno Bruto
PITCE	Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior
PNM	Programa Nacional de Microeletrônica
PPB	Processo Produtivo Básico
RAM	Random Access Memory
RNTRC	Registro Nacional dos Transportadores Rodoviários de Cargas
SIA	Semiconductor Industry Assossiation
SINIAV	Sistema Nacional de Identificação Automática de Veículos
SIP	Silicon Intellectual Property
SiP	System in a Package
SMDH	Santa Maria Design House
SoC	System on a Chip
SSD	Solid-state Drive
TSMC	Taiwan Semiconductor Manufacturing Company
TSV	Through Sillicon Via
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UMC	United Microelectronics Corporation
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas
USP	Universidade de São Paulo
VBP	Valor Bruto de Produção
VLSI	Very Large Scale Integration
ZTE	Zhongxing Telecommunication Equipment

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
2	INDÚSTRIA E MERCADO GLOBAL DE SEMICONDUTORES	16
2.1	Semicondutores: produção e organização do mercado	16
2.2	Tecnologia e Economia: as mudanças mais impactantes em curso e o Estado como impulsionador da indústria	22
3	A INDÚSTRIA DE SEMICONDUTORES NO BRASIL	29
3.1	O ecossistema brasileiro de semicondutores	30
3.2	Cooperação Público-Privada para a Indústria de Semicondutores.....	36
4	O IMPACTO DO SETOR DE SEMICONDUTORES NA ECONOMIA BRASILEIRA	44
4.1	A Matriz Insumo-Produto de Leontief	44
4.2	A Matriz de Insumo-Produto Brasileira (MIP – 2015)	46
4.3	O Modelo de Microsimulação de Impacto Intersetorial.....	52
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	59
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	62

1 INTRODUÇÃO

Semicondutores são materiais que podem atuar tanto como condutores quanto como isolantes a depender de determinadas circunstâncias. Esses dois possíveis estados diferentes de um mesmo material, permite que o mesmo seja utilizado de diversas formas, seja, segundo GTES (2004), para gerar energia através do efeito Fotovoltaico nas placas solares ou, ainda, na visão de Khan e Williams (2021), ser utilizado em chips modernos de computadores, celulares, tablets, dentre outros dispositivos eletrônicos, onde cada elétron que passa (ou deixa de passar) de um circuito para outro, pode ser interpretado, na linguagem básica da computação binária, como um 0 ou 1 da lógica booleana (ALCÁCER, 2013).

A produção de semicondutores é um processo complexo e extremamente delicado, que envolve diversas etapas desde a extração da matéria-prima até a montagem final do dispositivo eletrônico. Segundo Bertoli (2000), a matéria-prima utilizada na fabricação de semicondutores é principalmente o silício, que é extraído da areia. E o primeiro passo da produção é a purificação do silício, que passa por diversos processos de refinamento e purificação, a fim de atingir o grau de pureza necessário para a fabricação de semicondutores.

Após a purificação, o silício é cortado em forma de discos chamados de pastilhas ou *wafers*. Esses *wafers* passam por uma série de tratamentos químicos e físicos para que as impurezas possam ser introduzidas de maneira controlada no material, processo conhecido como dopagem (BERTOLI, 2000). A dopagem é fundamental para a fabricação de dispositivos eletrônicos, pois permite a criação de regiões com diferentes propriedades elétricas dentro do mesmo material.

Conforme afirma Seabra (1994), depois da dopagem, a pastilha é submetida a uma série de processos de litografia, que envolvem a aplicação de máscaras fotográficas e a exposição a luzes ultravioleta para a criação de padrões no material. Esses padrões definem as áreas onde o material será removido ou depositado, de forma a criar as estruturas que compõem o dispositivo eletrônico. E, por fim, o *wafers* é cortado em chips individuais e é encapsulado, formando o dispositivo eletrônico final.

Os semicondutores, na visão de Araújo (2022), desempenham um papel fundamental na economia moderna, sendo a base da indústria de tecnologia e eletrônica. A fabricação de dispositivos eletrônicos, como computadores, celulares, tablets, TVs, equipamentos médicos, sistemas de transporte, entre outros, depende diretamente dos

semicondutores. Bem como para o desenvolvimento de novas tecnologias, como a inteligência artificial, a internet das coisas (*IoT*), a robótica, os veículos elétricos/autônomos, entre outras.

O setor de semicondutores é altamente competitivo e movimenta bilhões de dólares por ano em todo o mundo. Segundo a *Semiconductor Industry Association* (SIA) (2019) a previsão para 2020 seria desse mercador movimentar algo na casa dos 500 bilhões de dólares. Grandes empresas, como *Intel*, *Samsung*, *TSMC* e *Qualcomm*, dominam o mercado global de semicondutores, enquanto outros países, como China, Japão e Coreia do Sul, investem fortemente na produção e desenvolvimento de tecnologias nessa área.

No Brasil, apesar de não competir com o mercado internacional, iniciou os primeiros passos do setor de semicondutores ainda durante as décadas de 1960 e 1970 com os primeiros Laboratórios de Eletrônica e Microeletrônica da UNICAMP e USP. No entanto, foi somente a partir dos anos 2000 que este setor teve a devida atenção do Estado através de políticas governamentais como o Programa Nacional de Microeletrônica, além de estudos do BNDES, políticas industriais e estratégia da PITCE para a Indústria de Semicondutores, o programa CI-Brasil e dentre outros (FILIPPIN, 2016).

Diversos foram os embriões colocados no setor de semicondutores brasileiro ao longo dos anos, chegando a ter mais de 40 instituições envolvidas em todas as etapas da cadeia de produção (FILIPPIN, 2016). Todavia, em 2018 os investimentos voltados para esse setor foram, em sua maioria, vetados pelo governo federal e, até mesmo, a maior empresa (estatal) brasileira do segmento de semicondutores, criada em 2008, a CEITEC, entrou em processo de liquidação no início de 2021. Processo esse que foi suspenso nos primeiros dias de 2023 (SOUZA, 2023).

Segundo o que diz Fillipin (2016), a produção em larga escala de semicondutores pode gerar efeitos multiplicadores na economia, aumentando a competitividade das empresas locais, reduzindo a dependência de importações e gerando novas oportunidades de negócios em áreas relacionadas, como *software*, automação e tecnologias de informação e comunicação. Além disso, os semicondutores são insumos essenciais para setores estratégicos, como a defesa, aeroespacial e de energia, e podem contribuir para a melhoria da qualidade e eficiência dos serviços públicos, como saúde, educação e transporte.

Em uma matéria publicada em 2021 no portal de notícias *CNBC* é relatado que, no ano de 2020, a crise mundial de semicondutores teve um impacto significativo em diversos setores da economia global, incluindo o mercado de eletrônicos e automóveis, com aumentos de preços chegando na casa dos 40% (DANTAS, 2022). A demanda por dispositivos eletrônicos

aumentou significativamente devido ao *home office* e ensino remoto, enquanto a produção de semicondutores diminuiu, devido à interrupção das atividades das fábricas ocasionada pela pandemia, além de uma crise hídrica ¹enfrentada pela *Taiwan Semiconductor Manufacturing Company* (TSMC), responsável por mais da metade da produção global de semicondutores.

Esses fatores contribuíram para uma escassez de chips em todo o mundo, resultando em uma elevação nos preços dos produtos eletrônicos. O impacto na economia foi significativo, afetando desde a produção de smartphones até a indústria automotiva, que precisou reduzir a produção de veículos devido à falta de componentes eletrônicos.

É nesse interim do impacto da crise dos semicondutores e aumento dos preços de dispositivos eletrônicos, que se torna necessário compreender a importância desse material usado na fabricação de chips, analisar a atual estrutura e ecossistema próprio existente no Brasil e, ainda, avaliar a possibilidade de produção interna em larga escala de semicondutores por intermédio de investimentos e políticas do Estado. E, deste modo, para se alcançar o objetivo geral desse estudo, torna-se de fundamental importância compreender como o investimento na indústria de semicondutores poderá afetar a economia do país como um todo, tal como o Produto Interno Bruto (PIB) e a capacidade de absorção interna do mercado. E, por esse motivo, é necessário analisar quais os impactos diretos e indiretos deste setor na economia brasileira.

Destarte, o presente estudo tem, ainda, como objetivos específicos: a) apresentar de forma clara e precisa o conceito de semicondutores, ressaltando sua importância fundamental para a economia contemporânea. Por meio de uma abordagem teórica embasada, serão explorados os principais aspectos relacionados à estrutura e funcionamento dos semicondutores, destacando sua aplicação em diversas áreas da tecnologia; b) descrever o panorama geral da indústria de semicondutores em escala global e nacional, frisando a sua importância para a economia e, ainda, abordando os principais *players*, as tendências de mercado e os desafios enfrentados pelo setor; e, por fim, c) analisar os principais impactos econômicos resultantes de investimentos estatais em larga escala no ecossistema da indústria de semicondutores no Brasil.

Com relação à metodologia adotada, a abordagem escolhida foi uma pesquisa metodológica, descritiva e quantitativa. Essa escolha se justifica pelo fato de que a análise do impacto econômico a partir de investimentos estatais voltados para a produção em larga escala

¹ Estima-se que uma simples fábrica de semicondutores utilize de 7 a 34 milhões de litros de água em um único dia de produção. Grandes indústrias, como a Intel e TSMC, podem chegar a utilizar mais de 30 bilhões de litros de água no período de um ano.

de semicondutores no Brasil requer a utilização de uma metodologia rigorosa e baseada em dados concretos, uma vez que envolve a análise de um conjunto complexo de variáveis econômicas.

Para isso, será utilizado como principal ferramenta a matriz de insumo-produto de Leontief, que é um método matemático utilizado para a análise intersetorial da economia, com o objetivo de medir o impacto econômico que a produção de um setor ou indústria tem em toda a cadeia produtiva. A escolha desse método se justifica pelo fato de que ele permite uma análise detalhada e abrangente dos efeitos multiplicadores da produção específica de um setor dentro da economia e como o mesmo afeta os demais, considerando a interdependência de diferentes setores e indústrias.

No entanto, é importante destacar que a matriz de insumo-produto apresenta algumas limitações, como a impossibilidade de levar em consideração fatores externos ao sistema produtivo, como mudanças na legislação tributária ou variações no comportamento dos consumidores. Dessa forma, é fundamental que sejam realizadas análises complementares, como a revisão bibliográfica e a coleta de dados secundários, a fim de fornecer uma visão mais completa e precisa do cenário econômico almejado nesta pesquisa. Com isso, espera-se, apresentar argumentos sólidos que demonstrem a real importância do setor de semicondutores para a economia do Brasil e sua potencial contribuição para o desenvolvimento nacional.

Esta monografia será estruturada em cinco capítulos, contando com a introdução: capítulo 1, que serve para contextualizar e apresentar a questão problema; 2, a problematização do tema e a visão da indústria e do mercado a nível mundial; o capítulo 3 trará a revisão bibliográfica sobre o ecossistema da produção de semicondutores no Brasil; o 4, por sua vez, trará a metodologia utilizada para a análise do impacto econômico de investimentos estatais na indústria nacional de semicondutores, a partir da matriz de Leontief e; por fim, o capítulo 5 que apresentará os resultados obtidos e suas implicações para a economia brasileira. Serão abordados os principais pontos de impacto econômico que podem ser gerados pela implementação de políticas públicas para incentivar a indústria nacional de semicondutores, bem como as limitações e incertezas encontradas na pesquisa. As considerações finais trarão uma síntese dos resultados e reflexões sobre a importância do investimento estatal no setor de semicondutores para o desenvolvimento econômico do país.

2 INDÚSTRIA E MERCADO GLOBAL DE SEMICONDUTORES

A indústria de semicondutores é responsável pela fabricação de componentes eletrônicos que utilizam as propriedades dos materiais semicondutores, principalmente o silício. Esses componentes são produzidos através de processos químicos e físicos em escala micrométrica ou nanométrica. As principais categorias de componentes semicondutores incluem, segundo Fillipin (2016), componentes discretos, circuitos integrados analógicos e digitais, memórias, microcomponentes, sensores e atuadores e optoeletrônicos. Alguns exemplos desses componentes são diodos, transistores, amplificadores, *switches*, microprocessadores, células solares e sensores de imagem.

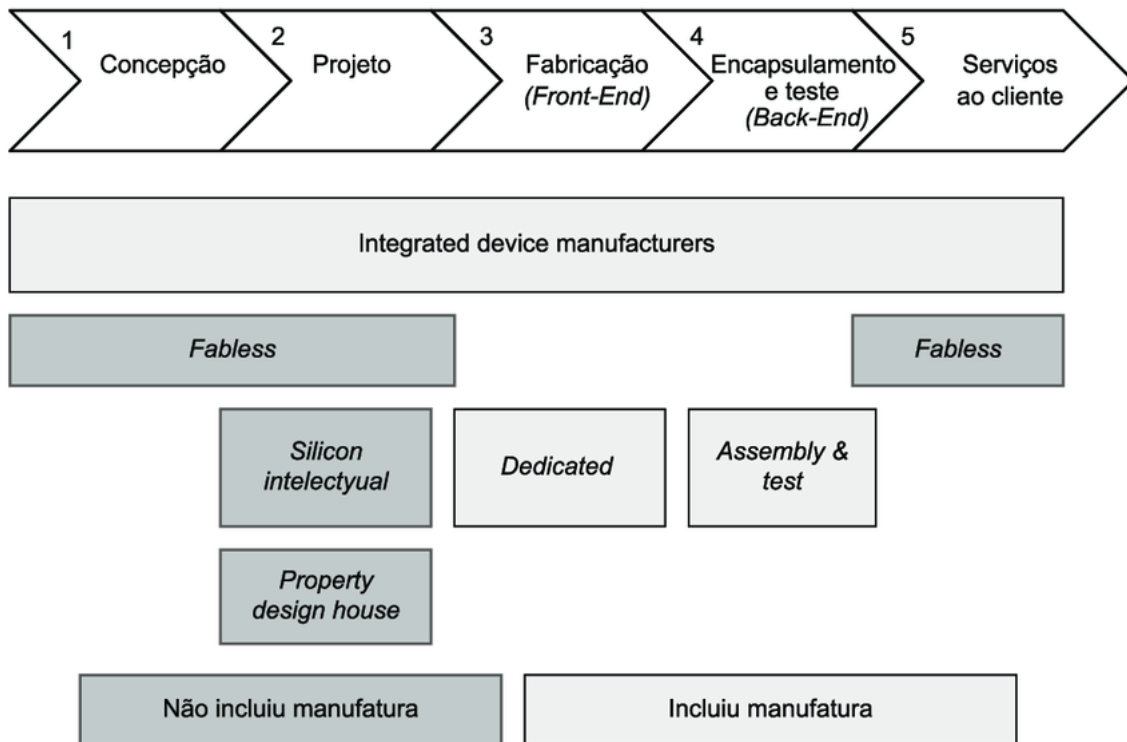
2.1 Semicondutores: produção e organização do mercado

Conforme afirma Fillipin (2016), os componentes discretos e optoeletrônicos estão classificados na posição 41 do capítulo 85 do Sistema Harmonizado, enquanto os circuitos integrados estão na posição 42 do mesmo capítulo. No entanto, a indústria de semicondutores é parte integrante do grupo 261 da Classificação Nacional das Atividades Econômicas (CNAE) 2.0, que inclui a fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos.

A produção de um circuito integrado, que é considerado o produto representativo do setor, é dividida em cinco etapas: (i) concepção do produto, (ii) projeto ou *design* do componente, (iii) fabricação do componente (*front-end*), (iv) teste, afinamento, corte e encapsulamento/montagem do componente (*back-end*) e (v) serviço ao cliente. Com base nessa fragmentação da produção, as empresas do setor adotam diferentes modelos de negócios, como fabricantes integrados (IDMs), que realizam a produção dos circuitos integrados; empresas sem fábrica ou *Fables*, que desenvolvem o *design* do chip e detém a marca do mesmo; empresas *fablite*, menores e mais modernas, capazes de fabricar alguns circuitos integrados e terceirizam outros; fabricantes dedicadas ou *Dedicated Foundries*, realizam apenas a etapa de fabricação (*front-end*) sob encomenda; encapsuladoras ou *packaging companies*, que realizam alguns processos da etapa de *back-end*; empresas de projeto independentes ou *design houses*, que são contratadas para realizarem apenas o *design* do componente; e empresas de propriedade intelectual em silício (*SIPs*), que desenvolvem a biblioteca de células para *design* dos componentes e vendem as licenças para as fabricantes (FILLIPIN, 2016).

Segundo Fillipin (2016), as principais empresas que adotam o modelo de fabricantes integrados (*IDMs*) no mundo são a *Intel Corporation*, *Samsung Electronics* e *Micron Technology*, enquanto a *Qualcomm*, *Broadcom* e *AMD* são as principais empresas *fabless*. A *Texas Instruments*, *NXP* e *Infineon Technologies* são as principais empresas *fablite*, a *Taiwan Semiconductor Manufacturing Company (TSMC)*, *Globalfoundries* e *UMC* são as principais fabricantes dedicadas (*front-end*) e a *Advanced Semiconductor Engineering*, *Amkor Technology* e *Siliconware Precision Industries* são as principais encapsuladoras. A seguir está a **Figura 1** que melhor representa a estrutura supracitada:

Figura 1 – Estrutura da Manufatura de Dispositivos Integrados



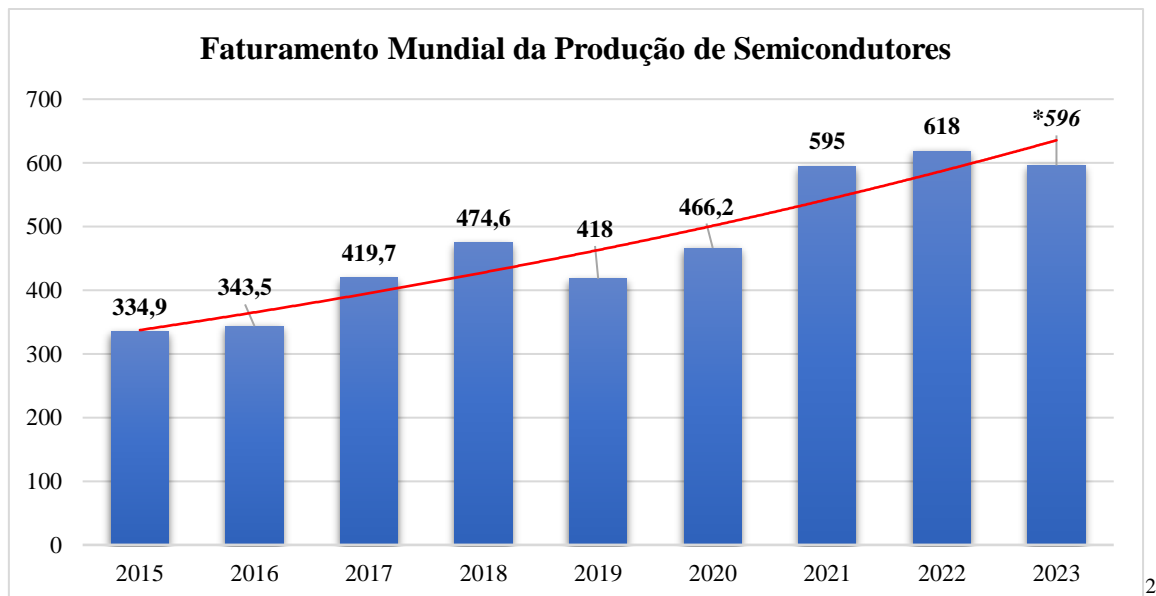
Fonte: Gutierrez e Leal (2004, p. 13)

Fillipin (2016) fala sobre a possibilidade de integrar empresas fornecedoras de matérias-primas, equipamentos e serviços, instituições de infraestrutura e empresas compradoras de componentes semicondutores à cadeia produtiva de um ecossistema produtivo e tecnológico. Segundo Bampi (2009), esse ecossistema é mais especializado e complexo do que a indústria de bens finais eletrônicos. Gutierrez e Mendes (2009) afirmam que a cooperação entre diferentes etapas e atores da cadeia de valor é relevante para explicar o sucesso do desenvolvimento de um ecossistema completo. Além disso, os autores destacam a importância da interação entre o projeto e a fabricação na construção de Circuitos Integrados (CIs). Bampi

(2009) também menciona a relação de simbiose e aprendizado constante entre empresas produtoras de componentes e empresas que projetam os bens finais.

O desempenho da indústria mundial de semicondutores e circuitos integrados nos últimos anos e suas projeções para o futuro são bastante relevantes. Segundo Phillipin (2016), em 2015, a indústria de semicondutores apresentou um faturamento 1,1% maior em relação ao ano anterior, atingindo um montante de US\$ 337,3 bilhões, porém, este crescimento foi abaixo do esperado e a previsão era que a barreira dos US\$ 350 bilhões fosse ultrapassada no primeiro semestre de 2017. O que acabou se consolidando bem acima do esperado, faturando US\$ 418 bilhões neste ano e chegando na casa dos US\$ 618 bilhões em 2022, conforme indica o Gráfico 1:

Gráfico 1 – Faturamento Mundial da Produção de Semicondutores



Fonte: Merritt (2019), adaptado pelo Autor







O histórico da taxa de crescimento anual da indústria de semicondutores, que, de acordo com Phillipin (2016), apesar de ter uma média histórica elevada de crescimento de aproximadamente 12,2% a.a. entre 1977 e 2015, tem um comportamento extremamente volátil, tendo sido, ainda, negativa oito vezes e ultrapassando a marca de crescimento de 35% a.a. seis vezes durante esse período. Para além, em 2019, o setor obteve novamente uma taxa de crescimento negativa e, conforme as previsões de Merritt (2019), espera-se, novamente, decréscimo em 2023, mas com grande otimismo para os próximos anos.

² Previsão de faturamento de US\$ 596 bi para 2023.

Em relação aos circuitos integrados, a previsão da *IC Insights* era de que o mercado atingiria US\$ 310,5 bilhões em 2015, porém, a taxa anual esperada de crescimento do setor nos próximos anos deve ficar abaixo da taxa média anual de crescimento dos últimos 30 anos, que foi de 9,0%. Como aponta Fillipin (2016), o mercado de circuitos integrados apresentou uma taxa média de crescimento anual elevada nos anos 1980 e 1990, devido à grande demanda por memórias DRAM propiciada pelo surgimento do computador pessoal e à intensa competição entre Intel e AMD no mercado de microprocessadores e ao lançamento de novos sistemas operacionais pela *Microsoft*, que aquecia a demanda por essas memórias. Nos anos 2000, entretanto, duas recessões prejudicaram o setor, que apresentou crescimento anual médio próximo a zero.

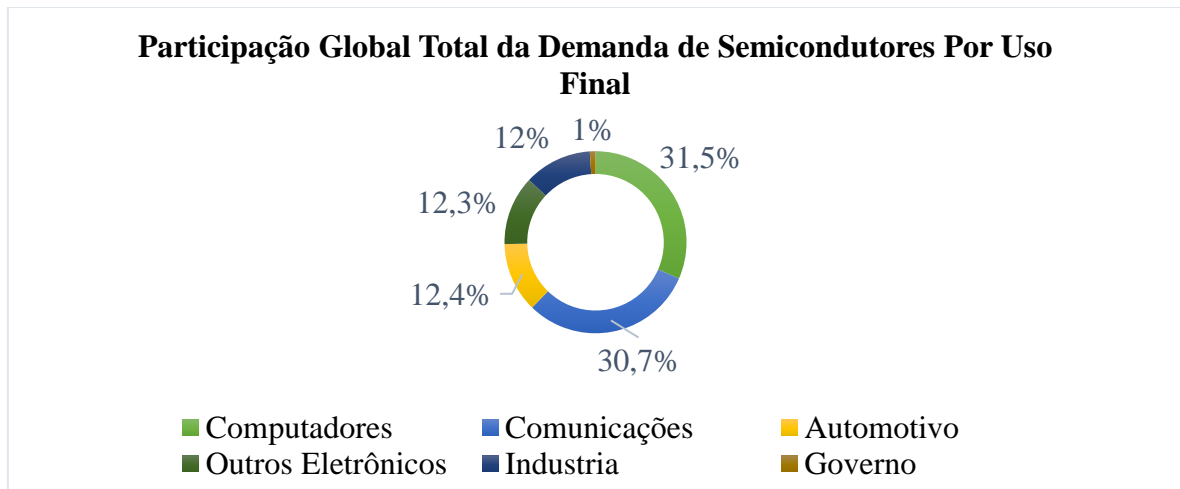
No que diz respeito aos mercados consumidores de circuitos integrados, de acordo com dados da *SIA* (2022), em 2021, o segmento de computadores, tradicional líder no consumo desses componentes, representou 31,5% da demanda para uso final (*end-use*) e um crescimento anual médio de 23,1%. O segmento de smartphones e outros dispositivos de comunicação representou 30,7% da demanda final, cerca de US\$ 170,6 bilhões das vendas. Além disso, outros setores também incentivaram o faturamento dessa indústria em 2021 como mostram a **Figura 2** e o **Gráfico 2** a seguir:

Figura 2 – Participação na Demanda Final por CIs

2021 DEMAND BY END-USE						
End-Use Category						
	Computer	Communication	Automotive	Consumer	Industrial	Government
Annual Growth	23.1	24.0	37.9	28.9	26.6	26.4
Total Value (\$B)	175.0	170.6	69.1	68.4	66.9	5.8

Fonte: *SIA* (2022)

Gráfico 2 – Participação Global Total da Demanda de Semicondutores Por Uso Final



Fonte: SIA (2022), adaptado pelo Autor

O mercado global de semicondutores é altamente competitivo e, segundo dados da *IC Insights* (2022), é dominado por 50 principais empresas que, em 2021, representaram 89% do mercado. As cinco maiores empresas do setor são: *Samsung*, *Intel*, *TSMC*, *SK Hynix*, e *Micron*. Conforme indica a tabela abaixo:

Tabela 1 – Companhias de Semicondutores com mais de US\$ 10 bilhões de Vendas em 2021

Semiconductor Companies with >\$10 Billion in Sales in 2021F										
2021F Rank	2020 Rank	Company	Headquarters	2020 Total IC	2020 Total O-S-D	2020 Total Semi	2021F Total IC	2021F Total O-S-D	2021F Total Semi	2021/2020 % Change
1	2	Samsung	South Korea	58,555	3,298	61,853	78,850	4,235	83,085	34%
2	1	Intel	U.S.	76,328	0	76,328	75,550	0	75,550	-1%
3	3	TSMC (1)	Taiwan	45,572	0	45,572	56,633	0	56,633	24%
4	4	SK Hynix	South Korea	26,094	981	27,075	35,628	1,639	37,267	38%
5	5	Micron	U.S.	22,542	0	22,542	30,087	0	30,087	33%
6	6	Qualcomm (2)	U.S.	19,357	0	19,357	29,136	0	29,136	51%
7	8	Nvidia (2)	U.S.	14,659	0	14,659	23,026	0	23,026	57%
8	7	Broadcom Inc. (2)	U.S.	15,941	1,803	17,744	18,864	2,099	20,963	18%
9	12	MediaTek (2)	Taiwan	10,985	0	10,985	17,551	0	17,551	60%
10	9	TI	U.S.	12,731	843	13,574	15,889	1,015	16,904	25%
11	15	AMD (2)	U.S.	9,763	0	9,763	16,108	0	16,108	65%
12	11	Infineon	Europe	7,542	3,683	11,225	9,113	4,503	13,616	21%
13	10	Apple* (2)	U.S.	11,440	0	11,440	13,430	0	13,430	17%
14	14	ST	Europe	6,804	3,374	10,178	8,400	4,174	12,574	24%
15	13	Kioxia	Japan	10,553	0	10,553	12,132	0	12,132	15%
16	17	NXP	Europe	7,582	809	8,391	9,711	1,004	10,715	28%
17	19	Analog Devices (3)	U.S.	7,722	405	8,127	9,575	504	10,079	24%
Top-25 Total				364,170	15,196	379,366	459,683	19,173	478,856	26%

(1) Foundry

(2) Fabless

(3) Includes acquired company's sales in 2020 and 2021 results.

Source: Company reports, IC Insights

*Custom devices for internal use.

Fonte: *IC Insights* (2022)

Como indica Udin (2022), o mercado tem apresentado uma série de fusões e aquisições que podem aumentar a participação das principais empresas ainda mais. Em 2017, a Samsung superou a Intel pela primeira vez em vendas no mercado de semicondutores, impulsionada pelo rápido crescimento de sua participação de mercado. O mercado de memória, em particular, teve uma queda acentuada em 2019, segundo dados da *IC Insights* (2022), afetando negativamente as vendas da Samsung, que são altamente dependentes desses dispositivos. Em 2021, dois novos participantes entraram no ranking das 10 maiores empresas *Fabless* do setor: a taiwanesa *MediaTek* e a americana *AMD*. Além disso, 5 das 10 maiores empresas são *fabless*, ou seja, não possuem instalações de fabricação próprias, um aumento significativo em relação a anos anteriores. A forte demanda por semicondutores em setores como smartphones 5G, tablets, PCs e eletrônicos automotivos impulsionou o crescimento das vendas de semicondutores (UDIN, 2022).

A predominância das empresas de semicondutores é global e, conforme afirma Udin (2022), com a maioria das maiores empresas localizadas na Ásia e América do Norte. No ranking geral de vendas (**Tabela 2**), excluindo as empresas que apenas fabricam (*pure-play Foundries*), a Samsung lidera, sediada na Coreia do Sul, com uma participação de mercado de 13%. Em segundo lugar está a Intel, com uma participação de mercado de 12,6%, seguida pela *SK Hynix* (7,6%), *Broadcom* (6,2%) e *Qualcomm* (5,5%). As empresas *fabless* têm aumentado em número, com cinco delas entre as 10 maiores empresas de semicondutores em 2021, incluindo a *Nvidia* e a *AMD*, líderes no segmento de placas de vídeo, mas que dependem de empresas de fabricação terceirizadas para produzir seus chips (UDIN, 2022).

Tabela 2 – Top 10 Líderes Mundiais em Vendas de Semicondutores (Empresas Apenas de Fabricação Excluídas)

Top 10 Worldwide Semiconductor Sales Leaders (Excluding Pure-Play Foundries)															
		1993		2000			2008			2019			2021		
Rank	Company	Sales (\$B)	Share	Company	Sales (\$B)	Share	Company	Sales (\$B)	Share	Company	Sales (\$B)	Share	Company	Sales (\$B)	Share
1	Intel	\$7.6	9.2%	Intel	\$29.7	13.6%	Intel	\$34.5	13.0%	Intel	\$70.8	15.9%	Samsung	\$82.0	13.3%
2	NEC	\$7.1	8.6%	Toshiba	\$11.0	5.0%	Samsung	\$20.3	7.6%	Samsung	\$55.7	12.5%	Intel	\$76.7	12.5%
3	Toshiba	\$6.3	7.6%	NEC	\$10.9	5.0%	TI	\$11.6	4.4%	SK Hynix	\$23.2	5.2%	SK Hynix	\$37.4	6.1%
4	Motorola	\$5.8	7.0%	Samsung	\$10.6	4.8%	Toshiba	\$10.4	3.9%	Micron	\$20.2	4.6%	Micron	\$30.0	4.9%
5	Hitachi	\$5.2	6.3%	TI	\$9.6	4.4%	ST	\$10.3	3.9%	Broadcom ¹	\$17.2	3.9%	Qualcomm ¹	\$29.3	4.8%
6	TI	\$4.0	4.8%	Motorola	\$7.9	3.6%	Renesas	\$7.0	2.6%	Qualcomm ¹	\$14.4	3.2%	Nvidia ¹	\$23.2	3.8%
7	Samsung	\$3.1	3.8%	ST	\$7.9	3.6%	Qualcomm ¹	\$6.5	2.4%	TI	\$13.7	3.1%	Broadcom ¹	\$21.0	3.4%
8	Mitsubishi	\$3.0	3.6%	Hitachi	\$7.4	3.4%	Sony	\$6.4	2.4%	Infineon	\$11.3	2.5%	MediaTek ¹	\$17.7	2.9%
9	Fujitsu	\$2.9	3.5%	Infineon	\$6.8	3.1%	Hynix	\$6.2	2.3%	Nvidia ¹	\$10.8	2.4%	TI	\$17.3	2.8%
10	Matsushita	\$2.3	2.8%	Philips	\$6.3	2.9%	Infineon	\$5.9	2.2%	ST	\$9.5	2.1%	AMD ¹	\$16.4	2.7%
Top 10 Total (\$B)		\$47.2	57.2%	—	\$108.1	49.4%	—	\$119.1	44.9%	—	\$246.9	55.5%	—	\$351.2	57.1%
Semi Market (\$B)		\$82.6	100%	—	\$219.0	100%	—	\$265.2	100%	—	\$444.5	100%	—	\$614.6	100%

(1) Fabless

Source: IC Insights

Fonte: IC Insights (2022)

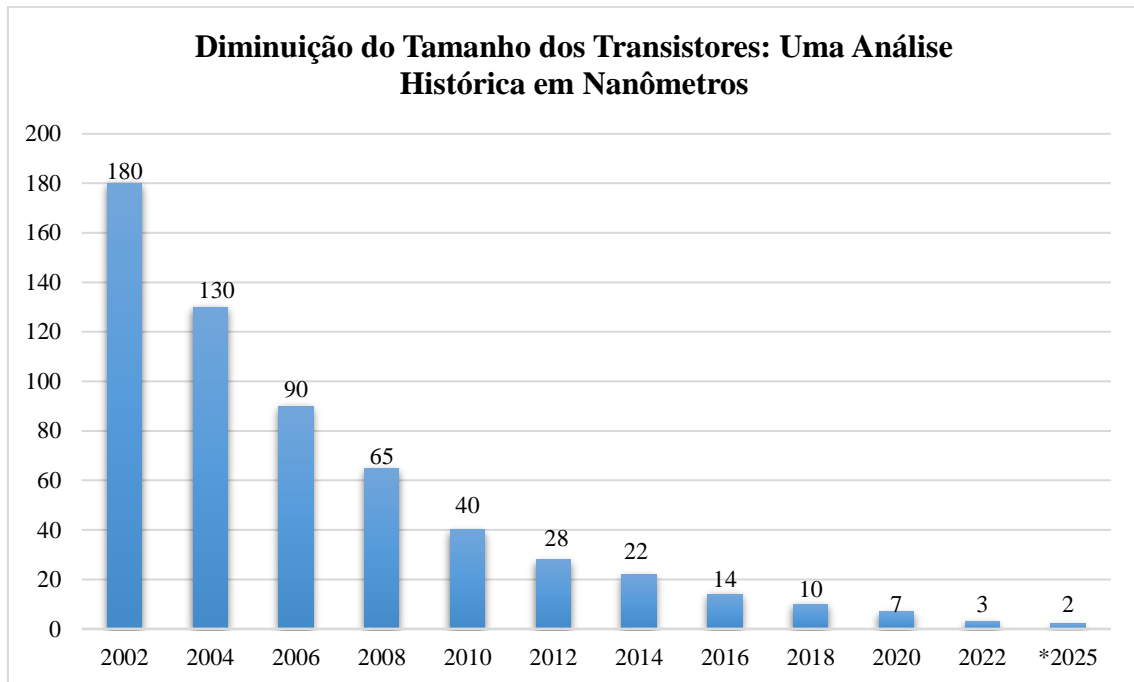
As empresas de semicondutores, na visão de Udin (2022) enfrentaram um aumento da demanda por seus produtos em meio a uma escassez global de chips e à forte demanda por dispositivos eletrônicos durante a pandemia da COVID-19. As sanções comerciais impostas pelos EUA à *Huawei* afetaram negativamente a receita da *HiSilicon*, a subsidiária de chips da *Huawei*. No geral, o mercado de semicondutores tem apresentado um forte crescimento devido à crescente demanda por smartphones 5G e dispositivos eletrônicos em geral. A *SK Hynix* e a Samsung têm se beneficiado com a crescente demanda por chips de memória, que é um dos principais componentes de smartphones e outros dispositivos eletrônicos.

2.2 Tecnologia e Economia: as mudanças mais impactantes em curso e o Estado como impulsionador da indústria

A Lei de Moore está chegando ao fim devido aos desafios técnicos e econômicos impostos pela contínua redução do tamanho dos transistores. Sobre esta lei, Fillipin afirma:

Em 1965, o co-fundador da *Intel* Gordon Moore previu que a densidade de transistores nos circuitos integrados iria dobrar aproximadamente a cada dois anos. Para que a densidade aumente, o tamanho do transistor deve diminuir (a uma taxa de aproximadamente $\frac{1}{\sqrt{2}}$ a cada dois anos), requerendo, assim, o desenvolvimento de novas tecnologias e processos de fabricação – que também são conhecidos como nodos tecnológicos (*fabrication nodes*, em inglês) ou geometrias. (FILLIPIN, 2016, p. 58-59).

Gráfico 3 – Gráfico do Histórico do Tamanho de um Transistor em NM



Fonte: SIA (2022), adaptado pelo Autor

Embora as dimensões críticas dos transistores não possam diminuir para sempre, novas técnicas, como a arquitetura tridimensional e novos materiais, estão, constantemente, sendo desenvolvidas para permitir que o processo de redução do tamanho continue. Além disso, segundo Fillipin (2016), a Lei de Moore sempre foi sobre reduzir o custo dos transistores, assim como aumentar o desempenho, e à medida que o tamanho do transistor diminuiu, com previsão de chegar a 2 nm de espessura para 2025, conforme é representado no **Gráfico 3**, há mais transistores por chip e por *wafers*, o que faz com que o custo por transistor diminua. No entanto, a taxa de rendimento menor nas geometrias seguintes interrompeu essa tendência. A Lei de Moore pode se concentrar agora em reduzir os custos dos processos de manufatura mais recentes, ao invés de continuar o processo de redução das dimensões críticas. A incessante diminuição das dimensões dos transistores e o conseqüente aumento da eficácia dos procedimentos fabris requerem despesas crescentes em atividades de pesquisa e desenvolvimento. Conforme os dados da *IC Insights* (2022), os mencionados gastos em P&D totalizaram o montante de US\$ 71,4 bilhões em 2021, correspondendo a aproximadamente 12% da receita de vendas do setor.

A indústria de semicondutores apresenta um gasto estável e crescente em P&D ao longo do tempo, mesmo em períodos de crise. Em 2014, segundo Fillipin (2016), as dez empresas que mais gastaram com pesquisas e desenvolvimento de novas tecnologias,

investiram US\$ 31,8 bilhões, correspondendo a mais da metade do montante total investido pela indústria de Circuitos Integrados. A *Intel* foi a empresa que mais investiu em P&D em 2014, com US\$ 11,5 bilhões, seguida pela Samsung. As empresas *fabless* americanas (*Nvidia*, *Qualcomm* e *Broadcom*) investiram mais em P&D como proporção de sua receita com vendas. Além disso, a indústria de semicondutores teve o maior patamar de gasto com P&D em relação à receita entre todos os setores da indústria manufatureira, o que é considerado essencial para a competitividade do setor.

Com base na ideia da autora, a evolução tecnológica na indústria de semicondutores não se resume apenas à redução da geometria dos transistores, mas também requer aprimoramento e otimização de todas as etapas do processo de fabricação, além de alterações radicais em algumas etapas para lidar com os problemas surgidos. Com a constante redução da geometria, ocorre um aumento significativo nos custos em todas as etapas da produção de um componente semicondutor, o que se torna um dos principais desafios econômicos enfrentados pela indústria. Para contrabalancear esses custos, uma alternativa é melhorar a produtividade através de economias de escala e do aumento do tamanho do *wafers*, além de manter o nível de utilização da capacidade instalada alto. Como resultado, apenas produtos de alto volume como microprocessadores e memórias são manufaturados em fábricas no estado da arte, e tanto *dedicated foundries* quanto *IDMs* estão fabricando chips sob contratação de outras empresas.

O modelo de produção onde a fabricação dos chips é terceirizada, conhecido como *fabless-foundry*, permite que empresas lancem produtos no mercado sem precisar investir capital em uma instalação de manufatura avançada, o que gera economia de custos na fabricação de novas gerações de chips (FILLIPIN, 2016). Esse modelo também pode ser beneficiado por incentivos fiscais e subsídios governamentais para essa indústria considerada estratégica. Macher *et al.* (2007) afirmam que o modelo *fabless* funciona bem em setores como computação e comunicação, permitindo que empresas especializadas em design e produção de semicondutores explorem economias de escala e especialização vertical. A especialização vertical ajuda a mitigar riscos e o ciclo de vida dos produtos que tem ficado mais incerto, o que aumenta o risco de investir em capacidade dedicada de produção. As vantagens das empresas com fábrica própria, conhecidas como *Integrated Device Manufacturers (IDMs)* são maiores para produtos de tecnologia de ponta, como DRAMs. A decomposição da cadeia de valor é explicada pela redução de custos de transação devido a mudanças técnicas e institucionais (FILLIPIN, 2016).

As categorias fabricantes dedicadas e empresas que não terceirizam a fabricação, conhecidas como *foundry-made ICs* (*IDMs* e *dedicated foundries*), vem crescendo a uma taxa média anual de 11% nos últimos anos e representou 51% do total de chips produzidos em 2021, segundo dados da *SIA* (2019). No entanto, conforme afirma Fillipin (2016), as barreiras de entrada no negócio de *foundry* são altas e estão aumentando, o que leva à consolidação e a um número menor de empresas responsáveis por grandes investimentos em ativos fixos. Além disso, as empresas com desempenho ruim têm a opção de melhorar seu desempenho ou deixar o mercado para os adquirentes que podem criar uma nova dinâmica de criação de valor.

A Fillipin (2016) disserta sobre a onda de fusões e aquisições que ocorreram em 2015 no setor de semicondutores. Foram realizados 16 grandes negócios com valor total de US\$ 77 bilhões, sendo que os acordos mais importantes foram a compra da *Broadcom* pela *Avago*, a compra da *Altera* pela *Intel* e a proposta de compra da *Micron* pelo *Tsinghua Unigroup*. Além disso, em 2014, a *IBM* transferiu suas operações de fabricação de dispositivos semicondutores para a *GlobalFoundries*.

Segundo a *IC Insights* (2015), essa onda de consolidações é resultado de diversos fatores, como a necessidade de *IC suppliers* de expandirem seus negócios para se manterem em favor com os investidores, o aumento dos custos de desenvolvimento de produtos e tecnologias avançadas, a enorme potencialidade do mercado de *Internet of Things (IoT)* e o objetivo ambicioso da China de se tornar autossuficiente em semicondutores e reduzir as importações de *ICs* de fornecedores estrangeiros.

De acordo com Sperling (2015), a necessidade de fechar lacunas nos portfólios de produtos é o motor por trás da onda de consolidação, já que o setor está caminhando em direção ao fornecimento de soluções completas integradas. Além disso, ele vê os períodos de consolidação como o movimento contrário da especialização vertical, em que a soma das partes tem mais valor do que as partes individuais.

Os desafios trazidos pela redução da dimensão dos transistores fizeram surgir o fenômeno “*More than Moore*”, que, de acordo com Fillipin (2016), consiste na agregação de valor através da diversificação funcional dos circuitos integrados por meio de inovações no projeto e no processo de fabricação. Outra inovação importante, ainda na visão da autora, é a criação dos componentes *System on a Chip (SoC)* e *System in a Package (SiP)*, que integram diferentes funcionalidades em um mesmo componente, permitindo a substituição de todo um sistema por um único produto. A principal vantagem do *SoC* é que a integração de todos os

sistemas em um único chip faz com que o custo de todo o sistema se aproxime do custo do próprio chip.

Fillipin (2016) argumenta que o processo de desenvolvimento de novas tecnologias e a construção de fábricas na vanguarda da indústria de semicondutores têm se tornado cada vez mais custosos. Embora o aumento da produtividade tenha resultado em produtos mais acessíveis no passado, essa tendência está perdendo força. Como resultado, apenas alguns setores de mercado, como os de computadores e celulares, continuam a demandar componentes fabricados em nodos tecnológicos avançados, enquanto outros tendem a buscar tecnologias mais maduras que atendam aos seus requisitos de funcionalidade, desempenho e preço.

Outra característica importante da indústria de semicondutores, de acordo com a autora, é a expansão por saltos, que resulta em ciclos de preços. Quando há alta demanda por componentes, muitos fornecedores investem na fabricação, resultando em uma oferta excessiva e, conseqüentemente, preços mais baixos. Isso pode levar a uma redução nos investimentos futuros. No entanto, devido à ampla utilização dos componentes em um número crescente de aplicações, esses períodos de retração tendem a ser curtos, seguidos por períodos de investimento.

Fillipin (2016) destaca que a interação desses fatores com os ciclos de preços pode tornar a atividade fabril altamente sujeita a prejuízos periódicos. A construção de plantas industriais de última geração é um processo dispendioso, e essas plantas devem operar com mais de 90% da capacidade para se manterem rentáveis. Além disso, a natureza cíclica do mercado de semicondutores e o curto ciclo de vida dos produtos eletrônicos de ponta agravam ainda mais essa incerteza.

É neste interim que o destaque ao papel do Estado é dado, enquanto principal agente responsável pela criação e manutenção de um ecossistema propício e estável para a indústria de semicondutores, assim como é dito por Wessner (2003, p.35):

*The semiconductor industry has never been free of the visible hand of government intervention. Competitive advantage in production and trade has been heavily influenced by policy choices, particularly in the United States and Japan.*³

Onde ele afirma que a indústria de semicondutores nunca esteve livre das intervenções governamentais e que a vantagem competitiva na produção e no comércio tem

³Texto traduzido: “A indústria de semicondutores nunca esteve livre da mão visível da intervenção governamental. A vantagem competitiva na produção e no comércio tem sido fortemente influenciada pelas escolhas de políticas, especialmente nos Estados Unidos e no Japão.”

sido fortemente influenciada por escolhas políticas, principalmente nos Estados Unidos e no Japão. Essa afirmação é consistente com a literatura sobre o desenvolvimento da indústria de semicondutores, que destaca o papel do governo na promoção da inovação e do crescimento econômico em muitos países (FILLIPIN, 2016).

Segundo Fillipin (2016), a indústria de semicondutores é um setor estratégico em muitos países, devido à sua importância na produção de componentes eletrônicos e tecnologias avançadas. Nesse sentido, é comum que governos implementem políticas para apoiar e incentivar o desenvolvimento dessa indústria, incluindo investimentos em pesquisa e desenvolvimento, incentivos fiscais, proteção da propriedade intelectual, entre outros.

Nos Estados Unidos, o governo tem sido um importante catalisador para o desenvolvimento da indústria de semicondutores, com investimentos significativos em pesquisa e desenvolvimento, programas de treinamento e educação, bem como apoio a empresas iniciantes e de pequeno porte. Além disso, políticas de comércio exterior e defesa da concorrência têm sido importantes para promover a competitividade das empresas norte-americanas no mercado global (FILLIPIN, 2016).

No Japão, de acordo com Fillipin (2016), o governo desempenhou um papel fundamental no estabelecimento da indústria de semicondutores, com a criação de programas de apoio à Pesquisa & Desenvolvimento, bem como incentivos fiscais e de crédito para empresas do setor. A atuação do governo japonês também foi importante para a criação de um ambiente empresarial favorável à inovação e à concorrência, fatores que contribuíram para o sucesso da indústria de semicondutores no país.

As estratégias de entrada de novas empresas na indústria de semicondutores são amplas, contudo, geralmente envolvem investimentos substanciais em P&D e instalações fabris. Ainda assim, os recém-chegados costumam se concentrar em segmentos específicos do mercado para competir com as empresas estabelecidas. Para o sucesso dessas estratégias, é crucial o apoio governamental, uma vez que os governos podem fornecer recursos financeiros para pesquisa e desenvolvimento, além de incentivos fiscais para as empresas que investem em instalações de produção e políticas que fomentem a inovação e a concorrência.

De acordo com Fillipin (2016), exemplos de intervenção governamental na indústria de semicondutores podem ser vistos no Japão e na Coreia do Sul. O governo japonês criou diversos programas de apoio à pesquisa e ao desenvolvimento de semicondutores, incluindo o Programa *VLSI (Very Large Scale Integration)* nos anos 70. Similarmente, ainda segundo a autora, o governo sul-coreano lançou uma série de iniciativas para apoiar a indústria

de semicondutores nas décadas de 80 e 90. Já em Taiwan, os empresários demoraram a investir no setor, mas o governo taiwanês começou a apoiar a indústria de semicondutores na década de 1980 com o Projeto Nacional de Circuitos Integrados.

Desse modo, torna-se evidente que a inserção na indústria de semicondutores requer expressivos investimentos em pesquisa e desenvolvimento, bem como em instalações produtivas, além de um contexto empresarial favorável. Nesse sentido, o suporte governamental mostra-se crucial para o êxito dessas estratégias, o qual pode contemplar tanto o financiamento direto quanto a oferta de incentivos fiscais e políticas que estimulem a inovação e a competitividade.

3 A INDÚSTRIA DE SEMICONDUTORES NO BRASIL

No decorrer dos últimos anos, o Brasil tem implementado uma política com o intuito de promover o desenvolvimento da indústria de semicondutores, o que culminou na formação de um importante ecossistema nesta área no país. Phillipin (2016) identifica e avalia esses empreendimentos, fornecendo detalhes sobre sua localização, estrutura jurídica, modelo de negócios e principais produtos. Ademais, a autora destaca três empresas, a saber, CEITEC S.A., Unitec Semicondutores e *BrPhotonics*, as quais estão envolvidas diretamente na produção de circuitos integrados e componentes fotônicos, tendo o Estado participação em tais empreendimentos. O propósito dessas empresas é contribuir para atender às demandas estratégicas do Estado brasileiro no que concerne aos circuitos integrados, oferecer circuitos integrados de alta qualidade a preços competitivos e minimizar os impactos ambientais ao longo do ciclo de vida de seus produtos (Phillipin, 2016).

Ao adentrar mais afundo no cenário brasileiro da indústria de semicondutores, cabe apresentar, antes, o conceito de “Ecosistemas de Inovação”. Onde, de acordo com Mazzucato (2014), este conceito refere-se a um ambiente complexo em que os setores público e privado interagem e colaboram para impulsionar a inovação. Essa abordagem procura estabelecer uma relação simbiótica entre os dois setores, em vez de uma relação parasitária. No entanto, há preocupações de que o aumento dos investimentos estatais nesse ecossistema possa levar a um desestímulo aos investimentos privados, fenômeno conhecido como “*crowding out*”. Embora este fenômeno seja frequentemente debatido na literatura econômica, a autora argumenta que um Estado empreendedor pode preencher lacunas de investimento privado ao direcionar recursos para áreas de inovação em que o setor privado não está disposto a investir, mesmo que tenha os recursos disponíveis. Esses investimentos do Estado são vistos como visionários e corajosos, impulsionando oportunidades de mercado e tecnologia que não seriam exploradas de outra forma.

Ainda falando do papel do Estado, enquanto agente ativo para a promoção de um ecossistema de inovações, De Negri (2018) afirma que “é a sociedade, com as suas limitações e idiosincrasias, que decide alocar parte da sua renda e dos seus impostos para o financiamento do empreendimento científico”. De acordo com a autora, a maior parte do financiamento da ciência ao redor do mundo provém do Estado, o que significa que é a sociedade que decide alocar parte de sua renda e impostos para o empreendimento científico. Portanto, os cientistas devem estar constantemente preocupados com os desafios enfrentados pela sociedade e com a

legitimidade dos investimentos realizados na ciência. Infelizmente, nem toda a sociedade reconhece os resultados extraordinários alcançados pela humanidade graças à ciência. Embora nos países desenvolvidos os investimentos em pesquisa pelo setor privado sejam maiores em comparação com países como o Brasil, as empresas geralmente financiam atividades de pesquisa e desenvolvimento voltadas para a transformação do conhecimento científico em novos produtos e serviços. A produção científica, por sua vez, depende fortemente do financiamento público.

3.1 O ecossistema brasileiro de semicondutores

O setor de semicondutores no Brasil tem apresentado um crescimento significativo nos últimos anos. Segundo a Associação Brasileira da Indústria de Semicondutores (ABISEMI, 2021), o faturamento anual já ultrapassa a marca de R\$ 3 bilhões e a indústria gera mais de 2.500 empregos qualificados no país. Para chegar a esses números, foram feitos investimentos em infraestrutura de fábricas da ordem de US\$ 2,5 bilhões e mais de US\$ 100 milhões em atividades de pesquisa e desenvolvimento (P&D) imprescindíveis para o fomento do ecossistema de semicondutores no Brasil. Na **Figura 3** pode ser observado o mapa das empresas associadas e/ou colaboradoras da ABISEMI até 2019:

Figura 3 – Empresas Associadas e Entidades Colaboradoras ABISEMI



Fonte: ABISEMI (2019, p. 13-14), adaptado pelo Autor

Segundo dados apresentados por Fillipin (2016), as empresas presentes na indústria de semicondutores no Brasil em termos de faturamento e número de empregados, mostram que a maioria das empresas está na faixa de faturamento de até R\$ 1 milhão e emprega de 10 a 50 pessoas. No entanto, há um número expressivo de empresas que emprega mais de 100 pessoas.

Entre as empresas integradas e *fabless with manufacturing capabilities*, a CEITEC S.A. merece o maior destaque. Para além, na visão de Fillipin (2016), a *Semikron* é outra empresa relevante, sendo uma subsidiária de uma empresa alemã de componentes semicondutores discretos que está presente no Brasil desde a década de 1960. Segundo Melo *et al.* (2001), a *Semikron* permanece ativa no cenário brasileiro desde a década de 1970, quando iniciou a etapa de difusão de semicondutores na empresa. De acordo com os autores, a estabilidade da empresa foi atribuída principalmente ao fato de ter exportado consistentemente uma parcela significativa de sua produção, aproximadamente 40%. A organização passou por três períodos notáveis de desafios em sua trajetória: a mudança da indústria de consumo para Manaus, a implementação da reserva de mercado para a informática e os anos de desindustrialização em subconjuntos e produtos eletrônicos finais.

A *Sunew* é um *spin-off* do CSEM Brasil que está se destacando no mercado ao fabricar células fotovoltaicas orgânicas impressas (FILLIPIN, 2016). A fábrica em questão foi inaugurada em 2015 após um investimento de R\$ 100 milhões, conta com o CSEM Brasil, a FIR Capital e a BNDESPar como principais acionistas e hoje é líder mundial em tecnologia *Organic Photovoltaics* (OPV), além de estar presente em mais de 16 países (SUNEW, 2022). A tecnologia utilizada pela *Sunew* foi desenvolvida pelo CSEM Brasil, um centro de pesquisa aplicada, privado e sem fins lucrativos, estabelecido em 2006 por meio de uma colaboração entre o *Centre Suisse d'Electronique et de Microtechnique* (CSEM) e a FIR Capital. Para a implementação de um centro de pesquisa e desenvolvimento em eletrônica orgânica em Belo Horizonte, o CSEM Brasil recebeu recursos da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e do BNDES, tendo a empresa *Sunew* se materializado como resultado desse projeto (ANPEI, 2016).

A energia solar é uma das fontes renováveis de energia mais promissoras, em especial no Brasil, devido à sua ampla disponibilidade. Fillipin (2016) afirma que o país está cada vez mais atento aos benefícios ambientais e econômicos dessa fonte de energia, e como resultado, a indústria solar tem crescido rapidamente. Entre as empresas que estão investindo no Brasil, destaca-se a *Techno-Cells*, empresa do grupo Solar-Par, que planeja instalar três unidades produtivas de células e painéis fotovoltaicos no país. Com um investimento total de

R\$ 750 milhões, a *Techno-Cells* deve atuar em todas as etapas da cadeia produtiva, incluindo a purificação de silício, e espera gerar 3.000 empregos diretos. As unidades produtivas estarão localizadas em Colatina/ES, Campo Grande/MS e Teófilo Otoni/MG, cada indústria produzirá cerca de 26 milhões em células fotovoltaicas, correspondendo a 110 MW e o mesmo volume em *wafers* de silício (Solar-Par, 2023).

No tocante das empresas em atividade no setor de encapsulamento de memórias no Brasil, de acordo com Phillipin (2016), a *Smart Modular*, uma subsidiária de uma empresa norte-americana, iniciou suas operações no país em 2002 e estabeleceu uma unidade de encapsulamento em 2005. A *HT Micron* é fruto de uma parceria comercial (*joint-venture*) entre a empresa sul-coreana *Hana Micron* e o grupo brasileiro PARIT, que foi fundada em 2009 com um investimento de US\$ 200 milhões e inaugurou sua fábrica em 2014. Por fim, a Multilaser, atualmente em processo de mudança de nome para “Multi”, atua no segmento de suprimentos de informática e produtos eletrônicos, ingressou no mercado de memórias em 2014, com um investimento de R\$ 75 milhões e, em 2022, obteve um faturamento líquido de R\$ 4,4 bilhões (MULTI, 2023).

Ademais, de acordo com Phillipin (2016), há ainda quatro empresas já instaladas e em pleno funcionamento no mercado de encapsulamento de memórias no Brasil: *Adata Integration*, *Cal-Comp*, *Gigastone* e HBS. A *Adata Integration*, que iniciou suas atividades com um capital social de R\$ 156 milhões, é uma empresa taiwanesa que atua no mercado de tecnologia, fabricando produtos como memórias RAM, unidades de armazenamento de dados (SSDs, HDs), *pendrives*, entre outros. A *Cal-Comp*, que anunciou um investimento de R\$ 85 milhões, já se encontra em operação em Manaus/AM. A *Gigastone* do Brasil é uma *joint-venture* entre a empresa brasileira *Coletek* e a outra empresa taiwanesa *Gigastone*, já está em funcionamento em Varginha/MG. A HBS, por sua vez, já se encontra instalada e operando no setor.

De acordo com Rivera *et al.* (2015), as encapsuladoras de memórias trazem alguns benefícios para o ecossistema brasileiro, como o fortalecimento dos Institutos de Ciência e Tecnologia (ICTs) e universidades que tem sido uma estratégia utilizada por empresas de tecnologia para atender às exigências do Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Indústria de Semicondutores (PADIS) e investir em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D). A *Smart*, por exemplo, utilizou serviços de mais de vinte ICTs locais e instalou um centro de testes de memórias no Instituto Eldorado, enquanto a Multi deverá seguir um curso semelhante.

Já a *HT Micron*, ainda segundo o autor, reforça sua relação com a *Unisinos*, responsável pela formação de recursos humanos nas universidades da Coreia do Sul.

Além de atender às exigências do Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Indústria de Semicondutores (PADIS), segundo Rivera *et al.* (2015), essas parcerias também permitem a captura de oportunidades em serviços de encapsulamento e testes das próximas gerações tecnológicas, como o *Through Silicon Via (TSV)*, por meio de atividades de P&D desenvolvidas em centros de pesquisa como o da *Unisinos*. Essa abordagem de P&D traz benefícios não apenas para as empresas, mas também para o país como um todo. Por exemplo, estima-se que as operações locais de encapsulamento de memórias DRAM (usadas para PCs e notebooks) sejam responsáveis por uma redução média do déficit comercial em até US\$ 100 milhões/ano, ou cerca de 10% do déficit em memórias DRAM usadas pelo país (RIVERA *et al.*, 2015).

Outro benefício da estratégia de desenvolver o *know-how* em testes e encapsulamento localmente, ainda na visão de Rivera *et al.* (2015), é a possibilidade de empresas de encapsulamento se tornarem empresas de produto. No mundo, o serviço de encapsulamento é feito por empresas terceirizadas; já os testes, que são um elo crítico na área de memória, são feitos “*in-house*”. No entanto, o Processo Produtivo Básico (PPB) orienta que parte dessa atividade seja feita localmente, o que significa que as encapsuladoras passam a ser empresas de produto, comprando o *wafer*, encapsulando e vendendo no mercado local. Para isso, devem desenvolver P&D e conhecimento na área de testes (RIVERA *et al.*, 2015).

Em resumo, a estratégia de fortalecer os ICTs e universidades é uma tática eficaz para as empresas de tecnologia, que buscam atender às exigências do PADIS e investir em P&D. Essas parcerias permitem a captura de oportunidades em serviços de encapsulamento e testes das próximas gerações tecnológicas, além de reduzir o impacto na balança comercial. Além disso, a estratégia permite que as empresas de encapsulamento se tornem empresas de produto, comprando o *wafer*, encapsulando e vendendo no mercado local, o que demanda P&D e conhecimento na área de testes.

Conforme frisa Phillipin (2016), o Brasil tem visto um crescimento significativo no setor de eletrônicos, especialmente na produção de *smartcards* e *simcards*. Três empresas brasileiras - Gemalto, LC Eletrônica e *Morpho* - estão envolvidas na encapsulação desses chips, com a produção de cartões telefônicos em volume significativo no país há algum tempo. Aumentando a demanda por *smartcards*, o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) sugeriu a inclusão da etapa de *packaging* no PPB destes produtos, incentivando essas

empresas a investir na produção. No entanto, de acordo com as informações dispostas pela autora, essas empresas não realizam a etapa de corte no país, trazendo as lâminas cortadas de outros locais e fazendo apenas o *packaging*. As mesmas mantêm sua operação graças ao PPB, ao mercado favorável e à cooperação com as operadoras.

Cumprе salientar que as empresas em questão não são elegíveis ao benefício fiscal do Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Indústria de Semicondutores (PADIS), uma vez que não realizam a fase de corte e o componente *simcard* não se encontra na lista de componentes incentivados pelo referido programa. A *Morpho*, subsidiária do grupo *Safran*, com presença no Brasil desde 1999, é provedora de soluções para identidade digital, transações seguras e sistemas de detecção. No ano de 2011, a empresa efetuou investimento no montante de R\$ 4 milhões para instalação de uma unidade fabril com capacidade para produzir 60 milhões de chips. O estabelecimento foi inaugurado no mesmo ano e se dedica à fabricação de chips para dispositivos móveis, cartões bancários e documentos de registro civil (BOUÇAS, 2011).

No âmbito da montagem de módulos fotovoltaicos, são encontradas diversas iniciativas, tais como as empresas *BYD Energy* do Brasil, *First Solar*, Globo Brasil (em funcionamento) e ViV Brasil. A *BYD*, empresa chinesa de tecnologia, estabeleceu sua presença no Brasil em 2014 e desde então tem sido uma força motriz no desenvolvimento de soluções de mobilidade elétrica na América do Sul. A empresa inaugurou sua primeira unidade de montagem de chassis de ônibus 100% elétricos em Campinas em 2016 e em seguida, inaugurou sua primeira fábrica de módulos fotovoltaicos na mesma cidade, em 2017. A *BYD* consolidou ainda mais sua posição no mercado brasileiro com a inauguração da primeira Estação de Armazenamento de Energia (ESS) de larga escala em 2019. Em abril de 2022, a empresa expandiu suas instalações e lançou uma linha completa de módulos fotovoltaicos no mercado brasileiro, evidenciando o compromisso da *BYD* com a promoção da mobilidade elétrica e das fontes renováveis de energia no Brasil (BYD, 2023). Já a empresa Globo Brasil, presente no mercado desde 1992, inicialmente trabalhava com produtos de alumínio e itens para vedação em construções. Em 2015, passou a se dedicar à montagem de módulos fotovoltaicos, tornando-se a primeira companhia a realizar essa atividade a nível industrial em solo nacional, com uma capacidade produtiva anual de mais de 180 MW (GLOBO BRASIL, 2022).

Fillipin (2016) destaca que a maioria das empresas de *design houses* e *fabless* no Brasil foram estabelecidas por meio do Programa Nacional de Microeletrônica (PNM) e do Programa CI-Brasil. Uma exceção notável é a Motorola, que inaugurou uma *design house* em

Jaguariúna/SP em 1997. No entanto, segundo o que aponta Rivera *et al.* (2015), a divisão de semicondutores da Motorola foi vendida em 2004, tornando-se uma empresa independente chamada *Freescale Semiconductor*. Em 2007, a *Freescale* transferiu sua *design house* para Campinas e, em 2015, foi adquirida pela *NXP Semiconductors*, uma empresa holandesa. De acordo com Rivera *et al.* (2015), na época, a *Freescale* era o maior centro cativo em operação no Brasil, com mais de cem engenheiros de projetos, sendo uma referência em soluções para o setor automotivo.

Segundo Rivera *et al.* (2015), Brasil possui algumas iniciativas notáveis na área de design de circuitos integrados (CIs), como o CTI, a Idea!, o Eldorado, o C.E.S.A.R, o LSI-TEC, o *Von Braun Labs* e a SMDH. O Eldorado é uma associação civil que atua na área desde 2002 e está estruturando um dos maiores centros de qualificação, testes e homologação de CIs da América Latina. O C.E.S.A.R é uma das empresas que formaram *Design Houses (DHs)* a partir do Programa CI-Brasil, com o objetivo de desenvolver CIs que integrem soluções de *hardware*, *software* embarcado e CI para seus clientes finais. Além disso, a *SiliconReef*, *start-up* apoiada pelo Fundo Criatec do BNDES e acionistas do C.E.S.A.R, é uma empresa *fabless* que trabalha com *mixed-signal* e tem como primeiro produto um chip para gerenciamento de energia do tipo *energy-harvesting*. A SMDH, por sua vez, desenvolveu em conjunto com a Chipus um microcontrolador de 8 bits e projetou para o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) o primeiro CI resistente à radiação.

Os benefícios das empresas de projeto para o ecossistema brasileiro são diversos. Segundo Rivera *et al.* (2015), a formação de mão de obra com elevado salário e especialização setorial é um benefício comum. Os centros cativos, como a *Freescale* e o Eldorado, podem ser potenciais geradores de *start-ups* por meio de funcionários que estão contextualizados no setor, além de fortalecer a marca do país no setor e atrair novos investimentos. Já as empresas *fabless* podem fortalecer o complexo eletrônico, desenvolvendo CIs para a “indústria a jusante” local e subcontratando serviços para *DHs/SIPs*. Para Rivera *et al.* (2015), quando verticalizadas, elas podem ajudar as empresas eletrônicas locais a melhorar seus produtos por meio do desenvolvimento de CIs específicos. E, por fim, as *DHs* e *SIPs* podem ser uma porta de entrada para os demais modelos, formando projetistas e relacionamentos na indústria.

O setor de semicondutores no Brasil tem ganhado destaque nos últimos anos e conta com diversos atores importantes, entre eles a Associação Brasileira da Indústria de Semicondutores (ABISEMI). A ABISEMI foi criada em 2014 por um grupo de empresas do setor, como CEITEC S.A., *HT Micron*, *Smart Modular* e Unitec Semicondutores, com o

objetivo de estabelecer vínculos de cooperação entre as empresas e impulsionar o desenvolvimento do ecossistema de semicondutores no país (FILLIPIN, 2016).

Segundo as informações dispostas por Fillipin (2016), a criação da ABISEMI foi uma resposta à necessidade de estabelecer elos de uma cadeia produtiva no país, algo fundamental para o desenvolvimento de qualquer ecossistema. No início, as empresas do setor se uniram em prol desse objetivo e a criação da ABISEMI foi uma consequência natural desse movimento. Além disso, as empresas que integram a associação mantêm vínculos bastante fortes e íntimos de cooperação, ajudando-se mutuamente a superar os desafios do setor. Bem como evitam relações anticompetitivas entre si, respeitando regulamentos claros que visam garantir a livre concorrência entre as empresas e prevenir práticas que possam ser consideradas como *dumping* de preço ou outras formas de concorrência desleal.

O ecossistema de tecnologia e inovação brasileiro enfrenta múltiplas dificuldades, incluindo a falta de infraestrutura, a burocracia e a escassez de investimento (FILLIPIN, 2016). Em particular, a necessidade de ganhar credibilidade no mercado é um grande obstáculo para as empresas brasileiras, especialmente para as *startups*, que necessitam convencer seus clientes e investidores da sua competência e confiabilidade. Além disso, de acordo com Fillipin (2016), a política de incentivo do governo é menos agressiva em comparação com outros países, o que faz com que os empreendedores assumam grandes riscos. E superar esses desafios exigirá um esforço conjunto de governo, empresas e investidores, com políticas de incentivo mais agressivas e um maior suporte aos empreendedores. Para isso, é necessária uma mudança de mentalidade em relação à inovação e uma maior coragem dos investidores para apoiar as empresas brasileiras em seu potencial de criação de produtos e mercados. Somente com essas medidas será possível construir um ecossistema de tecnologia e inovação sólido e próspero no Brasil.

3.2 Cooperação Público-Privada para a Indústria de Semicondutores

A indústria de semicondutores é um setor estratégico para o desenvolvimento de diversas tecnologias e para a economia global. E, conforme afirma Fillipin (2016), no Brasil, a etapa de fabricação de dispositivos semicondutores é a que apresenta maiores desafios, já que exige grandes investimentos em infraestrutura e equipamentos de alta tecnologia.

O papel do Estado na promoção da inovação e tecnologia no Brasil é fundamental, especialmente considerando as limitações financeiras enfrentadas por instituições acadêmicas

e organizações privadas. O caso da criação da CEITEC S.A. é um exemplo concreto dessa necessidade. Segundo Fillipin (2016), a doação de equipamentos da Motorola Semicondutores, iniciado em 1999, para a instalação de um laboratório de prototipagem de chips no Brasil foi uma oportunidade única para o país avançar nessa área, mas o investimento exigia recursos consideráveis. A falta de financiamento das universidades e a ausência de condições fiscais do governo estadual do Rio Grande do Sul para realizar o investimento sozinho destacaram a importância do Estado na coordenação e fomento de iniciativas de desenvolvimento tecnológico.

Ademais, o caso da CEITEC destaca a importância da colaboração entre diferentes atores para o sucesso de iniciativas em ciência, tecnologia e inovação. A intervenção dos professores do Rio Grande do Sul e o apoio do governo estadual para viabilizar a instalação do laboratório de prototipagem de chips foram fundamentais. No entanto, sem a pressão do governo Estadual exercida sobre o governo federal para garantir os recursos financeiros necessários, a criação da CEITEC poderia não ter se concretizado (FILLIPIN, 2016). A coordenação entre diferentes níveis de governo, empresas privadas e instituições acadêmicas é essencial para o sucesso de iniciativas de desenvolvimento tecnológico e a CEITEC serve como um exemplo bem-sucedido dessa colaboração.

Segundo Fillipin (2016), a criação da CEITEC, uma fábrica de baixo volume para prototipagem de chips, em vez de um laboratório dentro de uma universidade, foi uma escolha estratégica tomada pelo Governo do Estado do Rio Grande do Sul. Isso se deu por várias razões, como a falta de condições da universidade para operar uma infraestrutura tão cara, o desejo do governo de não favorecer uma universidade em detrimento de outras e a busca por maior visibilidade do governo estadual no empreendimento. Além disso, a criação da CEITEC foi formalizada em 26 de junho de 2000, através da assinatura do Protocolo de Intenções, que envolveu diversas instituições e empresas, incluindo a Secretaria Estadual da Ciência e Tecnologia, a Secretaria Estadual do Desenvolvimento e dos Assuntos Internacionais, a Motorola Inc. e várias universidades. O protocolo determinou que os signatários juntariam esforços e recursos para implantar a CEITEC, que representaria “a primeira etapa de um conjunto de ações e investimentos estratégicos na área de microeletrônica” (RIO GRANDE DO SUL, 2000).

A decisão do governo estadual em criar a CEITEC também evidencia a importância da parceria público-privada no desenvolvimento tecnológico do país. A associação civil responsável pela administração da CEITEC foi criada em 2002 e se estendeu até 2008, período

em que a empresa esteve sob controle do governo. Durante esse tempo, a mesma trabalhou em parceria com várias empresas privadas, como a *Siemens* e a *ZTE*, com o objetivo de desenvolver produtos inovadores e competitivos. A criação da CEITEC também foi importante para impulsionar o desenvolvimento da indústria de semicondutores no país, visto que a empresa foi responsável por desenvolver tecnologias e produtos que não estavam disponíveis no mercado nacional, além de fomentar a capacitação de profissionais brasileiros na área de microeletrônica. Com isso, a empresa contribuiu para aumentar a competitividade do setor de tecnologia do país e estimular a inovação tecnológica em outras áreas (FILLIPIN, 2016).

A estratégia da CEITEC, de acordo com Fillipin (2016), estava alinhada com a política governamental de incentivo à microeletrônica no Brasil, cujo objetivo era unificar e coordenar o desenvolvimento e a implantação do ecossistema de microeletrônica no país. O Programa Nacional de Microeletrônica (PNM) pretendia consolidar a empresa como unidade âncora e fomentar a criação de uma empresa *fabless* para projetar chips e uma fábrica de baixo volume, bem como um centro de P&D contratado, dedicado à integração dos circuitos integrados produzidos no país com os sistemas produzidos pelas empresas de bens finais. A estratégia de unificação de forças promoveria a inovação e o desenvolvimento tecnológico no país.

A CEITEC, fundada em 2008, tornou-se uma empresa pública com a missão de produzir circuitos integrados para identificação automática e rastreabilidade de pessoas, animais e objetos, bem como CIs para aplicações específicas (CEITEC, 2016). Embora tenha iniciado como empresa *fabless* em 2005, operando sua primeira linha de negócios no Instituto de Informática da UFRGS, a escolha pelo modelo de empresa pública limitou a flexibilidade da CEITEC na contratação de pessoas e na captação de recursos em parceria com órgãos estatais ou paraestatais. Como resultado, o modelo de organização social (OS) seria mais adequado, uma vez que permitiria maior flexibilidade na realização de projetos de maior risco e na captação de recursos para outras empresas (FILLIPIN, 2016).

A escolha do modelo de empresa pública pela CEITEC apresentou tanto benefícios quanto desafios. Por um lado, a empresa pôde contar com recursos públicos para financiar suas atividades e contribuir para o desenvolvimento tecnológico do país. Por outro lado, a necessidade de seguir as regras e princípios constitucionais e cumprir a Lei 8.666 se mostrou um obstáculo para a empresa, como frisa Fillipin (2016). Além disso, a CEITEC precisava garantir sua sustentabilidade financeira a longo prazo, o que foi um desafio para uma empresa totalmente dependente de recursos públicos. No entanto, a autora defende a ideia de que o

modelo de empresa pública é superior a outros modelos de gestão, especialmente para um empreendimento industrial que precisa buscar competitividade e produtividade no mercado.

Contudo, a CEITEC estabeleceu valores importantes para sua atuação, como o desenvolvimento de soluções inovadoras em microeletrônica com alto padrão de qualidade e sustentabilidade financeira. A empresa também tem um papel crucial a desempenhar no desenvolvimento da tecnologia eletrônica avançada no Brasil, promovendo a inovação e o desenvolvimento sustentável no país (CEITEC, 2016). Do mesmo modo, a empresa busca contribuir para atender às necessidades estratégicas do Estado brasileiro em circuitos integrados e oferecer produtos de qualidade a preços competitivos. A mesma também se preocupa em garantir um ambiente de trabalho seguro e minimizar o impacto ambiental ao longo do ciclo de vida de seus produtos. Dessa forma, a CEITEC tem um compromisso com a excelência em gestão, buscando ser referência na indústria de semicondutores brasileira e formando profissionais qualificados para o setor.

A organização em questão teve sua primeira experiência de vendas para o mercado privado em 2012, ao vender seus produtos, incluindo o "Chip do Boi"⁴ para o Grupo *Fockink* e o CTC13001, que é um circuito integrado desenvolvido para uso em cartuchos de impressoras, para o *Flextronics* Instituto de Tecnologia, além de um pequeno lote de teste para a Epson (CEITEC, 2013). O CTC13001, com uma geometria de 0,18 μm (180 nm), rapidamente se tornou o item mais comercializado pela empresa. Até o final do ano de 2012, a CEITEC havia recebido mais de R\$ 600 milhões em financiamento federal, incluindo investimentos em capital fixo e despesas operacionais. A previsão era que a empresa receberia cerca de R\$ 90 milhões por ano entre 2013 e 2015 (CEITEC, 2014).

Em 2013, a organização alcançou uma conquista significativa, vendendo 140 mil unidades do "Chip do Boi" e 6 milhões de unidades do CTC13001, que foi o primeiro circuito integrado desenvolvido no país a ser reconhecido como tecnologia brasileira. Nesse mesmo ano, a CEITEC iniciou a implementação da unidade de teste, afinação e corte da empresa, que processou mais de quatro milhões de chips, além de iniciar a implantação da produção de micromódulos. Em 2014, a organização comercializou 15 milhões de unidades do CTC13001, mais do que dobrando seu faturamento em relação ao ano anterior. A previsão era que a empresa se tornasse autossustentável em 2018, com a entrada no mercado de *smartcards*. Em 2015, a

⁴ O "Chip do Boi" é um programa brasileiro de identificação animal por meio de microchips implantados no gado. Ele auxilia no controle de vacinação, rastreabilidade e prevenção de doenças, além de garantir a qualidade da carne.

CEITEC começou a comercializar o CTC13100, projetado para atender ao Sistema Nacional de Identificação Automática de Veículos (SINIAV). No entanto, o cronograma do projeto foi alterado várias vezes e o início da implementação seguiu incerto. O mesmo chip também atenderia às necessidades das empresas que estão desenvolvendo soluções para o Registro Nacional dos Transportadores Rodoviários de Cargas (RNTRC) (CEITEC, 2015 *apud* FILLIPIN, 2016, p. 198).

De acordo com Phillipin (2016), em 2013, o governo federal brasileiro considerou a possibilidade de realizar um desinvestimento parcial no Centro Nacional de Tecnologia Eletrônica Avançada (CEITEC), uma vez onde avaliou que manter o modelo estatal no setor altamente competitivo e dinâmico não era viável. Contudo, a ideia de privatização foi descartada, e a empresa permaneceu sob controle público. No mesmo ano, Marcelo Lubaszewski foi nomeado presidente da CEITEC. O então Ministro de Ciência, Tecnologia e Inovação, Marco Antonio Raupp, afirmou que era necessário explorar todas as alternativas possíveis para tornar a empresa viável e lucrativa. Embora o presidente reconhecesse a importância do governo federal no estágio inicial da empresa, ele concordava que mudanças no modelo institucional da CEITEC eram necessárias (CIGANA, 2013 *apud* FILLIPIN, 2016, p. 197).

Em 2015, a empresa lançou o CTC13002, a nova geração do chip para logística, que recebeu a certificação *EPCglobal Class 1 Gen 2*, a mais importante para identificação eletrônica. Além disso, a CEITEC desenvolveu o CTC12100 ASIC para medição e registro de temperatura de produtos sensíveis, em parceria com a empresa NOVUS Produtos Eletrônicos Ltda. Segundo Bueno (2015), a substituição de semicondutores importados por um chip desenvolvido localmente reduziu o custo do registrador de temperatura fabricado pela NOVUS de R\$ 100,00 para R\$ 20,00, tornando-o 50% mais barato que os similares importados. E, no mesmo ano, a CEITEC iniciou negociações com o Banco do Brasil para o desenvolvimento de um chip de tecnologia nacional destinado a ser utilizado em cartões de débito, crédito e pré-pago. Com esta iniciativa, a empresa passou a explorar também o mercado de *smartcards*.

A CEITEC pode ser classificada como uma empresa *fabless* com capacidades de fabricação, com unidades em todas as etapas de produção de um circuito integrado, mas terceiriza a fabricação de chips com determinadas geometrias, e detém a propriedade intelectual de todos os seus produtos. A *design house* da CEITEC desenvolveu todos os produtos ofertados pela empresa até o momento, e a etapa de fabricação dos chips é realizada em fábricas parceiras, na Alemanha e em Taiwan.

Figura 4 – Evolução Produtiva CEITEC



Fonte: <http://www.ceitec-sa.com/pt/PublishingImages/Paginas/Forms/AllItems/imagem%201.jpg>

Como pode ser observado na **Figura 4**, a CEITEC possui uma visão de mercado muito bem estabelecida e busca ultrapassar todas as barreiras e obstáculos para chegar até a competitividade internacional. No entanto, a empresa, mesmo com diversos aportes – entre 2010 e 2018 – do Tesouro Nacional, apresentava um prejuízo acumulado de R\$ 160 milhões em 2021, o que motivou o governo a iniciar neste mesmo ano o processo de liquidação do Centro Nacional de Tecnologia Eletrônica Avançada (CEITEC), com prazo para efetivação até 2022 (COSTA, 2021). Prazo, este, que não se concretizou e a mesma permanece sendo estatal, agora com uma nova visão dada a partir do atual governo.

O Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) adotou medidas importantes nos cem primeiros dias de governo em 2023 para incentivar o desenvolvimento da indústria nacional de semicondutores, setor estratégico para a reindustrialização do país. Uma das medidas foi a criação de um grupo de trabalho interministerial para estudar a reversão do processo de desestatização e liquidação CEITEC. A outra medida foi a prorrogação do Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Indústria de Semicondutores (PADIS) até 2026 e a inclusão de novos itens na lista de insumos contemplados pelo programa, como peças e equipamentos para a fabricação de painéis solares. A ministra Luciana Santos ressaltou a importância da política nacional de semicondutores para a soberania nacional e destacou o papel estratégico da CEITEC no desenvolvimento da indústria de microeletrônica do Brasil (MCTI, 2023).

Durante o governo anterior, a CEITEC foi incluída no Programa de Parcerias e Investimentos para ser privatizada, mas o grupo de trabalho coordenado pelo MCTI tem apresentado alternativas para reverter esse processo de desestatização e liquidação da empresa. A prorrogação do PADIS e a inclusão de componentes para a produção de painéis solares na lista de itens que poderão receber benefícios fiscais visam estimular a indústria nacional a fabricar as placas solares no país, em vez de importá-las. As empresas beneficiadas pelo programa devem investir 5% do faturamento em atividades de pesquisa e desenvolvimento. Com essas medidas, o MCTI busca impulsionar a indústria nacional de semicondutores e contribuir para a reindustrialização do país, visando a soberania nacional e o desenvolvimento tecnológico do Brasil (MCTI, 2023).

Um outro caso que deve ser dada a devida atenção é da UNITEC Semicondutores que foi anunciada em 2012 com um investimento de R\$ 1,2 bilhão em uma fábrica de semicondutores em Minas Gerais, porém, a mesma nunca entrou em operação. Atualmente, a fábrica é usada como “isca” para atrair grupos internacionais interessados em produzir chips no Brasil, assim como afirma o jornal O Tempo (2022). Com o início da pandemia, a escassez de chips causou paralisação em diversas fábricas em todo o mundo, principalmente nas de veículos. Representantes do governo federal e do setor automotivo brasileiro apresentaram a fábrica a duas grandes produtoras de chips em Tóquio e destacaram a desoneração tributária, alternativas de financiamento e infraestrutura que em breve serão estabelecidos para atrair interessados em investir na produção local. A demanda por chips no mercado brasileiro deve crescer substancialmente com a chegada de carros conectados, elétricos e autônomos, fazendo da produção local algo imprescindível para a indústria brasileira.

Atualmente pertencente ao BNDES e a empresa argentina *Corporación America*, com 33% de participação cada, a UNITEC não se encontra em boas condições para começar a produzir chips. A situação da empresa piorou em 2019, quando a IBM, dona de 18,8% das ações e provedora da tecnologia, deixou o projeto. A mudança de acionista ocorreu em 2014, quando o empresário Eike Batista vendeu sua parte após os escândalos que levaram seu grupo à falência (O TEMPO, 2022).

A construção de uma nova fábrica de semicondutores leva, no mínimo, quatro anos para ser concluída, mas a UNITEC poderia antecipar em dois anos o início da produção local de chips, utilizando suas instalações e infraestrutura em Ribeirão das Neves. Para Marco Aurélio Barreto, sócio da *Tauá Partner* e responsável pelo processo de recuperação da UNITEC, a fábrica de semicondutores em Minas Gerais pode ser vista como um caso

emblemático de desafios enfrentados pelos projetos de alta complexidade no Brasil. A iniciativa envolveu investimentos bilionários, tecnologia de ponta e uma cadeia produtiva altamente sofisticada, mas ainda assim não conseguiu decolar. Todavia, a retomada do projeto e a atração de novos investimentos podem representar uma oportunidade importante para o país (SILVA, 2022).

A indústria de semicondutores é de extrema importância para a economia brasileira, principalmente nos setores automotivo e de energia solar. A pandemia da Covid-19 e a crise global de fornecimento de chips demonstraram a necessidade de ter uma indústria local capaz de suprir essa demanda. Além disso, a produção de chips é uma área estratégica para o desenvolvimento tecnológico, o que pode contribuir para a competitividade e o crescimento econômico do país no longo prazo.

Para atrair investimentos em semicondutores, o Brasil precisa enfrentar uma série de desafios, como a burocracia e a falta de infraestrutura. Embora incentivos fiscais dados pelo governo possam ser um primeiro passo, é necessário um esforço coordenado entre o setor público e o privado, com políticas claras e um ambiente favorável aos negócios e, assim, garantir o sucesso dessa empreitada. Para tanto, é necessário que haja investimento pesado em pesquisa e desenvolvimento (P&D), além de aumentar a escala da produção nacional, bem como de promover políticas públicas que incentivem a inovação e competitividade. Logo, com essas medidas, a indústria de semicondutores pode contribuir significativamente para o desenvolvimento econômico e tecnológico do país.

4 O IMPACTO DO SETOR DE SEMICONDUCTORES NA ECONOMIA BRASILEIRA

Neste capítulo, será apresentada a Matriz de Leontief, que é uma ferramenta utilizada para analisar o impacto intersetorial da produção econômica em um determinado país. Em particular, será demonstrado como essa matriz pode ser aplicada para medir o impacto da produção de semicondutores no Brasil, considerando as relações econômicas entre os setores envolvidos na produção e as demandas de consumo dos diferentes setores da economia brasileira.

4.1 A Matriz Insumo-Produto de Leontief

A Matriz de Insumo-Produto é parte essencial da economia moderna quando o assunto se trata de planejamento estratégico econômico. O economista russo, Wassily Leontief, ganhador do prêmio Nobel de Economia em 1973, foi o criador dessa matriz que desenvolveu durante a década de 1930, através de dados obtidos nos EUA, principalmente, a partir da Grande Depressão. Após isso, mais precisamente em 1941, não somente os EUA, como também diversos outros países, passaram a adotar a Matriz de Insumo-Produto como ferramenta de apoio na tomada de decisões estratégicas (IMB, 2017).

Segundo Feijó e Ramos (2013), Leontief sempre esteve preocupado com a análise detalhada de dados estatísticos como forma de prever fenômenos e comportamentos na economia. Dito isto, a Matriz de Leontief utiliza dos dados de produção dentro de uma economia, organizados em forma de matriz, para medir, estatisticamente, o impacto geral de investimentos (ou desinvestimentos) em setores específicos.

Outrossim, na visão de Guilhoto (2011), a matriz de Leontief é uma espécie de “fotografia econômica” tirada de uma economia setorizada, capaz de proporcionar uma visão única do funcionamento e interdependência individual de cada setor. E, deste modo, em suas palavras:

O que Leontief conseguiu realizar foi a construção de uma — fotografia econômica da própria economia; nesta fotografia, ele mostrou como os setores estão relacionados entre si - ou seja, quais setores suprem os outros de serviços e produtos e quais setores compram de quem. O resultado foi uma visão única e compreensível de como a economia funciona - como cada setor se torna mais ou menos dependente dos outros. Esse sistema de interdependência é formalmente demonstrado em uma tabela conhecida como tabela de insumo-produto (GUILHOTO, 2011, p. 11).

Com base no que diz Feijó e Ramos (2013), é possível facilitar a visualização dos fluxos das atividades econômicas através da Tabela de Transações, feita a partir das identidades econômicas listadas a seguir:

1. Produção \equiv consumo intermediário + valor adicionado
2. Produção \equiv consumo intermediário + consumo final – importações
3. Valor adicionado \equiv soma das rendas primárias

A identidade 1 representa os componentes da produção pela ótica dos custos, isto é, são os insumos necessários (produções de outros setores, salário, capital, etc.) a serem utilizados para suprir a produção. Já a identidade 2 é referente ao mesmo agregado, mas, agora, visto pela ótica de seus destinos (FEIJÓ e RAMOS, 2013).

A seguir está um modelo da Tabela de Transações (**Tabela 3**) que melhor representa os fluxos e as identidades supracitadas:

Tabela 3 – Tabela de Transações

	Demanda Intermediária			Subtotal	Demanda Final	VBP
	Setor 1	Setor 2	Setor 3			
Setor 1	G_{ij}			G_j	D_j	X_j
Setor 2						
Setor 3						
Subtotal	G_i					
Importações	M_j					
Rem. Trabalho	W_j					
Rem. Capital	K_j					
VBP	X_j					

Fonte: Elaborado pelo próprio Autor

Onde:

G_{ij} : é o valor da produção da atividade i consumido na atividade j ;

D_j : é a Demanda Final dividida para cada setor da economia; e

X_j : é o somatório da Demanda Intermediária acrescido da Demanda Final de cada setor.

Em forma matricial, como é representado por Feijó e Ramos (2013) os fluxos intermediários do produto podem ser simplificados da seguinte forma:

$$X = AX + Y \quad (01)$$

Onde “**X**” remete à produção total dos **n** setores, “**A**” é a matriz dos coeficientes técnicos e “**Y**” a demanda final por produto de cada setor. E, assim, é possível isolar “**X**” da seguinte maneira:

$$X = (I - A)^{-1} * Y \quad (02)$$

$$X = B * Y \quad (03)$$

Onde $B = (I - A)^{-1}$ é a matriz inversa de Leontief, utilizada para se obter os coeficientes técnicos diretos e indiretos. E a interpretação dessa matriz indica a produção total de determinado setor necessária para se obter a demanda final no setor, dada a tecnologia de produção.

Agora, partindo da visão de Miller e Blair (2009), após determinar a matriz inversa de Leontief, haverá duas direções para se seguir: modelo aberto e modelo fechado. No modelo aberto, a demanda final é tida como exógena, ademais, este modelo considera apenas os impactos diretos e indiretos da produção setorial. Já, no tocante do modelo fechado, a demanda final passa a ser endógena e o consumo das famílias se torna intrínseco, onde a remuneração destas famílias será destinada para a aquisição de bens e serviços, estimulando, de tal modo, a produção e o emprego. Assim sendo, o modelo fechado expõe os efeitos diretos e indiretos da produção setorial e, também, os efeitos de renda, induzidos pelo consumo. Deste modo, este será o modelo utilizado nesta monografia.

4.2 A Matriz de Insumo-Produto Brasileira (MIP – 2015)

A seguir está a **Tabela 4** que representa a Matriz (Z) de Insumo-Produto Brasileira, construída a partir dos dados disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). A Matriz de Insumo-Produto é uma ferramenta essencial para a análise da estrutura econômica de um país, pois representa as inter-relações entre os setores produtivos, permitindo calcular os impactos intersetoriais diretos e indiretos na economia. No entanto, é importante ressaltar que o IBGE elabora a matriz a cada cinco anos, e a última disponível é referente ao ano de 2015. Portanto, será utilizada a MIP de 2015 como base para realizar os cálculos dos impactos intersetoriais, considerando os efeitos diretos e indiretos na economia brasileira.

Tabela 4 – Matriz (Z) de Insumo-Produto Brasileira 2015 (valores correntes em R\$ 1.000.000,00)

Descrição do produto	01 Agropecuária	02 Ind. extrativas	03 Ind. de transformação	04 Elet. e gás, água, esgoto	05 Construção	06 Comércio	07 Transp. rmaz. e correio	08 Informação e comunicação	09 Ativ. Finan. de Seg. e Serv.	10 Atividades imobiliárias	11 Outras ativ. de serviços	12 Adm. def, saúde e edu. púb e seg social	Demanda Intermediária	Exportação de bens e serviços (1)	Consumo do governo	Consumo das ISFLSF	Consumo das famílias	Formação bruta de capital fixo	Variação de estoque	Demanda Final	Valor Bruto da Produção
01 Agropecuária	19.149	2	210.258	33	693	9.888	0	0	0	0	6.017	1.646	247.686	120.491	86	0	136.945	14.894	-4.037	268.379	516.065
02 Ind. extrativas	413	14.299	117.564	4.807	6.219	70	5	0	0	318	63	74	143.832	96.065	0	0	0	8.690	7.457	112.212	256.044
03 Ind. de transformação	101.153	29.230	773.702	24.956	132.642	62.408	94.158	9.398	5.023	5.094	104.777	31.034	1.373.575	436.966	11.290	0	1.690.561	365.623	-29.451	2.474.989	3.848.564
04 Elet. e gás, água, esgoto	11.247	2.831	43.198	89.966	730	19.217	2.890	2.516	2.329	681	24.458	20.964	221.027	4	0	0	126.421	0	439	126.864	347.891
05 Construção	287	3.338	2.519	4.212	60.474	1.034	1.600	5.835	1.714	1.625	5.230	17.147	105.015	4.698	0	0	0	562.518	0	567.216	672.231
06 Comércio	26.658	7.206	203.543	5.859	34.038	27.970	21.424	8.047	2.593	1.642	43.928	14.508	397.416	5.547	0	0	42.731	0	0	48.278	445.694
07 Transp. rmaz. e correio	9.738	22.050	138.468	5.993	7.542	55.505	57.706	3.005	7.805	429	26.169	13.684	348.094	23.483	0	0	129.921	0	0	153.404	501.498
08 Informação e comunicação	41	982	15.238	2.107	1.352	14.328	3.818	42.760	22.724	771	56.162	21.022	181.305	6.720	0	0	137.121	66.550	159	210.550	391.855
09 Ativ. Finan. de Seg. e Serv.	7.305	5.759	48.498	6.977	9.000	25.287	12.432	9.962	71.121	20.678	24.297	53.690	295.006	13.696	1.926	0	285.322	0	0	300.944	595.950
10 Atividades imobiliárias	19	386	5.556	1.518	1.145	40.687	3.719	4.684	6.039	1.636	28.121	4.755	98.265	5.598	0	0	493.031	0	0	498.629	596.894
11 Outras ativ. de serviços	1.727	25.833	134.721	17.449	15.527	93.356	30.952	52.550	62.411	4.636	141.349	100.800	681.311	60.200	36.280	87.323	705.817	51.122	0	940.742	1.622.053
12 Adm, def, saúde e edu. púb e seg social	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.136.194	0	0	0	0	1.136.194	1.136.194
Margem de comércio	63.463	12.303	839.203	4.863	0	-930.417	0	10.585	0	0	0	0								6.838.401	10.930.933
Margem de transporte	13.048	7.053	55.224	0	0	0	-75.392	67	0	0	0	0									
Impostos, líq. de sub., sobre produtos	12.671	4.905	504.242	49.772	33.130	2.079	29.139	46.110	70.115	1.132	86.891	0									
Importação de bens e serviços	12.561	53.531	563.313	4.599	2.517	2.502	20.088	16.727	26.695	5.025	135.056	0									
VBP	516.065	256.044	3.848.564	347.891	672.231	445.694	501.498	391.855	595.950	596.894	1.622.053	1.136.194									

Fonte: IBGE (2015), adaptado pelo Autor

A partir da Matriz de Insumo-Produto estruturada, é possível retirar algumas informações importantes da economia e de como ela está dividida e estabelecida no Brasil. E inicialmente será apresentado (**Tabela 5**) o cálculo do PIB de 2015 utilizando como método a abordagem Keynesiana através da equação:

$$Y = C + I + G + (X - M) \quad (04)$$

No entanto, com base nas informações dispostas pelo IBGE (2015), será acrescentado a esta equação a “Variação de Estoque”, representada pela sigla “ ΔS ”:

$$Y = C + I + G + (X - M) + \Delta S \quad (05)$$

Tabela 5 – Cálculo do PIB (2015) utilizando a abordagem Keynesiana

Descrição do produto	Consumo das ISFLSF	Consumo das famílias	Formação bruta de capital fixo	Consumo do governo	Exportação de bens e serviços (1)	Importação de bens e serviços	Variação de estoque	Produto Interno Bruto
01 Agropecuária	0	136.945	14.894	86	120.491	12.561	-4.037	255.818
02 Ind. extrativas	0	0	8.690	0	96.065	53.531	7.457	58.681
03 Ind. de transformação	0	1.690.561	365.623	11.290	436.966	563.313	-29.451	1.911.676
04 Elet. e gás, água, esgoto	0	126.421	0	0	4	4.599	439	122.265
05 Construção	0	0	562.518	0	4.698	2.517	0	564.699
06 Comércio	0	42.731	0	0	5.547	2.502	0	45.776
07 Transp, mraz. e correio	0	129.921	0	0	23.483	20.088	0	133.316
08 Informação e comunicação	0	137.121	66.550	0	6.720	16.727	159	193.823
09 Ativ. Finan. de Seg. e Serv.	0	285.322	0	1.926	13.696	26.695	0	274.249
10 Atividades imobiliárias	0	493.031	0	0	5.598	5.025	0	493.604
11 Outras ativ. de serviços	87.323	705.817	51.122	36.280	60.200	135.056	0	805.686
12 Adm, def, saúde e edu. públ e seg social	0	0	0	1.136.194	0	0	0	1.136.194
TOTAL	87.323	3.747.870	1.069.397	1.185.776	773.468	842.614	-25.433	5.995.787

$$C + I + G + (X - M) + \Delta S = Y$$

Fonte: IBGE (2015), adaptado pelo Autor

Após efetuado o cálculo do produto, é possível verificar a participação (%) de cada setor dentro da economia, dividindo o montante da produção setorial pelo montante da produção total e multiplicando por 100:

$$Ps = (Ms / PIB) * 100 \quad (6)$$

Onde:

Ps: representa a participação percentual de um determinado setor na economia.

Ms: é o montante da produção do setor específico.

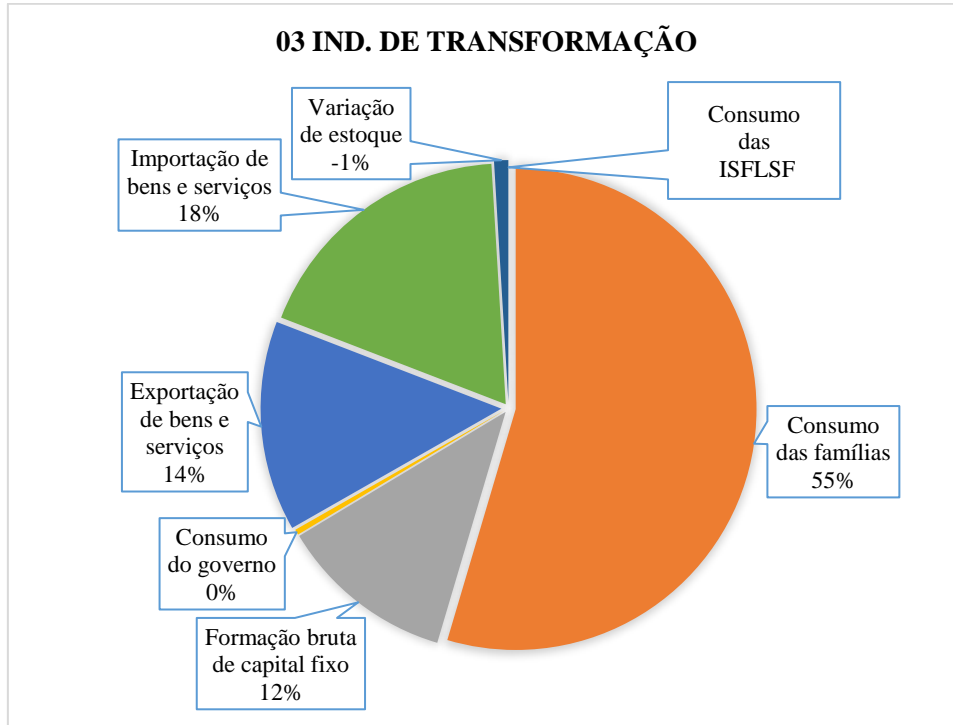
PIB: é o montante total da produção bruta na economia.

Tabela 6 – Participação setorial no PIB

Descrição do produto	PIB 2015 (R\$ 5,9 tri)	Participação (%)
01 Agropecuária	255.818	4,27%
02 Ind. extrativas	58.681	0,98%
03 Ind. de transformação	1.911.676	31,88%
04 Elet. e gás, água, esgoto	122.265	2,04%
05 Construção	564.699	9,42%
06 Comércio	45.776	0,76%
07 Transp, rmaz. e correio	133.316	2,22%
08 Informação e comunicação	193.823	3,23%
09 Ativ. Finan. de Seg. e Serv.	274.249	4,57%
10 Atividades imobiliárias	493.604	8,23%
11 Outras ativ. de serviços	805.686	13,44%
12 Adm, def, saúde e edu. púb e seg social	1.136.194	18,95%
TOTAL	5.995.787	100,00%

Fonte: IBGE (2015), adaptado pelo Autor

Gráfico 4 – Composição da Demanda Final da Indústria de Transformação



Fonte: IBGE (2015), adaptado pelo Autor

Partindo, agora, dos dados encontrados na **Tabela 6**, é possível notar que o setor com maior destaque na economia brasileira é a Indústria de Transformação, representando aproximadamente 31,88% do Produto Interno Bruto (PIB). Essa significativa participação ressalta a importância desse setor para o desenvolvimento econômico do país. No entanto, ao analisar novamente a **Tabela 5**, percebe-se que a maior parcela da produção da Indústria de Transformação é demandada pelo consumo das famílias, evidenciando a relevância do mercado interno como impulsionador dessa indústria. É importante ressaltar, porém, que uma parcela significativa da produção é absorvida por meio de importações, as quais ainda superam as exportações, como é observado no **Gráfico 4**. Esse desequilíbrio entre importações e exportações pode indicar a necessidade de fortalecer a competitividade do setor, bem como incentivar investimentos na indústria de semicondutores brasileira, visando reduzir a dependência externa e aumentar a participação do país no mercado global desses componentes essenciais para a tecnologia e inovação.

Tabela 7 – Percentual do PIB utilizado como Investimento

Descrição do produto	Formação bruta de capital fixo (2015)	Participação no PIB (%)
01 Agropecuária	14.894	0,25%
02 Ind. extrativas	8.690	0,14%
03 Ind. de transformação	365.623	6,10%
04 Elet. e gás, água, esgoto	0	0,00%
05 Construção	562.518	9,38%
06 Comércio	0	0,00%
07 Transp, rmaz. e correio	0	0,00%
08 Informação e comunicação	66.550	1,11%
09 Ativ. Finan. de Seg. e Serv.	0	0,00%
10 Atividades imobiliárias	0	0,00%
11 Outras ativ. de serviços	51.122	0,85%
12 Adm, def, saúde e edu. púb e seg social	0	0,00%
TOTAL	1.069.397	17,84%

Fonte: IBGE (2015), adaptado pelo Autor

No que diz respeito aos investimentos, é fundamental destacar a proporção do Produto Interno Bruto (PIB) que o governo brasileiro direciona para a Formação Bruta de Capital Fixo. A **Tabela 7** apresenta a distribuição percentual do investimento por setor da economia. Verifica-se que aproximadamente 18% do PIB é direcionado para investimentos em capital fixo, dos quais cerca de 6% e 9% correspondem, respectivamente, à Indústria de Transformação e à Construção. Esses setores desempenham um papel fundamental para o fomento do ecossistema de semicondutores.

4.3 O Modelo de Microssimulação de Impacto Intersectorial

O Modelo de Microssimulação de Impacto Intersectorial baseado na Matriz Inversa de Leontief é uma ferramenta econômica que permite analisar os efeitos de mudanças ou choques em diferentes setores da economia. Esse modelo é construído a partir de uma matriz de insumo-produto, que registra as interações entre os diversos setores econômicos, representando suas relações de demanda e oferta. A Matriz Inversa de Leontief descreve a relação entre a produção de cada setor e o uso de insumos provenientes de outros setores. A partir dessa matriz, é possível estimar como uma alteração em uma determinada atividade econômica afeta não apenas o setor em questão, mas também os demais setores interconectados. Essa abordagem permite uma compreensão mais abrangente dos impactos intersectoriais, auxiliando na formulação de políticas econômicas, no planejamento estratégico e na avaliação de projetos de investimento, fornecendo informações valiosas sobre os efeitos multiplicadores e encadeamentos produtivos na economia.

Para efetivação dos cálculos necessários para se chegar ao Modelo de Microssimulação, será utilizada a Matriz (Z) de Insumo-Produto Brasileira 2015 (**Tabela 4**) apresentada na subseção anterior. Com base nessa matriz, será calculada a Matriz (A) dos Coeficientes Técnicos, a Matriz (I) Identidade, a Matriz $I-A$ e a Matriz (B) Inversa de Leontief, para que, a partir desta última, seja elaborado o modelo almejado.

A Matriz (A) dos Coeficientes Técnicos é uma representação numérica que descreve as relações de interdependência entre os setores econômicos em termos dos insumos necessários para a produção de uma unidade monetária. Por meio dessa matriz, é possível identificar os fluxos de insumos diretos entre os setores, ou seja, quais setores são fornecedores diretos de outros setores. No entanto, a matriz de coeficientes técnicos não fornece informações sobre os efeitos indiretos ou encadeamentos produtivos que ocorrem em toda a cadeia produtiva. Ainda assim, essa matriz é uma parte fundamental para a construção da matriz de Leontief. A mesma é calculada a partir da demanda intermediária de cada setor da economia (G_{ij}), dividida pelo valor total da produção da atividade (j) Dessa forma, obtém-se:

$$C_{ij} = \frac{G_{ij}}{X_i} \quad (7)$$

Onde:

C_{ij} : é o coeficiente técnico do setor “G” que representa o valor produzido na atividade i e consumido pela atividade j para produzir uma unidade monetária.

Após calcular individualmente cada coeficiente técnico com base na Matriz (Z) de Insumo-Produto Brasileira (**Tabela 4**) e organizá-los, obtém-se a Matriz (A) dos Coeficientes Técnicos (**Tabela 8**):

Tabela 8 – Matriz (A) dos Coeficientes Técnicos

0,0371	0,0000	0,0546	0,0001	0,0010	0,0222	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0037	0,0014
0,0008	0,0558	0,0305	0,0138	0,0093	0,0002	0,0000	0,0000	0,0000	0,0005	0,0000	0,0001
0,1960	0,1142	0,2010	0,0717	0,1973	0,1400	0,1878	0,0240	0,0084	0,0085	0,0646	0,0273
0,0218	0,0111	0,0112	0,2586	0,0011	0,0431	0,0058	0,0064	0,0039	0,0011	0,0151	0,0185
0,0006	0,0130	0,0007	0,0121	0,0900	0,0023	0,0032	0,0149	0,0029	0,0027	0,0032	0,0151
0,0517	0,0281	0,0529	0,0168	0,0506	0,0628	0,0427	0,0205	0,0044	0,0028	0,0271	0,0128
0,0189	0,0861	0,0360	0,0172	0,0112	0,1245	0,1151	0,0077	0,0131	0,0007	0,0161	0,0120
0,0001	0,0038	0,0040	0,0061	0,0020	0,0321	0,0076	0,1091	0,0381	0,0013	0,0346	0,0185
0,0142	0,0225	0,0126	0,0201	0,0134	0,0567	0,0248	0,0254	0,1193	0,0346	0,0150	0,0473
0,0000	0,0015	0,0014	0,0044	0,0017	0,0913	0,0074	0,0120	0,0101	0,0027	0,0173	0,0042
0,0033	0,1009	0,0350	0,0502	0,0231	0,2095	0,0617	0,1341	0,1047	0,0078	0,0871	0,0887
0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Fonte: IBGE (2015), adaptado pelo Autor

Seguindo, agora, é feita a montagem da Matriz (I) Identidade, que segue um padrão de para matrizes quadráticas onde todos os números na diagonal principal – do canto superior esquerdo, indo até o canto inferior direito – são preenchidos com “1” e os demais números são “0”. Assim como se observa a seguir (**Tabela 9**):

Tabela 9 – Matriz (I) Identidade

1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Fonte: Elaborado pelo próprio Autor

Continuando os cálculos para se chegar à Matriz (B) Inversa de Leontief, será feita a diferença entre matrizes (**Tabela 10**), tal como é representado na **Equação 10**. E, em seguida, será realizada a inversão desta diferença entre matrizes, assim como foi exemplificado na **Equação 02** nesta seção.

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix} \quad (08)$$

$$B = \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \end{pmatrix} \quad (09)$$

$$C = A - B = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} c_{11} & c_{12} \\ c_{21} & c_{22} \end{pmatrix} \quad (10)$$

Tabela 10 – Matriz I-A

0,9629	0,0000	-0,0546	-0,0001	-0,0010	-0,0222	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	-0,0037	-0,0014
-0,0008	0,9442	-0,0305	-0,0138	-0,0093	-0,0002	0,0000	0,0000	0,0000	-0,0005	0,0000	-0,0001
-0,1960	-0,1142	0,7990	-0,0717	-0,1973	-0,1400	-0,1878	-0,0240	-0,0084	-0,0085	-0,0646	-0,0273
-0,0218	-0,0111	-0,0112	0,7414	-0,0011	-0,0431	-0,0058	-0,0064	-0,0039	-0,0011	-0,0151	-0,0185
-0,0006	-0,0130	-0,0007	-0,0121	0,9100	-0,0023	-0,0032	-0,0149	-0,0029	-0,0027	-0,0032	-0,0151
-0,0517	-0,0281	-0,0529	-0,0168	-0,0506	0,9372	-0,0427	-0,0205	-0,0044	-0,0028	-0,0271	-0,0128
-0,0189	-0,0861	-0,0360	-0,0172	-0,0112	-0,1245	0,8849	-0,0077	-0,0131	-0,0007	-0,0161	-0,0120
-0,0001	-0,0038	-0,0040	-0,0061	-0,0020	-0,0321	-0,0076	0,8909	-0,0381	-0,0013	-0,0346	-0,0185
-0,0142	-0,0225	-0,0126	-0,0201	-0,0134	-0,0567	-0,0248	-0,0254	0,8807	-0,0346	-0,0150	-0,0473
0,0000	-0,0015	-0,0014	-0,0044	-0,0017	-0,0913	-0,0074	-0,0120	-0,0101	0,9973	-0,0173	-0,0042
-0,0033	-0,1009	-0,0350	-0,0502	-0,0231	-0,2095	-0,0617	-0,1341	-0,1047	-0,0078	0,9129	-0,0887
0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000

Fonte: IBGE (2015), adaptado pelo Autor

Tabela 11 – Matriz (B) Inversa de Leontief $(I-A)^{-1}$ - Matriz de Efeitos Diretos e Indiretos

1,0573	0,0142	0,0773	0,0106	0,0211	0,0429	0,0196	0,0056	0,0030	0,0011	0,0119	0,0063
0,0111	1,0667	0,0433	0,0253	0,0211	0,0108	0,0103	0,0027	0,0014	0,0012	0,0043	0,0028
0,2952	0,2160	1,3213	0,1601	0,3125	0,2853	0,3061	0,0699	0,0373	0,0158	0,1159	0,0649
0,0419	0,0275	0,0307	1,3572	0,0142	0,0788	0,0217	0,0175	0,0112	0,0027	0,0284	0,0308
0,0024	0,0174	0,0032	0,0196	1,1005	0,0076	0,0059	0,0199	0,0054	0,0033	0,0057	0,0184
0,0800	0,0573	0,0873	0,0415	0,0836	1,1065	0,0763	0,0372	0,0147	0,0051	0,0434	0,0248
0,0491	0,1254	0,0747	0,0444	0,0431	0,1784	1,1582	0,0229	0,0242	0,0033	0,0335	0,0244
0,0081	0,0169	0,0149	0,0178	0,0115	0,0593	0,0208	1,1336	0,0556	0,0041	0,0475	0,0298
0,0304	0,0423	0,0322	0,0410	0,0310	0,0945	0,0464	0,0416	1,1429	0,0407	0,0279	0,0613
0,0096	0,0116	0,0127	0,0128	0,0121	0,1104	0,0189	0,0210	0,0165	1,0040	0,0249	0,0100
0,0452	0,1572	0,0886	0,1040	0,0705	0,3033	0,1187	0,1860	0,1468	0,0162	1,1248	0,1210
0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000

Fonte: IBGE (2015), adaptado pelo Autor

Após a montagem da Matriz (B) Inversa de Leontief (**Tabela 11**), para se medir a Variação Absoluta da Produção (ΔX) basta multiplicar esta matriz por uma variação na Demanda Final (ΔY), conforme demonstra a **Equação 11**. Para isso, inicialmente será considerado um reinvestimento igual ao que foi apresentado na **Tabela 7** desta seção.

$$\Delta X = (I - A)^{-1} * \Delta Y \quad (11)$$

Tabela 12 – Modelo de Microssimulação da ΔX dado ΔY – (Cenário 1)

Descrição do produto	Variação Bruta do Investimento - ΔY (%)	Variação Percentual da Produção - ΔX (%)	Absorção do Aumento da Produção (%)
01 Agropecuária	0,25%	11,04%	3,10%
02 Ind. extrativas	0,14%	14,67%	2,04%
03 Ind. de transformação	6,10%	17,56%	36,73%
04 Elet. e gás, água, esgoto	0,00%	6,52%	1,23%
05 Construção	9,38%	92,53%	33,81%
06 Comércio	0,00%	19,15%	4,64%
07 Transp, rmaz. e correio	0,00%	11,29%	3,08%
08 Informação e comunicação	1,11%	22,99%	4,90%
09 Ativ. Finan. de Seg. e Serv.	0,00%	5,74%	1,86%
10 Atividades imobiliárias	0,00%	2,41%	0,78%
11 Outras ativ. de serviços	0,85%	8,87%	7,83%
12 Adm, def, saúde e edu. púb e seg social	0,00%	0,00%	0,00%
TOTAL	17,84%	212,77%	100,00%

Fonte: IBGE (2015), adaptado pelo Autor

A **Tabela 12** supõe um cenário (**Cenário 1**), onde há reinvestimento percentual exatamente igual ao que foi informado pelo IBGE (2015) (**Tabela 7**) e, com base nela, torna-se perceptível a capacidade de absorção de todos os setores da economia, dado a parcela do PIB destinada para formação de capital. Deste modo, é possível aferir que, investimentos somados próximos à casa dos 15% do PIB, aplicados nos setores de Indústria de Transformação Construção, retornam a mais de 200% de variação no Valor Bruto de Produção (VPB), onde, cerca de, 70% desse investimento é absorvido por esses dois setores e o restante é distribuído entre os demais que utilizam do que é produzido por esses dois grandes polos da indústria brasileira.

Tabela 13 – Modelo de Microsimulação da ΔX dado ΔY – (Cenário 2)

Descrição do produto	Varição Bruta do Investimento - ΔY (%)	Varição Percentual da Produção - ΔX (%)	Absorção do Aumento da Produção (%)
01 Agropecuária	0,25%	18,82%	2,81%
02 Ind. extrativas	0,14%	25,51%	1,89%
03 Ind. de transformação	12,20%	34,68%	38,56%
04 Elet. e gás, água, esgoto	0,00%	12,04%	1,21%
05 Construção	18,76%	184,80%	35,89%
06 Comércio	0,00%	36,86%	4,75%
07 Transp, rmaz. e correio	0,00%	21,57%	3,13%
08 Informação e comunicação	1,11%	26,03%	2,95%
09 Ativ. Finan. de Seg. e Serv.	0,00%	10,64%	1,83%
10 Atividades imobiliárias	0,00%	4,32%	0,75%
11 Outras ativ. de serviços	0,85%	13,32%	6,24%
12 Adm, def, saúde e edu. púb e seg social	0,00%	0,00%	0,00%
TOTAL	33,32%	388,59%	100,00%

Fonte: IBGE (2015), adaptado pelo Autor

Agora, para fins de demonstração, a **Tabela 13** supõe um segundo cenário (**Cenário 2**) em que o governo dobra os investimentos em Construção e Indústria de Transformação. Onde os valores investidos estão voltados para o ecossistema de semicondutores, seja por meio de financiamentos, subsídios ou, até mesmo, aplicações diretas em empresas estatais novas ou já existentes, como a CEITEC. Neste cenário, os maiores beneficiados são, notoriamente, os setores onde os investimentos foram dobrados, principalmente para a Construção que se destacou com, aproximadamente, 185% de variação da Demanda Intermediária somada à Demanda Final. Esse destaque no setor de Construção deve, realmente, ser significativo, levando em conta os custos com infraestrutura demandados pela indústria de semicondutores.

No tocante da Indústria de Transformação, a mesma obteve um avanço de 17,56% no **Cenário 1**, para algo próximo dos 35% (**Cenário 2**) de variação percentual do Valor Bruto de Produção (VBP), ficando, ainda, com a maior parcela (38,56%) de absorção do aumento geral da produção. Já o setor de Construção absorveu, aproximadamente, 35,89% do aumento no VBP, enquanto os demais setores se dividiram com parcelas menores de absorção.

É importante ressaltar que o segundo cenário não leva em consideração a possibilidade de dobrar os investimentos na Construção e Indústria de Transformação a curto prazo, mas sim a médio ou longo prazo. Isso ocorre devido à necessidade de tempo significativo para implantar a infraestrutura, criar e testar os ambientes de trabalho, além de estabelecer salas limpas e treinar pessoal especializado. Embora haja recursos suficientes para esses investimentos, a indústria de semicondutores demanda um processo complexo que requer tempo considerável para ser concluído.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como visto neste trabalho, a indústria de semicondutores, de forma geral, desempenha um papel crucial na economia global e no avanço da tecnologia. Tratando-se da base para a fabricação de dispositivos eletrônicos, os semicondutores são essenciais para uma ampla gama de setores, incluindo eletrônica de consumo, comunicações, automotivo, saúde, energia e defesa. A capacidade que os semicondutores têm de funcionarem como condutores ou isolantes, dependendo das circunstâncias, permite sua aplicação versátil em uma variedade de dispositivos que se estende desde computadores e celulares até automóveis e até mesmo placas solares. Além disso, a indústria de semicondutores impulsiona a inovação tecnológica, criando novas oportunidades de negócios, aumentando a competitividade das empresas e contribuindo para o crescimento econômico. Sua importância estratégica é amplamente reconhecida, levando países e empresas a investirem significativamente na produção e desenvolvimento de semicondutores para atender à crescente demanda global por tecnologia.

A indústria mundial de semicondutores é caracterizada por ciclos de preços que alternam entre períodos de retração e investimento. Esses períodos de retração tendem a ser curtos devido à ampla utilização dos componentes em diversas aplicações. A predominância das empresas de semicondutores está concentrada na Ásia e América do Norte, onde se encontram a maioria das grandes companhias, como destacado por Udin (2022). A *Samsung* lidera o ranking global de vendas, excluindo as empresas que apenas fabricam (*pure-play Foundries*), com uma participação de mercado de 13%. Além disso, as empresas *fabless*, como *Nvidia* e *AMD*, têm ganhado destaque, sendo líderes no segmento de placas de vídeo, mas dependendo de empresas terceirizadas para a produção de seus chips.

No contexto brasileiro, o Estado tem investido no setor de semicondutores desde os anos 2000, conforme mencionado por Phillipin (2016), por meio de políticas públicas, investimentos em infraestrutura fabril e atividades de P&D. As três principais empresas envolvidas na produção de circuitos integrados e componentes fotônicos no Brasil são CEITEC, Unitec Semicondutores e *BrPhotonics*. A CEITEC, criada pelo governo brasileiro, já desenvolvem chips que atendem uma pequena parcela do que é consumido internamente, além de promover a capacitação de profissionais brasileiros na área de microeletrônica. E esses esforços demonstraram o interesse do Estado em impulsionar essa indústria no país.

Este estudo apresentou, ainda, a análise do impacto econômico dos investimentos estatais na indústria de semicondutores no Brasil. E nele, constatou-se que, a opção do governo

pelo cenário favorável ao investimento em larga escala no ecossistema interno de semicondutores, apresentou valores percentuais expressivos e impactantes para a economia. Notavelmente, o setor da Construção registra um aumento de aproximadamente 185% na Demanda Intermediária, somada à Demanda Final, o que pode evidenciar a necessidade de investimento em infraestrutura utilizada para sustentar a indústria de semicondutores. Esse resultado enfatiza o papel do setor de Construção no êxito da implantação e expansão de atividades econômicas intensivas em tecnologia microeletrônica.

Além disso, a Indústria de Transformação apresenta um avanço considerável em termos percentuais. No Cenário 1, de investimento percentual igual ao já praticado, o setor já registra um aumento de 17,56% no Valor Bruto de Produção (VBP), enquanto que no Cenário 2, onde há o foco em Construção e Indústria de Transformação, esse valor praticamente dobra, chegando a cerca de 35% de aumento no VBP. Essa significativa variação percentual demonstra o potencial de crescimento e a importância estratégica da Indústria de Transformação na cadeia produtiva. Ademais, é importante ressaltar que esse setor também absorve a maior parcela (38,56%) do aumento geral da produção, consolidando sua posição como um dos principais beneficiários dos investimentos na indústria de semicondutores.

No entanto, é importante ressaltar algumas limitações deste trabalho. Primeiramente, a análise se concentrou principalmente nos efeitos diretos nos setores da Construção e da Indústria de Transformação, deixando de explorar outros setores que também podem ser impactados. Além disso, aspectos ambientais, sociais e de sustentabilidade não foram abordados em detalhes, deixando espaço para pesquisas futuras que considerem os mesmos de forma mais abrangente.

Sugere-se que estudos futuros ampliem a análise para incluir outros setores econômicos afetados pelos investimentos na indústria de semicondutores, bem como utilizem de dados mais atualizados para as análises, evitando a defasagem das informações, tendo em vista que os dados disponíveis pelo IBGE para a estruturação da Matriz Insumo-Produto brasileira, remetem ao ano de 2015. Além disso, a análise dos impactos ambientais e sociais associados a esses investimentos, podem, também, ser abordados em futuros estudos, levando em consideração a sustentabilidade e os desafios inerentes a esse setor. Do mesmo modo, pesquisas mais detalhadas dos encadeamentos produtivos e dos efeitos intersetoriais também devem fornecer uma compreensão mais completa do impacto econômico desses investimentos ou, ainda, trabalhos voltados para o estudo das políticas desenvolvimentistas adotadas pelo governo no tocante do ecossistema de semicondutores no Brasil.

Em síntese, as informações apresentadas neste estudo enfatizam o potencial dos investimentos em larga escala na indústria de semicondutores para impulsionar a economia brasileira. Os resultados obtidos demonstraram aumentos significativos na demanda intermediária, no Valor Bruto de Produção (VBP) e na absorção de produção nos setores de Construção e Indústria de Transformação. Esses dados destacam a importância estratégica desses setores, ao mesmo tempo em que ilustram o efeito multiplicador dos investimentos no segmento de semicondutores.

Nesse contexto, é fundamental reconhecer o papel do Estado como o principal agente responsável pela criação e manutenção de um ecossistema favorável à Indústria de Semicondutores. É necessário, ainda, que o governo implemente políticas públicas e incentivos que promovam a pesquisa e desenvolvimento nesse setor, facilitem a formação de parcerias estratégicas entre empresas e instituições de ensino e invistam em infraestrutura tecnológica e capacitação de mão de obra especializada. Somente assim, será possível usufruir dos benefícios econômicos e tecnológicos dessa indústria, fomentando a inovação, a competitividade e o crescimento sustentável do Brasil no cenário global.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCÁCER, Luiz. **Física do Estado Sólido**. 2013. Disponível em: http://www.lx.it.pt/~alcacer/FisicaEstadoSolido_v4.pdf. Acesso em: 16 jan. 2023.
- ARAÚJO, Theodoro Parizzi Horta. **ESCASSEZ MUNDIAL DE SEMICONDUTORES: OS IMPACTOS NA ECONOMIA BRASILEIRA**. Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: https://www.econ.puc-rio.br/uploads/adm/trabalhos/files/Theodoro_Parizzi_Horta_Araujo_Mono_22.2.pdf. Acesso em: 18 jan. 2023.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE SEMICONDUTORES (ABISEMI). **PLANO DE AÇÃO: PRODUÇÃO DE COMPONENTES SEMICONDUTORES NO BRASIL**. Brasília, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/produtividade-e-comercio-exterior/pt-br/ambiente-de-negocios/competitividade-industrial/setor-automotivo/PlanoBrasilSemicondutores.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2023.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE SEMICONDUTORES (ABISEMI). **SOBRE A ABISEMI**. Brasília, 2019. Disponível em: <https://www.abisemi.org.br/abisemi/arquivosUpload/FCE09CEE71B2FC43.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2023.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DAS EMPRESAS INOVADORAS (ANPEI). **Empresa 100% brasileira inaugura moderna fábrica de células solares orgânicas**. São Paulo, 2016. Disponível em: <https://anpei.org.br/empresa-100-brasileira-inaugura-moderna-fabrica-de-celulas-solares-organicas/>. Acesso em: 12 fev. 2023.
- BAMPI, S. (Ed.). **Perspectivas do investimento em eletrônica**. Rio de Janeiro: UFRJ, Instituto de Economia, 2008/2009. Relatório integrante da pesquisa “Perspectivas do Investimento no Brasil”, em parceria com o Instituto de Economia da Unicamp, financiada pelo Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES). Disponível em: http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/empresa/pesquisa/pib/pib_eletronica.pdf. Acesso em: 18 jan. 2023.
- BERTOLI, R. A. **ELETRÔNICA**. Campinas, 2000. Disponível em: https://www.cin.ufpe.br/~es238/arquivos/referencias/transistores/apostila_eletronica_unicamp.pdf. Acesso em: 12 jan. 2023.
- BOUÇAS, Cibelle. **Morpho inicia processamento de chip em Taubaté**. 2011. Disponível em: <https://valor.globo.com/empresas/noticia/2011/12/08/morpho-inicia-processamento-de-chip-em-taubate.ghtml>. Acesso em: 21 fev. 2023.
- BUENO, S. R. **Chip local reduz custo da cadeia do frio**. Valor Econômico, out. 2015. Disponível em: <http://www.valor.com.br/empresas/4266690/chip-local-reduz-custoda-cadeia-do-frio>. Acesso em: 15 abr. 2023.
- BUILD YOUR DREAMS, 2023. **Linha do Tempo BYD**. Disponível em: <https://www.byd.com.br/sobre/>. Acesso em: 21 fev. 2023.

CEITEC S.A. **PLANO ESTRATÉGICO: Ciclo 2020-2024**. Porto Alegre, 2020. Disponível em: <http://www.ceitec-sa.com/pt/Documentos%20Publicos/Plano%20Estrategico%20-%20Ciclo%202020%20-%202024.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2023.

CEITEC S.A. **Relatório anual 2012**. Porto Alegre, 2013.

CEITEC S.A. **Relatório anual 2013**. Porto Alegre, 2014.

CEITEC S.A. **Relatório anual 2014**. Porto Alegre, 2015.

CEITEC S.A. **Relatório anual 2015**. Porto Alegre, 2016.

CIGANA, C. **O futuro da CEITEC: governo avalia abrir as portas da empresa ao capital privado**. Zero Hora, abr. 2013. Disponível em: <https://gauchazh.clicrbs.com.br/geral/noticia/2013/04/o-futuro-da-ceitec-governo-avalia-abrir-as-portas-da-empresa-ao-capital-privado-4120142.html>. Acesso em: 24 fev. 2023.

CONSUMER NEWS AND BUSINESS CHANNEL (CNBC). **Carmakers have been hit hard by a global chip shortage — here’s why**. 2021. Disponível em: <https://www.cnbc.com/2021/02/08/carmakers-have-been-hit-hard-by-a-global-chip-shortage-heres-why-.html>. Acesso em: 18 set. 2022.

COSTA, Cristyan. **Deficitária, estatal do ‘chip do boi’ está prestes a fechar as portas**. São Paulo, 2021. Disponível em: <https://revistaoste.com/economia/deficitaria-estatal-do-chip-do-boi-esta-prestes-a-fechar-as-portas/>. Acesso em: 15 abr. 2023.

DANTAS, Abilio. **Notebooks e smartphones tiveram altas de preço superiores a 39% de 30%, respectivamente, desde o início da pandemia**. Belém – PA, 2022. Disponível em: <https://www.oliberal.com/economia/notebooks-e-smartphones-tiveram-altas-de-preco-superiores-a-39-de-30-respectivamente-desde-o-inicio-da-pandemia-1.495800#:~:text=Os%20preços%20de%20notebooks%20e,alta%20de%2030%2C8%25>. Acesso em: 05 jul. 2023.

DE NEGRI, Fernanda. **Novos Caminhos para a inovação no Brasil**. IPEA. Washington, DC: Wilson Center, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/8441>. Acesso em: 05 jul. 2023.

FEIJÓ, Carmem Aparecida; RAMOS, Roberto Luis Olinto. **Contabilidade Social: Referência atualizada das Contas Nacionais do Brasil**. Rio de Janeiro - RJ: Elsevier Editora Ltda, 2013.

FILIPPIN, Flávia. **Estado e Desenvolvimento: a indústria de semicondutores no Brasil**. 2016. Dissertação (Mestrado em Economia) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Econômicas, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2016. Disponível em: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/19660/1/Premio37_Mestrado.pdf. Acesso em: 18 set. 2022.

GLOBO BRASIL. **SOBRE NÓS**. 2022. Disponível em: <https://www.paineisglobobrasil.com.br/sobre-nos/>. Acesso em: 21 fev. 2023.

GRUPO DE TRABALHO DE ENERGIA SOLAR (GTES). **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2004.pdf. Acesso em: 16 jan. 2023.

GRUPO MULTI. **Resultados 4T22 e 2022**. 2023. Disponível em: <https://api.mziq.com/mzfilemanager/v2/d/0d3ffa68-6034-4fe9-b934-6f33fa35d31c/fba6c137-f365-27f3-2fe2-f2daf09dc1d0?origin=1>. Acesso em: 12 mai. 2023.

GUILHOTO, Joaquim José Martins. **Análise de Insumo Produto: Teoria e Fundamentos**. São Paulo, 2004. Disponível em: <http://www.erudito.fea.usp.br/PortalFEA/Repositorio/835/Documentos/Guilhoto%20Insumo%20Produto.pdf>. Acesso em: 16 jan. 2023.

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

IC INSIGHTS. **The McClean Report**. Scottsdale, Arizona USA: IC Insights, 2015.

IC INSIGHTS. **Top semiconductor R&D leaders ranked for 2014**. IC Insights Research Bulletin, fev. 2015. Disponível em: <http://www.icinsights.com/data/articles/documents/760.pdf>. Acesso em: 18 jan. 2023.

IC INSIGHTS. **Top Ten (+7) Semiconductor Companies In 2021 – IC Insights**. 2022. Disponível em: <https://www.electronicweekly.com/blogs/mannerisms/ten-best/top-ten-7-semiconductor-companies-2021-2022-04/>. Acesso em: 21 jan. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA (IBGE). **Matriz de Insumo-Produto**. 2015. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/contas-nacionais/9085-matriz-de-insumo-produto.html>. Acesso em: 18 set. 2022.

INSTITUTO MAURO BORGES DE ESTATÍSTICAS E ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS (IMB). **Matriz de Insumo e Produto: uma aplicação para a economia Goiana**. Goiânia, 2017. Disponível em: <https://www.imb.go.gov.br/files/docs/publicacoes/estudos/2017/matriz-de-Insumo-e-produto-uma-aplicacao-para-economia-goiana.pdf>. Acesso em: 28 dez. 2022.

KHAN, Hassan; WILLIAMS, Alex. **A Brief History of Semiconductors: How The US Cut Costs and Lost the Leading Edge**. 2021. Disponível em: <https://employamerica.medium.com/a-brief-history-of-semiconductors-how-the-us-cut-costs-and-lost-the-leading-edge-c21b96707cd2>. Acesso em: 28 dez. 2022.

MACHER, J. T.; MOWERY, D. C.; DI MININ, A. **The “non-globalization” of innovation in the semiconductor industry**. *California Management Review*, 2007, v. 50, n. 1, p. 217–242.

MAZZUCATO, Mariana. **O Estado Empreendedor: desmascarando o mito do setor público x setor privado**. São Paulo: portfolio-Penguin, 2014.

MELO, P. R. de S.; RIOS, E. C. S. D.; GUTIERREZ, R. M. V. **Componentes eletrônicos: perspectivas para o Brasil**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 13, p. 3–64, mar. 2001.

MERRITT, Rick. **Chip Sector Sees Slowdown Ahead**. Silicon Valley, 2019. Disponível em: <https://www.eetindia.co.in/2019010901-chip-sector-sees-slowdown-ahead/>. Acesso em: 18 jan. 2023.

MILLER, Ronald E.; BLAIR, Peter D. **Input-output Analysis: Foundations and Extensions**. 2009. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=viHaAgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR24&dq=Input-output+Analysis:+Foundations+and+Extensions&ots=grBjdsnVeT&sig=0dsGHMe8Lz8nib_OoONrdlaIBn4#v=onepage&q&f=false. Acesso em: 16 jan. 2023.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO (MCTI). **Nova Ceitec e prorrogação do Padis estimulam indústria nacional de semicondutores**. Brasília, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2023/04/nova-ceitec-e-prorrogacao-do-padis-estimulam-industria-nacional-de-semicondutores>. Acesso em: 25 abr. 2023.

O TEMPO. **Fábrica de semicondutores em Minas Gerais tenta sair do papel**. Belo Horizonte, 2022. Disponível em: <https://www.otempo.com.br/economia/fabrica-de-semicondutores-em-minas-gerais-tenta-sair-do-papel-1.2743806>. Acesso em: 25 abr. 2023.

RIO GRANDE DO SUL. **Protocolo de Intenções para implantação do Centro de Excelência Ibero-Americano em Tecnologia Eletrônica Avançada – CEITEC**. 2000
RIVERA, R.; TEIXEIRA, I.; AZEN, C.; MIGUEL, H.; SALES, J. R. **Microeletrônica: qual é a ambição do Brasil?**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 41, p. 345–396, mar. 2015.

SEABRA, A. C. **LITOGRAFIA PARA MICROELETRÔNICA**. São Paulo, 1995. Disponível em: https://www.lsi.usp.br/~acseabra/pos/5838_files/Litografia_texto.pdf. Acesso em: 12 jan. 2023.

SEMICONDUCTOR INDUSTRY ASSOCIATION (SIA). **Global Semiconductor Sales Increase 2.9 Percent Month-to-Month in October; Annual Sales Projected to Decrease 12.8 Percent in 2019**. 2019. Disponível em: <https://www.semiconductors.org/global-semiconductor-sales-increase-2-9-percent-month-to-month-in-october-annual-sales-projected-to-decrease-12-8-percent-in-2019/>. Acesso em: 18 jan. 2023.

SEMICONDUCTOR INDUSTRY ASSOCIATION (SIA). **STATE OF THE U.S. SEMICONDUCTOR INDUSTRY**. 2022. Disponível em: https://www.semiconductors.org/wp-content/uploads/2022/11/SIA_State-of-Industry-Report_Nov-2022.pdf. Acesso em: 21 jan. 2023.

SEMICONDUCTOR INDUSTRY ASSOCIATION (SIA). **The 2015 SIA Factbook: Your Source for Semiconductor Industry and Market Data**. 2015. Disponível em: <https://www.semiconductors.org/the-2015-sia-factbook-your-source-for-semiconductor-industry-and-market-data/>. Acesso em: 21 jan. 2023.

SILVA, Cleide. **Em recuperação judicial, fábrica de semicondutores tem dívida de R\$ 600 milhões**. São Paulo, 2022. Disponível em:

<https://gauchazh.clicrbs.com.br/economia/noticia/2022/10/em-recuperacao-judicial-fabrica-de-semicondutores-tem-divida-de-r-600-milhoes-cl8r8f8dt000i01eez9ostzbr.html>. Acesso em: 25 abr. 2023.

SOLAR-PAR. **Resumo dos Projetos**. 2023. Disponível em: http://solar-par.com.br/index_pt.html#!/resumo_projeto. Acesso em: 12 fev. 2023.

SOUZA, Wesley. **Governo federal suspende processo de liquidação da Ceitec**. Porto Alegre, 2023. Disponível em: <https://www.jornaldocomercio.com/economia/2023/01/881520-governo-federal-suspende-processo-de-liquidacao-da-ceitec.html>. Acesso em: 18 jan. 2023.

SPERLING, E. **Fundamental shifts in chip business**. Semiconductor Engineering, ago. 2015. Disponível em: <https://semiengineering.com/fundamental-shifts-in-chip-business/>. Acesso em: 21 jan. 2023.

SUNEW. **APRESENTAÇÃO CORPORATIVA**. 2022. Disponível em: <https://sunew.com.br/wp-content/uploads/documents/apresentacao-corporativa-sunew.pdf>. Acesso em: 12 mai. 2023.

UDIN, Efe. **TOP 10 SEMICONDUCTOR COMPANIES IN THE WORLD (2021)**. 2022. Disponível em: <https://www.gizchina.com/2022/04/28/top-10-semiconductor-companies-in-the-world/>. Acesso em: 21 jan. 2023.

WESSNER, C. W. Introduction. In: WESSNER, C. W. (Ed.). **Securing the Future: regional and national programs to support the semiconductor industry**. Washington, D.C.: The National Academies Press, 2003. 35p.