

**Autores: Mariana Amorim Fragas
Nasser Mahmoud Hasan**

SEMICONDUCTORES E A INOVAÇÃO NO BRASIL: DESAFIOS E OPORTUNIDADES

Resumo

A indústria de semicondutores desempenha um papel central na inovação tecnológica global, sendo essencial para áreas emergentes como inteligência artificial e Internet das Coisas (IoT). No entanto, o Brasil enfrenta desafios significativos para se posicionar de forma competitiva nesse setor estratégico. Este artigo explora as oportunidades e os obstáculos para o desenvolvimento da indústria de semicondutores no país, com foco na promoção do empreendedorismo e da inovação. O papel dos semicondutores na inovação global é discutido, bem como a importância de uma produção local para reduzir a dependência externa e impulsionar setores-chave da economia brasileira. Em seguida, são analisadas as recentes iniciativas governamentais, com destaque para o Programa Brasil Semicondutores (Brasil Semicon), que visa fortalecer a indústria nacional por meio de incentivos fiscais e investimentos em pesquisa e desenvolvimento (P&D). Também são abordados os principais desafios enfrentados pelo setor, como a escassez de mão de obra qualificada, infraestrutura tecnológica limitada e a necessidade de maior integração entre universidades, centros de pesquisa e o setor privado. O artigo conclui com reflexões sobre as ações necessárias para superar esses obstáculos e criar um ecossistema de inovação robusto, capaz de tornar o Brasil um protagonista na cadeia global de semicondutores.

Palavras-chaves: semicondutores, Brasil Semicon, inovação tecnológica, Empreendedorismo, políticas públicas.

1. Introdução

A indústria de semicondutores desempenha um papel central na transformação digital (WADE, 2023), sendo fundamental para inovações tecnológicas que moldam o mundo contemporâneo. Semicondutores, materiais cuja condutividade elétrica pode ser controlada, são a base para a fabricação de componentes eletrônicos como transistores, diodos e circuitos integrados. Esses dispositivos são essenciais para tecnologias tanto de uso cotidiano quanto para aquelas de ponta, como eletrônicos de consumo, sistemas de comunicação avançados, inteligência artificial (IA), Internet das Coisas (IoT) e automação industrial. O desenvolvimento contínuo dos semicondutores é, portanto, indispensável para o avanço tecnológico.

A indústria de semicondutores está posicionada como um agente-chave para impulsionar a inovação e o crescimento em diversos setores. Indicadores e estatísticas reforçam essa tendência, conforme destacado na Figura 1. Entre os principais pontos:

- O mercado global de semicondutores foi avaliado em aproximadamente USD 425 bilhões em 2020, com expectativa de crescimento a uma taxa composta anual (CAGR) de 6,8% entre 2021 a 2028, impulsionado pela demanda em aplicações automotivas, eletrônicas de consumo e industriais (SEMICONDUCTORS MARKET SIZE REPORT, 2024).

- A indústria destina entre 15% e 20% da receita de vendas para Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), superando muitos outros setores, o que evidencia seu forte compromisso com a inovação e o crescimento futuro (PATIL, 2024).
- Cada emprego no setor de semicondutores gera cerca de 4,89 empregos adicionais em outros setores econômicos, demonstrando o alto valor agregado dos produtos de semicondutores e a abrangência de sua cadeia de suprimentos (PATIL, 2024).
- Os semicondutores viabilizam soluções energeticamente eficientes, como veículos elétricos e redes inteligentes, contribuindo para a redução do consumo de energia e alinhando-se às metas globais de sustentabilidade (RHO MOTION'S SEMICONDUCTOR WHITE PAPER, 2024).

Figura 1- Indicadores chave da indústria de semicondutores.



Fonte: Os autores.

Apesar de sua importância global, a indústria de semicondutores enfrenta desafios consideráveis em termos de escala e complexidade, especialmente em países emergentes como o Brasil. Embora o país seja líder em setores estratégicos, como agronegócio e mineração, ainda carece de uma indústria de semicondutores robusta e integrada, o que gera uma forte dependência de importações e compromete a competitividade de diversos setores econômicos (UOL, 2023).

Ciente dessa lacuna, o governo brasileiro vem promovendo iniciativas para estimular o desenvolvimento do setor e reduzir a dependência externa. Entre as ações recentes, destaca-se o Programa Brasil Semicondutores (Brasil Semicon), que atualiza o Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Indústria de Semicondutores (Padis) e prorroga a Lei de TICs (Lei da Informática), ambos fundamentais para fomentar o crescimento da indústria. O Brasil Semicon busca atrair investimentos, incentivar a pesquisa e desenvolvimento (P&D) e criar incentivos fiscais para aumentar a competitividade do país no mercado global. Ao alinhar os objetivos do Padis às novas demandas tecnológicas e estender os benefícios da Lei de TICs, o programa pretende consolidar uma indústria nacional de semicondutores (ABINEE, 2024).

Este artigo explora as oportunidades e os desafios associados ao desenvolvimento da indústria de semicondutores no Brasil, com foco no empreendedorismo e na inovação. Primeiramente, será analisado o papel dos semicondutores na inovação global e a importância da produção local para reduzir a dependência externa e impulsionar setores-chave da economia brasileira. Em seguida, serão discutidas as iniciativas do Brasil Semicon e os obstáculos que o país enfrenta,

como a escassez de mão de obra qualificada e a infraestrutura tecnológica limitada. Por fim, será feita uma reflexão sobre as ações necessárias para criar um ecossistema de inovação capaz de tornar o Brasil um protagonista na cadeia global de semicondutores.

2. O Papel dos Semicondutores na Inovação Global

Os semicondutores são os principais responsáveis pelo avanço tecnológico, possibilitando o desenvolvimento de dispositivos eletrônicos complexos e soluções inovadoras. Esses componentes, que incluem transistores, diodos e circuitos integrados, são fundamentais para o funcionamento de tecnologias inovadoras como:

a) Inteligência Artificial (IA)

A Inteligência Artificial depende de semicondutores para realizar cálculos complexos de processamento de dados. A eficiência e a velocidade dos chips são cruciais para a evolução dos algoritmos que permitem à IA a tomar decisões em tempo real. De acordo com a prestigiada empresa de tecnologia Gartner, a receita global de semicondutores para Inteligência Artificial totaliza US\$ 71 bilhões em 2024, representando um aumento de 33% em relação a 2023.

Segundo Alan Priestley, vice-presidente e analista da Gartner, “a IA generativa (GenAI) está impulsionando a demanda por chips de IA de alto desempenho em *Data Centers*. Em 2024, o valor dos aceleradores de IA usados em servidores, que aliviam o processamento de dados de microprocessadores, totalizará US\$ 21 bilhões, e esse número deverá aumentar para US\$ 33 bilhões até 2028” (GARTNER, 2024a). A Tabela 1 mostra a previsão de receita de semicondutores de IA no mundo de 2023 a 2025, com sua taxa de crescimento projetada até 2025.

Tabela 1. Previsão de Receita de Semicondutores para IA no mundo, 2023-2025 (Milhões de US\$).

Ano	2023	2024	2025
Receita (US\$ milhões)	53.662	71.252	91.955

Fonte: Gartner (2024a).

b) Internet das Coisas (IoT)

Dispositivos conectados, como sensores e atuadores, são baseados em semicondutores que permitem a comunicação e o processamento de dados em redes interconectadas. A IoT já se expandiu para áreas como casas inteligentes, agricultura de precisão e saúde, com potencial para impactar bilhões de dispositivos até 2030. A Gartner prevê que o mercado de IoT quase dobrará, subindo de US\$ 546 bilhões em 2022 para US\$ 991 bilhões até 2028. A Tabela 2 apresenta, de acordo com a Gartner, a previsão dos cinco principais setores com crescimento mais rápido no mercado de IoT: seguros, transporte, manufatura e recursos naturais, petróleo e gás, e automotivo comercial (GARTNER, 2024b).

Tabela 2. Previsão de Receita de Semicondutores de IA, Mundial, 2023-2025 (Milhões de US\$).

Setor	Tamanho do Mercado em 2023 (em milhões de US\$)	Tamanho do Mercado em 2028 (em milhões de US\$)	CAGR (2023-2028)	Definição
Seguro	325	1.104	27,70%	O setor de seguros IoT envolve o uso de dispositivos conectados e análises para avaliar riscos, gerenciar reclamações e aprimorar as experiências do cliente.
Transporte	\$53.508	\$107.241	14,90%	O setor de transporte IoT inclui veículos conectados, infraestrutura inteligente e soluções de logística que melhoram a eficiência, a segurança e o gerenciamento dos sistemas de transporte.
Manufatura e recursos naturais	\$97.531	\$189.860	14,30%	Setor de Manufatura e Recursos Naturais IoT envolve o uso de dispositivos conectados para automação, monitoramento e otimização de processos de fabricação e gerenciamento de recursos naturais.
Óleo e Gás	\$4.887	\$8.838	12,60%	O setor de petróleo e gás inclui a implantação de sensores e análises para monitorar e otimizar os processos de exploração, produção e distribuição.
Automotivo comercial	\$53.665	\$95.237	12,20%	O setor automotivo comercial IoT se concentra na integração de tecnologias IoT em veículos para recursos avançados, como telemática, manutenção preditiva e melhoria Experiência do usuário.

Fonte: Gartner (2024b).

Os semicondutores são utilizados em chips especializados, como GPUs (unidade de

processamento gráfico) e TPUs (unidade de processamento tensorial), que aceleram o processamento dos grandes volumes de dados necessários para o aprendizado de máquina e outras aplicações de IA. O avanço da IA e do aprendizado profundo (*deep learning*) depende da capacidade dos semicondutores de realizar cálculos de alta complexidade em velocidades extremamente altas.

c) Setor automotivo

A indústria automotiva projeta e fabrica veículos, incluindo carros, caminhões e motocicletas. Veículos elétricos e autônomos representam inovações importantes nesse setor. Os semicondutores são utilizados para controlar funções como o motor, sistemas de *infotainment* (informação e entretenimento integrados), navegação GPS, sensores de colisão e controle de direção. Veículos elétricos e autônomos dependem fortemente desses chips para automação e segurança.

Os veículos autônomos e elétricos estão entre as inovações mais transformadoras da indústria automotiva. Eles dependem de semicondutores avançados para automação, integração e controle de seus múltiplos sistemas eletrônicos e mecânicos. O uso de semicondutores nesses veículos vai além do que em carros tradicionais, pois a complexidade dos sistemas autônomos e elétricos requer maior capacidade de processamento, precisão e confiabilidade.

Os semicondutores são essenciais para viabilizar a automação de veículos, seja em funções de assistência ao motorista ou em veículos totalmente autônomos. Em carros com tecnologias avançadas de assistência ao condutor, como o controle adaptativo de cruzeiro (ACC) ou sistemas de frenagem automática, os semicondutores processam dados de diversos sensores em tempo real para garantir a segurança e eficiência do veículo.

Nos veículos autônomos, os semicondutores desempenham um papel ainda mais crucial, permitindo o processamento de dados em tempo real, o controle de direção e a navegação e integração de sistemas avançados de segurança.

Nos veículos elétricos, os semicondutores são igualmente importantes para gerenciar sistemas críticos, como o controle do motor elétrico, a gestão da bateria e a eficiência energética. O uso de semicondutores nesses veículos está diretamente ligado à maximização da autonomia, à eficiência no carregamento e ao desempenho geral.

d) Eletrônicos de Consumo

São dispositivos que as pessoas utilizam no dia a dia, como *smartphones*, televisores, *laptops*, *tablets* e câmeras. Eles são essenciais na Era digital. Os semicondutores são fundamentais em processadores, memórias e circuitos integrados, permitem o funcionamento desses dispositivos.

A inovação contínua no *design* de semicondutores permitiu a miniaturização dos eletrônicos de consumo, tornando-os mais rápidos, eficientes e acessíveis.

e) Telecomunicações

A indústria de telecomunicações abrange a infraestrutura que permite a comunicação à distância, como redes de telefonia móvel, fibra óptica, satélites e serviços de internet. Os semicondutores garantem que os sinais sejam processados, transmitidos e recebidos com alta

velocidade e confiabilidade. A evolução das redes 5G e 6G, assim como o aumento da conectividade global, dependem de semicondutores avançados, que possibilitam a transmissão de dados em alta velocidade com baixíssima latência.

f) Computação e *Data Centers*

A computação abrange desde computadores pessoais até grandes *data centers* que armazenam e processam enormes quantidades de dados (*Big Data*). *Data centers* são essenciais para a computação em nuvem e para serviços de internet. Os semicondutores são utilizados em processadores (CPUs, GPUs), memórias (RAM, SSDs) e sistemas de armazenamento de dados.

Nos *data centers*, semicondutores permitem o gerenciamento eficiente de recursos, a otimização do consumo de energia e a execução de bilhões de cálculos por segundo. A computação em nuvem, os serviços de *streaming*, e as capacidades de supercomputação dependem de semicondutores para aumentar a eficiência do processamento e armazenamento de dados.

g) Indústria Aeroespacial e Defesa

A indústria aeroespacial envolve o desenvolvimento de aeronaves, satélites e sistemas espaciais, enquanto o setor de defesa abrange a fabricação de equipamentos militares e sistemas de segurança nacional. Nesse contexto, os semicondutores são essenciais para o controle de sistemas de comunicação via satélites, radares, sistemas de defesa antimísseis e navegação precisa. Eles também são utilizados em sistemas de voo automático e monitoramento em tempo real. Semicondutores de alto desempenho e confiabilidade são fundamentais para garantir que as missões espaciais, sistemas de defesa e aviões comerciais operem com precisão e segurança.

h) Indústria da Saúde

A indústria da saúde abrange tecnologias médicas, desde equipamentos de diagnóstico, como ressonância magnética e tomografia, até dispositivos de monitoramento, como marcapassos e equipamentos de telemedicina. Na área da saúde, os semicondutores são utilizados em sensores, chips de controle e processadores que alimentam dispositivos médicos e de diagnóstico. Eles possibilitam o monitoramento em tempo real, a automação de equipamentos e a coleta precisa de dados médicos. Os semicondutores também contribuem para o desenvolvimento de dispositivos médicos mais portáteis e conectados, facilitando o diagnóstico remoto e a automação de procedimentos complexos.

i) Energia Renovável

O setor de energia renovável inclui tecnologias que aproveitam fontes de energia naturais, como solar, eólica e hidrelétrica, para gerar eletricidade de forma sustentável. Os semicondutores são utilizados em sistemas de controle de energia e em dispositivos de conversão de energia, como inversores solares e reguladores de tensão. Eles permitem o gerenciamento eficiente da produção e da distribuição de energia nas redes. A expansão das fontes de energia renovável, como parques solares e eólicos, depende de semicondutores que otimizam a eficiência da conversão de energia e o gerenciamento das redes elétricas.

j) Indústria de Manufatura (Indústria 4.0)

A Indústria 4.0 refere-se à quarta revolução industrial, em que automação, robótica e inteligência artificial são integradas aos processos de manufatura, criando fábricas inteligentes. Os semicondutores são utilizados em robôs industriais, sistemas de controle de automação, sensores e dispositivos de monitoramento de produção em tempo real. Eles permitem que as fábricas operem de forma autônoma, aumentando a eficiência e a produtividade. A Indústria 4.0 depende de semicondutores para a integração de sistemas e a coleta de dados em tempo real, possibilitando a automação completa e a otimização dos processos de manufatura.

3. Oportunidades para o Brasil no Setor de Semicondutores

O Brasil tem diante de si uma oportunidade estratégica para se posicionar como um ator relevante no setor de semicondutores, uma indústria crucial para a inovação tecnológica e o crescimento econômico global. Embora o país ainda enfrente desafios significativos, como a falta de infraestrutura e de mão de obra qualificada, há um conjunto de fatores e tendências que indicam o potencial de crescimento do setor no Brasil.

1. A Necessidade de Reduzir a Dependência de Importações

Atualmente, o Brasil depende fortemente de semicondutores importados, uma vulnerabilidade que se tornou evidente durante a crise global de escassez de chips, especialmente no contexto da pandemia de COVID-19 (CNN, 2021). Esse cenário criou uma oportunidade para que o país invista na produção local, desenvolvendo capacidade interna para atender à crescente demanda por semicondutores em setores estratégicos como o automotivo, eletrônico e de telecomunicações.

Com a crescente digitalização e a expansão de tecnologias como IoT (Internet das Coisas) e veículos elétricos, a demanda por semicondutores continuará a crescer exponencialmente. Isso cria um ambiente favorável para que o Brasil desenvolva suas próprias cadeias de valor nesse setor.

2. Programas Governamentais e Incentivos Fiscais

O governo brasileiro já começou a dar passos importantes para incentivar a indústria de semicondutores, especialmente com a prorrogação da Lei de TICs e do PADIS, por meio do Programa Brasil Semicondutores (Brasil Semicon). Esse programa oferece incentivos fiscais, como a desoneração de tributos e benefícios para empresas que investem em pesquisa, desenvolvimento e inovação (P&D). Além disso, o BNDES lançou recentemente linhas de crédito para infraestrutura, incluindo o financiamento de data centers e fábricas de semicondutores. Esses incentivos são cruciais para atrair investimentos estrangeiros e estimular a criação de um ecossistema local de semicondutores.

3. Oportunidades na Manufatura e Design de Chips

Embora o Brasil não tenha uma infraestrutura consolidada de "fabs" (fábricas de semicondutores), o país pode se concentrar inicialmente em nichos de mercado, como o *design* de chips e o desenvolvimento de semicondutores customizados para setores específicos. *Startups* brasileiras, como a HT Micron e a Chipus Microeletrônica, já estão se destacando ao oferecer soluções inovadoras no *design* de semicondutores e no encapsulamento de chips, áreas que demandam investimentos menores em comparação à produção completa de semicondutores, mas que são cruciais para a inovação tecnológica.

4. Integração com Cadeias Globais de Valor

Uma estratégia importante para o Brasil seria a criação de parcerias internacionais com líderes

globais da indústria de semicondutores, como Taiwan, Coréia do Sul e Estados Unidos. A colaboração com essas nações pode facilitar a transferência de tecnologia e o desenvolvimento de capacidades locais. Além disso, a construção de *hubs* de inovação tecnológica nas principais regiões industriais brasileiras, como Campinas, São Paulo, entre outras cidades, pode atrair empresas globais e *startups* locais para desenvolver novas tecnologias, integrando o Brasil às cadeias globais de valor no setor.

5. Sustentabilidade e Semicondutores Verdes

O Brasil também tem a oportunidade de se destacar no desenvolvimento de tecnologias sustentáveis para a produção de semicondutores, aproveitando sua abundância de energia renovável (solar, eólica e hidrelétrica). A demanda por semicondutores mais eficientes em termos de consumo de energia está crescendo, e o Brasil pode liderar o desenvolvimento de "chips verdes", alinhados com as tendências globais de sustentabilidade e economia circular.

Com incentivos governamentais adequados, investimento em P&D e a criação de parcerias internacionais, o Brasil tem o potencial de se transformar em um importante centro de inovação e produção no setor de semicondutores. Ao explorar nichos de mercado e focar na sustentabilidade, o país pode não apenas reduzir sua dependência de importações, mas também se posicionar de forma competitiva na cadeia global de valor, impulsionando o crescimento econômico e tecnológico a longo prazo.

6. Veículos Elétricos e Autônomos

Além de seu papel essencial nos veículos elétricos e autônomos, os semicondutores estão Além de seu papel essencial nos veículos elétricos e autônomos, os semicondutores estão integrados às soluções de conectividade e interatividade, como a Internet das Coisas (IoT) e redes 5G.

Veículos autônomos, por exemplo, comunicam-se entre si e com infraestruturas inteligentes (como semáforos e estradas conectadas) em tempo real, graças a chips semicondutores que viabilizam essa conectividade. Esse ecossistema de comunicação, conhecido como *Vehicle-to-Everything* (V2X), exige semicondutores de alta performance para processar e transmitir grandes volumes de dados com baixíssima latência.

Embora o Brasil ainda esteja em fase de desenvolvimento na produção local de semicondutores, a indústria automotiva nacional pode se beneficiar imensamente de parcerias estratégicas e investimentos em tecnologias de semicondutores voltadas para veículos elétricos e autônomos.

O país tem um grande mercado consumidor de veículos, e a transição global para a mobilidade elétrica e autônoma representa uma oportunidade para que o Brasil invista em inovação e tecnologia no setor automotivo.

Ao fortalecer o ecossistema de semicondutores, o Brasil pode se tornar um polo de produção de veículos inteligentes, aumentando a competitividade da sua indústria automotiva e promovendo a inovação em direção à Indústria 4.0 e a um futuro sustentável.

4. O Programa Brasil Semicondutores (Brasil Semicon)

O Programa Brasil Semicondutores (Brasil Semicon), apresentado no tópico 3 deste artigo, é uma iniciativa estratégica do governo brasileiro voltada para o fortalecimento e desenvolvimento da indústria de semicondutores no país. No contexto global, a escassez de semicondutores causada pela pandemia de COVID-19 evidenciou a vulnerabilidade das cadeias

de suprimentos e a necessidade de diversificar e fortalecer a produção local. O Brasil, por sua vez, enxergou uma oportunidade de se posicionar nesse mercado estratégico, que movimenta trilhões de dólares e é vital para a transformação digital.

O que é o Programa Brasil Semicon?

O Brasil Semicon é uma atualização e extensão de programas anteriores, como o PADIS (Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Indústria de Semicondutores) e a Lei de TICs (Lei da Informática), que oferecem incentivos fiscais para empresas que investem na produção e inovação de semicondutores. O programa tem como objetivo reduzir a dependência do Brasil de semicondutores importados, fortalecer a competitividade da indústria local e atrair investimentos estrangeiros diretos para a instalação de fábricas e centros de desenvolvimento no país.

Os principais objetivos do programa incluem:

1. Atração de Investimentos Estrangeiros Diretos (IED): Incentivar empresas globais do setor de semicondutores a estabelecerem operações no Brasil, oferecendo benefícios fiscais e incentivos financeiros.
2. Fomento à Pesquisa e Desenvolvimento (P&D): Incentivar empresas brasileiras a investirem em P&D voltado para semicondutores, com o objetivo de criar soluções inovadoras que atendam à demanda local e internacional.
3. Capacitação e Treinamento de Mão de Obra: Preparar uma força de trabalho qualificada para atender às necessidades da indústria de semicondutores, promovendo programas de educação técnica e superior em microeletrônica e áreas correlatas.
4. Desenvolvimento de Cadeias de Suprimentos Locais: Criar e fortalecer cadeias de suprimentos para semicondutores, abrangendo desde a produção de materiais brutos até o design e a fabricação de chips, além de serviços de encapsulamento e teste.

Como o Programa Funciona?

O Brasil Semicon oferece um conjunto de incentivos fiscais, como a desoneração de impostos sobre a importação de insumos e equipamentos necessários para a produção de semicondutores. Empresas que investem em P&D e na produção local podem usufruir de isenções de tributos, como o IPI (Imposto sobre Produtos Industrializados), PIS/Cofins e Imposto de Importação.

Além disso, o programa facilita o acesso ao crédito por meio de instituições como o BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social), que oferece linhas de financiamento específicas para empresas que atuam no setor de semicondutores.

Desafios do Programa

Apesar dos incentivos, o Brasil enfrenta desafios significativos para competir em um mercado dominado por gigantes como Taiwan, Coreia do Sul, China e Estados Unidos. O país ainda carece de infraestrutura tecnológica robusta, incluindo fábricas de semicondutores (*fabs*), uma cadeia de fornecimento eficiente e mão de obra altamente especializada.

Além disso, a alta complexidade técnica e o capital intensivo necessários para a produção de semicondutores são obstáculos que requerem uma abordagem estratégica e de longo prazo para serem superados.

No entanto, embora o Brasil Semicon ofereça um conjunto de incentivos fiscais e acesso facilitado ao crédito para fomentar o desenvolvimento da indústria local, a plena implementação e eficácia do programa dependem da superação de obstáculos estruturais. Esses desafios incluem não apenas a modernização da infraestrutura, mas também a necessidade de desenvolver uma cadeia de fornecimento completa e uma base de conhecimento técnico adequada. A seguir, serão discutidos os principais desafios que ainda limitam o avanço da indústria de semicondutores no Brasil, e como superá-los é essencial para que o programa atinja seus objetivos.

5. Estratégia para Expandir o Mercado de Semicondutores no Brasil

Para que o Brasil se posicione como um ator relevante no mercado global de semicondutores, é necessário adotar uma estratégia multifacetada que envolva ações coordenadas entre o governo, as empresas, as universidades e a sociedade civil. A interação entre a interação entre esses quatro principais atores na promoção da inovação está ilustrada na Figura 2 no modelo da Quádrupla Hélice.

Figura 2. Modelo da Quádrupla Hélice da Inovação.



Fonte: Lombardi (2012).

Este modelo é fundamental para o desenvolvimento da indústria de semicondutores no Brasil, uma vez que a colaboração entre esses atores é essencial para criar um ecossistema inovador e sustentável, considerando que:

- ✓ O papel do governo é crucial na criação de políticas públicas que incentivem a pesquisa, o desenvolvimento e a formação de talentos. Ao fornecer suporte financeiro e regulatório, o governo pode facilitar a cooperação entre os demais setores.
- ✓ As empresas são responsáveis pela aplicação de inovações em produtos e serviços. A participação ativa de empresas em P&D, bem como a formação de parcerias com universidades, é vital para trazer novas tecnologias ao mercado.
- ✓ As instituições acadêmicas desempenham um papel fundamental na formação de profissionais qualificados e na realização de pesquisas que impulsionam a inovação. A colaboração com o setor privado pode resultar em projetos que atendam às necessidades do mercado.
- ✓ A inclusão da sociedade civil é essencial para garantir que a inovação atenda às demandas e expectativas da população. A participação da comunidade pode influenciar as prioridades de pesquisa e desenvolvimento, tornando o processo mais inclusivo e

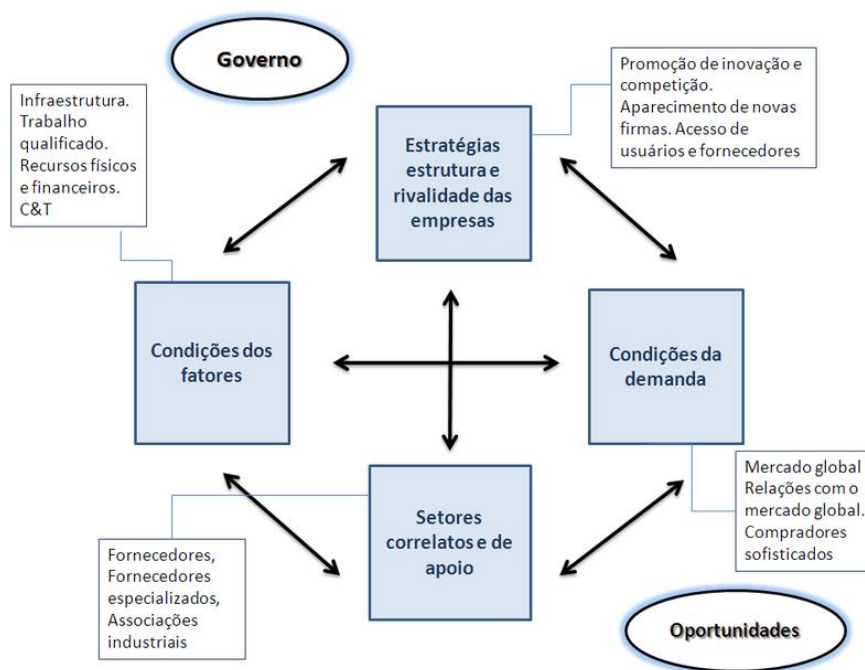
responsável.

Além do modelo da Quádrupla Hélice, o Modelo do Diamante de Porter (Figura 3) oferece uma perspectiva adicional sobre como o Brasil pode fortalecer sua posição na indústria de semicondutores. Esse modelo identifica quatro determinantes principais que influenciam a vantagem competitiva de uma nação em uma indústria específica: fatores de produção, demanda, indústrias relacionadas e de apoio, e a estratégia, estrutura e rivalidade das empresas (PORTER, 1990).

Os fatores de produção incluem a disponibilidade de mão de obra qualificada e infraestrutura tecnológica, fundamentais para a produção local de semicondutores. A demanda também é essencial, pois um mercado interno robusto pode incentivar investimentos em inovação e expansão da capacidade produtiva. As indústrias relacionadas e de apoio englobam fornecedores e parceiros que podem aumentar a eficiência e competitividade do setor. Por fim, a estratégia, estrutura e rivalidade das empresas ressaltam a necessidade de um ambiente empresarial que promova concorrência saudável e cooperação, incentivando inovações contínuas.

Assim, ao integrar as ideias do modelo da Quádrupla Hélice e do Diamante de Porter, o Brasil pode desenvolver uma abordagem estratégica, fortalecendo sua posição na cadeia global de semicondutores.

Figura 3. Modelo do Diamante de Porter.



Fonte: Porter (1990).

Exemplos notáveis de como a colaboração entre governo, empresas e instituições acadêmicas pode impulsionar a indústria de semicondutores são as trajetórias da Coreia do Sul e dos Estados Unidos. Na Coreia do Sul, o governo desempenhou um papel ativo na formulação de políticas que incentivaram o investimento em pesquisa e desenvolvimento, além de fornecer suporte financeiro substancial às empresas do setor. Essa abordagem resultou na ascensão de gigantes como a Samsung e a SK Hynix, que lideram a produção global de semicondutores (van der

Veere, 2024). Nos Estados Unidos, a presença de um ecossistema robusto de inovação, que inclui universidades conceituadas e centros de pesquisa, aliada a políticas que favorecem a competição e a colaboração, tem permitido que empresas como a Intel e a NVIDIA se destaquem no mercado. Ambas as nações demonstram que a integração eficaz entre os diferentes setores da sociedade é essencial para promover a inovação, aumentar a competitividade e fortalecer a posição no mercado global de semicondutores (MILLER, 2023). Essas lições são valiosas para o Brasil, que pode aprender com essas experiências e adotar práticas semelhantes para desenvolver sua própria indústria (KUSHIDA, 2024).

A seguir está um plano estratégico detalhado para expandir o mercado, criar uma indústria local e integrar o Brasil nas cadeias globais de valor dos semicondutores.

1. Desenvolvimento de Infraestrutura e Fábricas de Semicondutores (Fabs)

- **Construção de Fábricas Locais (Fabs):** O Brasil deve investir na criação de fábricas de semicondutores para reduzir sua dependência de importações. Essas fábricas podem focar em nichos estratégicos, como o *design* de chips de menor complexidade, encapsulamento e teste. Uma parceria público-privada (PPP) seria uma solução viável para financiar a construção dessas fábricas. O governo pode fornecer incentivos fiscais, enquanto empresas privadas e investidores internacionais fornecem o capital e a *expertise* técnica.
- **Hubs Tecnológicos:** O Brasil deve criar *hubs* tecnológicos em regiões estratégicas, para promover o desenvolvimento de semicondutores. Esses *hubs* funcionariam como centros de inovação, onde *startups*, universidades e grandes empresas colaborariam no desenvolvimento de novas tecnologias e soluções para o mercado.

2. Atração de Investimentos Estrangeiros Diretos (IED)

- **Parcerias com Gigantes Globais:** Firmar parcerias estratégicas com empresas líderes de semicondutores, como TSMC, Intel, Samsung, e GlobalFoundries, para transferir tecnologia e estabelecer fábricas ou centros de P&D no Brasil. Esses acordos podem incluir a concessão de zonas de livre comércio, onde as empresas teriam isenções fiscais e facilidades logísticas para importar equipamentos e exportar produtos.
- **Incentivos Fiscais e Políticas de Desoneração:** Continuar a expandir os incentivos fiscais oferecidos pelo Brasil Semicon para atrair mais empresas globais. Esses incentivos podem incluir a redução de impostos sobre importação de equipamentos, isenção de tributos sobre lucros reinvestidos e facilidades para exportação de semicondutores.

3. Desenvolvimento de Capacitação e Talento

- **Educação Técnica e Superior em Microeletrônica:** O Brasil precisa formar mão de obra altamente qualificada em engenharia eletrônica, física, ciência da computação e microeletrônica. Isso pode ser feito através da criação de programas de formação técnica e superior em universidades e escolas técnicas, com currículos focados nas demandas da indústria de semicondutores. O governo deve incentivar parcerias entre universidades e empresas para garantir que os estudantes tenham acesso a estágios e treinamentos práticos em fábricas e centros de P&D.
- **Programas de Bolsas e Intercâmbio Internacional:** Estabelecer programas de bolsas de

estudo e intercâmbio internacional para que estudantes brasileiros possam se especializar em microeletrônica e semicondutores em países que lideram a indústria, como Estados Unidos, Taiwan e Coreia do Sul. Isso ajudaria a trazer conhecimento técnico de ponta para o Brasil.

4. Foco em P&D e Inovação

- **Incentivo à Pesquisa e Desenvolvimento:** O governo deve continuar incentivando a P&D no setor de semicondutores, com foco em áreas estratégicas como IoT (Internet das Coisas), inteligência artificial (IA), telecomunicações. A criação de um Fundo Nacional de Inovação em Semicondutores pode garantir que *startups* e pequenas empresas tenham acesso a capital para desenvolver soluções inovadoras.
- **Inovações Verdes em Semicondutores:** O Brasil pode se destacar no desenvolvimento de semicondutores sustentáveis, com foco em “chips verdes” que consomem menos energia e são produzidos com materiais menos prejudiciais ao meio ambiente. Isso alinha o Brasil com as demandas globais por tecnologias mais sustentáveis, atraindo investimentos internacionais que buscam práticas de ESG (ambiental, social e governança).

5. Criação de Cadeia de Valor Nacional

- **Desenvolvimento da Cadeia de Suprimentos Local:** Para garantir que o Brasil seja autossuficiente em semicondutores, é necessário desenvolver uma cadeia de suprimentos local. Isso inclui a produção de matérias-primas (como silício), o desenvolvimento de equipamentos para fabricação de semicondutores, e a criação de empresas especializadas em encapsulamento e teste.
- **Integração com Cadeias Globais de Valor:** O Brasil deve se integrar às cadeias globais de valor, focando em nichos específicos onde pode se destacar, como o design de chips personalizados para setores como agronegócio, saúde, e energia renovável. Além disso, parcerias com fornecedores globais de insumos críticos (como silício e gases nobres) são essenciais para garantir a sustentabilidade da produção local.

6. Internacionalização e Exportação

- **Expansão para Mercados Internacionais:** O Brasil deve criar estratégias para exportar semicondutores para mercados internacionais, aproveitando acordos comerciais e zonas de livre comércio. O governo pode criar parcerias com países da América Latina, criando um mercado regional de semicondutores que fortaleça a posição do Brasil como fornecedor chave para a região.
- **Participação em Feiras Internacionais e Acordos Globais:** Promover as empresas brasileiras de semicondutores em feiras internacionais de tecnologia e participar de acordos globais de cooperação tecnológica ajudaria o Brasil a ganhar visibilidade e atrair investidores estrangeiros.

O Programa Brasil Semicon oferece uma base sólida para o desenvolvimento da indústria de semicondutores no Brasil, mas para que o país realmente se torne um ator global, é necessário um esforço coordenado em infraestrutura, educação, inovação e parcerias internacionais. Com

uma abordagem estratégica, o Brasil pode expandir seu mercado de semicondutores, criar fábricas locais, desenvolver cadeias de valor autônomas e integrar-se de forma competitiva às cadeias globais de valor. O país tem a oportunidade de explorar nichos de mercado estratégicos, como semicondutores para setores emergentes (IoT, inteligência artificial, veículos autônomos e energia renovável), e pode se tornar uma referência global em tecnologias sustentáveis, alinhadas com as exigências de ESG (ambiental, social e governança corporativa).

Ao atrair investimentos estrangeiros, fortalecer a capacitação de sua mão de obra e fomentar a inovação local por meio de incentivos fiscais e parcerias estratégicas, o Brasil pode não apenas reduzir sua dependência de importações, mas também posicionar-se como um exportador de soluções tecnológicas avançadas. O sucesso desse movimento exigirá comprometimento a longo prazo, colaboração entre governo, setor privado e academia, e uma visão clara de inovação e competitividade global. O futuro do Brasil no setor de semicondutores é promissor, desde que as ações sejam executadas com foco e estratégia.

6. Desafios para o Empreendedorismo e a Inovação no Setor de Semicondutores no Brasil

O desenvolvimento de *startups* no Brasil, especialmente em setores de alta tecnologia como semicondutores, pode ser uma estratégia fundamental para impulsionar a inovação e a competitividade no país. O Brasil já possui uma crescente comunidade de *startups*, mas há muito potencial a ser explorado, especialmente nas áreas de tecnologia, ciência de dados, IoT (Internet das Coisas) e inteligência artificial (IA). Para que o Brasil possa desenvolver ainda mais seu ecossistema de *startups*, algumas ações e estratégias devem ser priorizadas:

1. Fomento ao Empreendedorismo e Inovação

- **Educação e Capacitação:** O desenvolvimento de *startups* começa pela criação de uma cultura empreendedora e inovadora. É essencial que o Brasil invista em programas educacionais voltados para o empreendedorismo, tanto em universidades quanto em escolas técnicas. Cursos focados em gestão de *startups*, inovação tecnológica e desenvolvimento de novos negócios devem ser incentivados. Além disso, *hackathons*, competições de *startups* e incubadoras dentro de universidades podem criar um ambiente propício para o surgimento de novos negócios.
- **Hubs de Inovação:** Estabelecer *hubs* de inovação e parques tecnológicos nas principais regiões do país é uma maneira eficaz de conectar empreendedores, pesquisadores e investidores. Esses *hubs* podem facilitar o compartilhamento de conhecimento, a colaboração entre startups e grandes empresas, e o desenvolvimento de tecnologias inovadoras.

2. Incentivos Fiscais e Políticas Públicas

- **Redução da Burocracia:** Um dos maiores desafios para as *startups* no Brasil é a alta carga burocrática e os custos associados à abertura e operação de empresas. Simplificar o processo de abertura de negócios e reduzir a burocracia pode acelerar o crescimento do ecossistema de *startups*. Políticas como a simplificação tributária e a criação de regimes especiais de tributação para *startups*, como o Simples Nacional, são essenciais.
- **Incentivos Fiscais e de P&D:** O governo pode oferecer incentivos fiscais para *startups* que investem em pesquisa e desenvolvimento (P&D), inovação e tecnologia. O

fortalecimento de programas como o Lei do Bem, que oferece benefícios fiscais para empresas que investem em P&D, é uma estratégia fundamental para atrair novos empreendimentos tecnológicos e fortalecer o ecossistema de inovação no país.

3. Apoio ao Financiamento

- **Acesso ao Capital:** *Startups* dependem fortemente de investimentos, e o Brasil precisa criar mais oportunidades para que os empreendedores tenham acesso a capital. Incentivar fundos de capital de risco (*venture capital*) e investidores anjos pode impulsionar o crescimento do ecossistema de *startups*. Iniciativas como *Start-Up Brasil*, que oferece apoio financeiro e técnico a startups emergentes, devem ser expandidas.
- **Linhas de Crédito Especiais:** Bancos públicos, como o BNDES, e bancos privados podem criar linhas de crédito específicas para *startups*, oferecendo taxas de juros mais baixas e prazos mais flexíveis. Esses fundos seriam vitais para startups em estágio inicial que ainda não têm fluxo de caixa suficiente, mas precisam de capital para crescer.

4. Apoio a Pesquisa e Desenvolvimento (P&D)

- **Parcerias entre Startups e Universidades:** Fomentar parcerias entre *startups* e universidades é essencial para o desenvolvimento de inovações tecnológicas. A criação de programas de cooperação entre pesquisadores acadêmicos e empreendedores pode acelerar o processo de transferência de tecnologia e trazer novas soluções para o mercado. Universidades também podem atuar como incubadoras de *startups*, oferecendo infraestrutura, mentoria e suporte tecnológico.
- **Aceleradoras e Incubadoras:** O Brasil deve investir em mais aceleradoras e incubadoras de *startups*, que oferecem não apenas financiamento, mas também mentorias, treinamentos e apoio estratégico. Essas iniciativas ajudam *startups* a amadurecerem rapidamente e a escalarem suas operações.

5. Foco em Nichos Estratégicos

- **Tecnologias de Alto Impacto:** O Brasil pode focar em nichos estratégicos que estão em crescimento global, como semicondutores, inteligência artificial, *fintechs*, energias renováveis e *agritech*. A aposta em *startups* que desenvolvem soluções tecnológicas nesses setores pode atrair investidores internacionais e fortalecer a competitividade brasileira. *Startups* que oferecem soluções tecnológicas para problemas locais (como no agronegócio ou na energia renovável) podem expandir seus negócios globalmente, aproveitando sua expertise regional.
- **Startups Sustentáveis:** Há uma demanda crescente por soluções sustentáveis e baseadas em ESG (ambiental, social e governança corporativa). O Brasil, com sua rica biodiversidade e crescente preocupação com a sustentabilidade, pode se tornar um polo de desenvolvimento de startups focadas em tecnologias verdes, como o desenvolvimento de biotecnologias e semicondutores de baixo consumo de energia.

6. Internacionalização de Startups

- **Acesso a Mercados Internacionais:** Para que as startups brasileiras possam competir globalmente, é fundamental criar programas de internacionalização que facilitem o acesso a mercados externos. O governo pode atuar promovendo startups brasileiras em feiras internacionais de tecnologia e criando pontes com investidores e aceleradoras de outros países.
- **Redes Globais de Parcerias:** Estabelecer parcerias com aceleradoras internacionais e organizações de apoio ao empreendedorismo pode abrir portas para startups brasileiras crescerem no exterior, recebendo apoio e financiamento de redes globais.

7. Incentivo ao Investimento em Semicondutores e Tecnologia de Ponta

- **Semicondutores e Tecnologia Avançada:** O setor de semicondutores oferece uma grande oportunidade para startups brasileiras. O governo pode criar incentivos específicos para startups que atuam no design de chips, IoT, inteligência artificial e outras tecnologias de ponta. O Programa Brasil Semicondutores (Brasil Semicon) já oferece incentivos para o setor, mas a criação de um ambiente mais amigável para startups nessa área é essencial para impulsionar a inovação no país.

7. Considerações Finais

As oportunidades para o Brasil se destacar no mercado global de semicondutores são significativas, especialmente em um cenário onde a digitalização e a sustentabilidade estão no centro das atenções globais. Apesar dos desafios, como a dependência de importações e a escassez de mão de obra qualificada, o país já possui as bases necessárias para se firmar como um ator relevante nesse setor estratégico. O sucesso dessa empreitada, no entanto, dependerá de uma coordenação eficiente entre governo, setor privado, academia e sociedade civil.

A adoção de abordagens colaborativas, como a Quádrupla Hélice, combinada com a aplicação de modelos estratégicos, como o Diamante de Porter, pode ser crucial para fortalecer a interconexão entre os atores envolvidos e fomentar um ambiente propício à inovação. Além disso, a implementação de políticas públicas que incentivem a pesquisa e desenvolvimento (P&D), a criação de hubs tecnológicos, e o estímulo a startups e empresas locais são fundamentais para o desenvolvimento de uma cadeia de valor autossuficiente.

O Brasil precisa, portanto, intensificar seus esforços na construção de uma indústria de semicondutores robusta e integrada, que não só impulsione a economia nacional, mas também posicione o país como uma referência em tecnologias sustentáveis. Esse esforço deve estar alinhado com as demandas globais por tecnologias mais eficientes, como semicondutores de baixo consumo energético e soluções alinhadas às práticas de ESG. Se bem implementada, essa estratégia poderá não apenas reduzir a dependência de importações, mas também colocar o Brasil em uma posição de liderança na economia digital global.

Em um mundo cada vez mais conectado e digital, a criação de uma indústria nacional de semicondutores representa uma oportunidade única para o Brasil participar ativamente da transformação digital global e contribuir para o avanço de tecnologias que moldarão o futuro da economia e da sustentabilidade.

Referências

ABINEE. Prorrogação da Lei de TICs e do Padis é sancionada. Disponível em: <<https://www.abinee.org.br/prorrogacao-da-lei-de-tics-e-do-padis-e-sancionada/>>. Acesso em: 27 de set. 2024.

CNN BRASIL. O mundo passa por uma escassez de chips, e isso é uma má notícia para você. Publicado em: 29 abr. 2021. Disponível em: <<https://www.cnnbrasil.com.br/tecnologia/o-mundo-passa-por-uma-escassez-de-chips-e-isso-e-uma-ma-noticia-para-voce/>>. Acesso em: 29 set. 2024.

GARTNER. Gartner Forecasts Worldwide AI Chips Revenue to Grow 33% in 2024. Disponível em: <<https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2024-05-29-gartner-forecasts-worldwide-artificial-intelligence-chips-revenue-to-grow-33-percent-in-2024#:~:text=Gartner%20Forecasts%20Worldwide%20AI%20Chips%20Revenue%20to%20Grow%2033%25%20in%202024,-STAMFORD%2C%20Conn.%2C&text=Revenue%20from%20AI%20semiconductors%20globally,latest%20forecast%20from%20Gartner%2C%20Inc.>>. Publicado em: 29 de maio de 2024. Acesso em: 24 set. 2024a.

GARTNER. Forecast: IoT Market Opportunity by Technology Segment, 2022-2028. Disponível em: <<https://www.gartner.com/en/documents/5499495>>. Publicado em: 11 junho de 2024. Acesso em: 24 set. 2024b.

KUSHIDA, Kenji. The Silicon Valley Model and Technological Trajectories in Context. Disponível em: <<https://carnegieendowment.org/research/2024/01/the-silicon-valley-model-and-technological-trajectories-in-context?lang=en>>. Publicado em 09 de janeiro de 2024. Acesso em: 26 de set. 2024.

LOMBARDI, P. *et al.* Modelling the smart city performance. The European Journal of Social Science Research. v. 25, n. 2, p 137-149, 2012. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13511610.2012.660325>>. Acesso em: 27 set. 2024.

MILLER, Chris. *Guerra dos Chips: A Conquista do Mundo pelos Semicondutores*. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2023.

PATIL, Chetan Arvind. The Semiconductor Is Running The World. Published on 03 March 2024. Disponível em: <<https://www.chetanpatil.in/the-semiconductor-is-running-the-world/>>. Acesso em: 27 de set. 2024.

PORTER, Michael Edward. *A Vantagem Competitiva das Nações*. Rio de Janeiro: Campus, 1990.

RHO MOTION'S SEMICONDUCTOR WHITE PAPER. Semiconductors in EVs, what you need to know. Publicado em: 30 Abril de 2024. Disponível em: <<https://rhomotion.com/news/semiconductors-in-evs-what-you-need-to-know/>>. Acesso em: 27 set. 2024.

SEMICONDUCTORS MARKET SIZE, SHARE, GROWTH ANALYSIS, BY COMPONENTS, APPLICATION, REGION - Industry Forecast 2022-2028. (n.d.).

Semiconductors Market | Size, Share and Forecast Report to 2028. Disponível em <<https://www.skyquestt.com/report/semiconductors-market>>. Acesso em: 27 set. 2024.

UOL. Brasil precisa investir na indústria de semicondutores ou ficará para trás. Disponível em: < <https://congressoemfoco.uol.com.br/area/pais/brasil-precisa-investir-na-industria-de-semicondutores-ou-ficara-para-tras/#:~:text=Desenvolver%20o%20setor%20de%20semicondutores,na%20corrida%20global%20pela%20inovação>>. Publicado em: 26 de setembro de 2023. Acesso em: 22 set. 2024.

VAN DER VEERE, Anoma. The Netherlands and South Korea: From Semiconductors to Universities. Junho de 2024. Disponível em: <<https://leidenasiacentre.nl/wp-content/uploads/2024/06/Van-der-Veere-SKNL.pdf>>. Acesso em 26 set. 2024.

WADE, Michael; BONNET, Didier; YOKI, Tomoko; OBWEGESER, Nikolaus. Transformação Digital. São Paulo: M.Books do Brasil Editora Ltda, 2023.