

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO, CONTABILIDADE E ATUÁRIA
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA

MONOGRAFIA DE CONCLUSÃO DE CURSO

**UMA ANÁLISE SOBRE O PAPEL DOS CHIPS SEMICONDUTORES
NO MUNDO E OS DESAFIOS ENFRENTADOS**

Gabriela Marinho de Resende

São Paulo – SP
2024

GABRIELA MARINHO DE RESENDE

**UMA ANÁLISE SOBRE O PAPEL DOS CHIPS SEMICONDUTORES NO MUNDO E
OS DESAFIOS ENFRENTADOS**

Monografia apresentada a banca examinadora da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, como bacharelado em **Ciências Econômicas**, sob orientação do Prof., Dr **Antônio Corrêa de Lacerda**.

São Paulo

2024

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais por terem me dado suporte todos esses anos e me proporcionado estabilidade para que eu tivesse todas as boas oportunidades da vida.

Agradeço ao meu namorado, Pedro, por ter sempre me apoiado nesses anos e ter me ajudado a superar todos os meus desafios, estando sempre ao meu lado.

Agradeço ao meu orientador Antônio Lacerda, que foi de extrema importância para a produção deste trabalho.

Agradeço à Nossa Senhora Aparecida por me iluminar em todos os momentos.

A educação é claramente o fator que irá conduzir melhorias na economia a longo prazo. No futuro, software e tecnologia irão permitir que as pessoas aprendam muito com seus colegas.

Mark Zuckerberg

RESUMO

Os *chips* semicondutores estão cada vez mais ganhando relevância, desempenhando um papel fundamental na nossa tecnologia. Este trabalho tem por objetivo analisar o papel que os *chips* têm no nosso mundo e os desafios que os países estão enfrentando e irão enfrentar. Inicialmente, são apresentados a cadeia produtiva dos *chips* e seu processo de fabricação, foram abordados os principais efeitos que a pandemia trouxe, assim como os setores que foram mais afetados. Em seguida, é discutido a indústria dos *chips* no Brasil e como este pode melhorar no mercado, também é apresentado o 5G que chegou recentemente no Brasil. Além disso, será mostrado a guerra entre a China e os Estados Unidos no campo dos *chips* semicondutores, analisando desde o início da história dos países dentro deste mercado, assim como as principais medidas feitas por ambos para se impulsionar no ramo de tecnologia. Também são abordados os maiores *players* do mercado, e mostrando quais deles perderam *marketing share* durante os anos. Por fim, visando superar os desafios, são sugeridas direções futuras para pesquisa e desenvolvimento.

Palavras-chave: *Chips* semicondutores. Pandemia. China. Estados Unidos. Brasil. *Marketing share*.

ABSTRACT

Semiconductor chips are increasingly gaining relevance, playing a fundamental role in our technology. This work aims to analyze the role that chips have in our world and the challenges that countries are facing and will face. Initially, the chip production chain and its manufacturing process are presented, the main effects that the pandemic brought were discussed, as well as the sectors that were most affected. Next, the chip industry in Brazil is discussed and how it can improve the market, and 5G, which recently arrived in Brazil, is also presented. Furthermore, the war between China and the United States in the field of semiconductor chips will be shown, analyzing the history of the countries within this market from the beginning, as well as the main measures taken by both to boost themselves in the field of technology. The biggest players in the market are also discussed, showing which of them have lost market share over the years. Finally, to overcome the challenges, future directions for research and development are suggested.

Keywords: Semiconductor chips. Pandemic. China. U.S. Brazil. Marketing share.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Vendas de Semicondutores no Mundo.....	15
Figura 2 – Cadeia Produtiva dos <i>Chips</i> Semicondutores	17
Figura 3 – “G” Gerações.....	24
Figura 4 – Plano “Made in China”	29
Figura 5 – Division B – Research and Innovation.....	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valor de Mercado das Empresas de Semicondutores.....	37
Tabela 2 e 3 – Maiores Empresas de <i>Chips</i> Semicondutores em 2022 vs 2024	38

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Despesa Nacional em P&D em Relação ao PIB.....	23
--	----

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	8
1 CADEIA PRODUTIVA DOS SEMICONDUTORES E OS EFEITOS DA COVID-19	10
1.1 O Impacto da Covid-19 nos <i>Chips</i> Semicondutores	10
1.2 A Escassez dos <i>Chips</i> na Indústria Automotiva	13
1.3 Processo de Produção dos <i>Chips</i>	15
2 INDÚSTRIA DOS <i>CHIPS</i> SEMICONDUTORES NO BRASIL	19
2.1 Inserção no Mercado de <i>Chips</i> no Brasil.....	19
2.2 5G no Brasil.....	24
3 A DISPUTA ENTRE CHINA E ESTADOS UNIDOS.....	26
3.1 Corrida na Indústria dos <i>Chips</i>	26
3.2 <i>Chips as Science Art</i>	31
4 <i>PLAYERS</i> NO MERCADO DE <i>CHIPS</i>	36
4.1 As Maiores Empresas no Setor dos Semicondutores	36
CONCLUSÃO	41
REFERÊNCIAS.....	42

INTRODUÇÃO

Os *chips* semicondutores atualmente são um dos mais importantes componentes do mundo, pois a partir deles que conseguimos construir tecnologias cada vez mais inovadoras. A sua importância vem cada vez mais sendo discutida, principalmente após a crise dos semicondutores. Este trabalho terá como principal objetivo analisar a importância dos *chips* semicondutores e como os países como o Brasil estão agindo com a falta dos *chips* e como estão fazendo para se reerguer neste mercado.

Esta monografia será estruturada em quatro capítulos. No primeiro capítulo será analisado em detalhes a cadeia produtiva dos *chips* semicondutores, desde o processo de fabricação até sua distribuição e consumo final. Serão exploradas as diferentes etapas do processo de produção, bem como as principais empresas e países envolvidos nessa indústria. Além disso, serão discutidos os impactos da pandemia de COVID-19 na cadeia de suprimentos global, principalmente no setor automotivo, e as medidas adotadas por diferentes países para mitigar esses efeitos. Buscando entender quais foram os principais impactos da paralisação diante da pandemia da Covid-19, assim como analisar a importância dos semicondutores nos dias atuais. Por meio dessa análise, espera-se fornecer uma compreensão abrangente dos desafios e oportunidades enfrentados pela indústria de semicondutores.

O segundo capítulo irá explorar a evolução da indústria de semicondutores no Brasil, destacando os desafios enfrentados e as iniciativas governamentais para impulsionar o setor. Além disso, irá discutir a importância crescente da tecnologia 5G e a necessidade de investimentos em P&D para atender às demandas das novas tecnologias.

O capítulo 3 abordará a competição tecnológica entre a China e os Estados Unidos, com foco na corrida pela liderança na indústria de semicondutores. Ele explorará o contexto histórico que levou a essa competição, as estratégias adotadas por ambos os países para fortalecer sua posição nesse campo crucial da tecnologia e os impactos dessa competição no cenário geopolítico e econômico mundial.

Serão apresentados também os projetos de ambos os países para promover o seu fortalecimento no ramo dos chips, projetos estes como o plano “*Made in China*” e o “*Chips as Science Art*”.

Já o quarto capítulo irá tratar sobre os maiores players no mercado dos chips semicondutores, analisando o *market cap* das empresas e os desafios que estas estão a enfrentar.

1 CADEIA PRODUTIVA DOS SEMICONDUTORES E OS EFEITOS DA COVID-19

Os *chips* semicondutores são de extrema importância para o nosso dia a dia, já que eles estão presentes em diversos dispositivos que usamos frequentemente, sendo necessário entender como funciona a cadeia produtiva e que quais são as especializações dos países nessa cadeia. A pandemia nos mostrou o quão reféns nós somos destes pequenos *chips*. A partir disso, se tem os efeitos que foram causados devido a esse vírus e os problemas enfrentados atualmente.

1.1 O Impacto da Covid-19 nos *Chips* Semicondutores

A cadeia produtiva diz respeito a transformação de uma matéria prima em um bem ou serviço. Esse processo liga diversas atividades econômicas, e uma pandemia pode atrapalhar todo o curso, como ocorreu com a pandemia de COVID-19.

No início do ano de 2020 o mundo viveu uma situação que mudou a vida da sociedade, e o responsável por essa mudança foi a doença chamada (SARS, CoV-2), mais conhecida como coronavírus. O surto começou em dezembro de 2019 em Wuhan, na China, e eclodiu em 11 de março de 2020, antes desta data ninguém acreditava na proporção do problema que essa pandemia iria causar. Em março o Brasil superou a marca de 140 mil mortes em um único mês e em 1º de maio de 2021 tinha mais de 249 milhões de ocorrências de COVID-19. Para conter a doença vários países como o Brasil decretaram isolamento social que durou até o ano de 2022, muitas pessoas ainda utilizam máscara para se proteger, mas no Brasil a maioria da população não utiliza mais deste artifício.

A pandemia foi mais uma das situações que nos mostrou o quanto somos reféns da globalização e o quanto esta é importante, pois promove uma conexão maior entre os países, porém os leva a terem um alto grau de interdependência internacional. A doença causou diversos efeitos na economia, uma delas foi a retração de 3,3% do Produto Interno Bruto (PIB) Brasileiro no ano de 2020. Porém os países que mais sofreram foram os da periferia que necessitam constantemente dos produtos dos países desenvolvidos o que agravou os cenários das desigualdades já existentes. Com o fechamento da China e dos demais países diversos produtos deixaram de ser importados.

O isolamento social gerou uma paralisação do mercado produtivo afetando empresas do mundo todo o que causou impactos negativos na economia que são sentidos até os dias atuais. As medidas restritivas adotadas para conter a doença afetou diretamente as cadeias de produção. Primeiro houve uma desaceleração da economia Chinesa (epicentro da pandemia) e logo em seguida na Europa, ocasionando uma diminuição nos investimentos e no consumo de bens e serviços espalhando incerteza sobre o cenário econômico. A contração do comércio ocasionou na diminuição da produção e no aumento do desemprego.

O mais próximo que o mundo chegou perto do atual cenário foi na década de 70 com a crise do petróleo, motivada pela escassez do produto, fazendo com que os preços do petróleo subissem, triplicando de preço até 1977, o que desestabilizou a economia do mundo todo. A Europa, por exemplo, consumia 80% do petróleo que vinha do Oriente Médio e o Japão 90%. Os árabes começaram a bloquear o petróleo, reduzindo a produção até 15% o que fez com que os europeus comesçassem a racionar o combustível implementando rodízios com os veículos durante a semana, já os japoneses reduziram o consumo de energia o que ocasionou na diminuição na produtividade das indústrias, afetando o mundo inteiro. Outro momento foi a crise vivida no 11 de setembro no qual as incertezas prevaleceram, ocorrendo em uma diminuição do comércio entre os países.

Mesmo com esses dois cenários a pandemia COVID 19 acabou tendo um efeito bem maior na cadeia produtiva, sem contar os problemas sanitários e de saúde que ela trouxe consigo. A pandemia fez com que diversas fábricas enfrentassem falta de matérias-primas e produtos. De acordo com Livio Ribeiro, pesquisador associado do FGV-Ibre e sócio da consultoria BRCG, as desorganizações nas cadeias produtivas veem desde a guerra comercial entre os Estados Unidos e China que afetou principalmente as cadeias de produção dos eletrônicos, o que ocasionou na vulnerabilidade das cadeias perante a pandemia causando um impacto maior. Um dos principais elementos que afetou o mundo foi a escassez de *chips* semicondutores, que são capazes de conduzir correntes elétricas usados na produção de diversos aparelhos eletrônicos como computadores, celulares, carros entre outros (RIBEIRO, apud ELIAS, 2023).

A China é um dos maiores produtores dos semicondutores, e o seu fechamento ocasionou não só na falta de chips como de diversos outros insumos. O país ficou

dois anos com as fronteiras fechadas, adotando um projeto de tolerância zero para conter o coronavírus, esta medida apesar de tentar conter/diminuir a doença acabou ocasionando problemas no comércio internacional já que ela é uma das maiores potências do mundo. Taiwan, por exemplo, detém mais da metade do mercado dos semicondutores, com a empresa Taiwan Semiconductor Manufacturing desempenhando um papel crucial na produção dos *chips*, sendo uma das empresas mais valiosas da Ásia. O Brasil foi um dos países que sofreu com a falta dos *Chips*, pois apesar de possuir 11 empresas na cadeia de produção, estas são utilizadas apenas para a etapa final.

A escassez dos semicondutores ocasionou em um aumento dos preços dos *microchips*. No caso da produção de carros o número de *chips* utilizados durante o processo de fabricação ultrapassando mais de 3 mil *chips*. A Mercedes-Benz, por exemplo, utiliza em alguns modelos de carros mais de 2.444 semicondutores mostrando a dependência que esta peça pode causar. Segundo a Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos de Automóveis (Anfavea) o Brasil deixou de fabricar mais de meio milhão de automóveis o que ocasionou na suspensão na fabricação de diversos modelos de carros, devido à falta dessas peças. (ANFAVEA, 2021)

Os governos de diferentes países passaram a investir em medidas para diminuir sua dependência em relação aos *chips*. Em fevereiro de 2022, a Comissão Europeia anunciou um aporte de US\$ 47 bilhões em sua indústria de semicondutores, com o intuito de aumentar a participação do bloco na produção global de *chips* na próxima década. Na mesma linha, em março deste ano, a Coreia do Sul aprovou um projeto de lei (K-Chips Act) para impulsionar sua indústria de circuitos integrados, aplicando benefícios fiscais às empresas para estimular investimentos nesse setor.

A guerra comercial entre EUA e a China em relação aos *chips* aumentou, Joe Biden assinou uma legislação chamada de “Chips as Science Art” com objetivo de reduzir custos, criar empregos dentre outras iniciativas para combater a escassez dos *microchips*. Esta legislação promete investir cerca de 52 bilhões para aumentar a produção dos semicondutores fabricados nos EUA. A disputa entre as duas potências aumentou com o avanço da inteligência artificial dando maior importância para os *chips* semicondutores. Os EUA suspenderam vendas de diversos produtos para a China no intuito de restringi-los das tecnologias utilizadas. A China proibiu a

exportação de dois mineiras utilizados na fabricação dos *chips* o gálio e o germânio ambos os produtos são considerados cruciais para a economia de diversos países.

Com o objetivo de diminuir a dependência de importações de Taiwan e Coreia do Sul, a China e os EUA estão na procura de fornecedores de *microchips* mais próximos geograficamente e o Brasil foi um dos países cogitados. O governo Biden se encontra disposto a investir bilhões na produção dos *microchips* no Brasil o que viria com várias restrições para exportação ou negócios com a China. De acordo com Tobias Bradford porta-voz da embaixada americana em Brasília

Os presidentes Biden e Lula aproveitam novas oportunidades para impulsionar o comércio e o investimento, bem como ajudar a garantir e expandir as cadeias de abastecimento no hemisfério. A relação econômica Brasil-EUA oferece uma base ideal para explorar essas oportunidades em todos os setores, incluindo semicondutores, nearshoring, energia limpa e muitos outros (BRADFORD, apud MELLO 2023).

O Brasil ainda enfrenta dificuldades para se consolidar nesse setor. O país apesar de possuir um mercado consumidor de semicondutores extenso ainda se mostra muito dependente da importação para atender sua demanda interna. Segundo os dados da Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (Abinee), o déficit comercial do setor de componentes eletrônicos foi de US\$ 38,6 bilhões em 2022. O consumo de semicondutores no Brasil em 2021 foi de US\$ 11 bilhões, mas apenas 8% dessa demanda foi feita por fabricantes nacionais.

O forte aumento da demanda provocada pela pandemia mostrou ao mundo que os semicondutores são fortemente ligados a globalização e a importância que ela tem. Devido a essa forte dependência de outros países, estão sendo estudados abordagens que possuem como objetivo incentivar regiões que carecem de alguma ou de todas as etapas da cadeia de abastecimento. O Brasil é um dos países listados já que possui posição de destaque na América Latina, considerando as suas políticas setoriais e as tecnologias já desenvolvidas junto com um mercado consumidor alto.

1.2 A Escassez dos *Chips* na Indústria Automotiva

As empresas chinesas, como a Huawei, vinham estocando *chips* desde 2019 com receio dos Estados Unidos, e no início de 2020, os EUA começaram a impor leis que impediam a China de ter acesso a algumas das tecnologias de *chips* norte-

americana, porém o maior problema enfrentado foi a covid, que aumentou demasiadamente a demanda por *chips*.

O setor automobilístico foi um dos mais afetados. As montadoras esperavam que a venda de carros diminuísse o que os fez cortar as encomendas. A demanda se recuperou rapidamente, porém os fabricantes de *chips* já haviam realocado a capacidade de *chips* para outros clientes. De acordo com o Conselho Americano de Política Automotiva as montadoras podem utilizar mais de mil *chips* em cada carro e caso um estiver faltando o automóvel não poderá ser enviado. Com isso foi estimado que as empresas produziram 7,7 milhões de carros a menos em 2021.

O mundo produziu em 2021 mais de um trilhão de *chips* um acréscimo de 13% em relação a 2020, o que nos leva a pensar que o maior problema da falta dos *chips* foi a maior quantidade de demanda e não problemas com a distribuição.

O estoque limitado ocorreu também devido ao método já utilizado *just-in-time* que consiste em atividades como aquisição, produção e transporte que são executadas apenas quando consideradas ideais. O método se baseia em ciclos de produção breves, nos quais a fabricação ocorre conforme a demanda, após a venda do produto. Essa metodologia segue os princípios do *lean manufacturing*, visando aumentar a produtividade enquanto reduz os custos. Dessa forma, auxilia a empresa a economizar, pois investe em itens que já foram pagos pelo cliente. Assim, a aquisição de matéria-prima ocorre somente após a confirmação da venda.

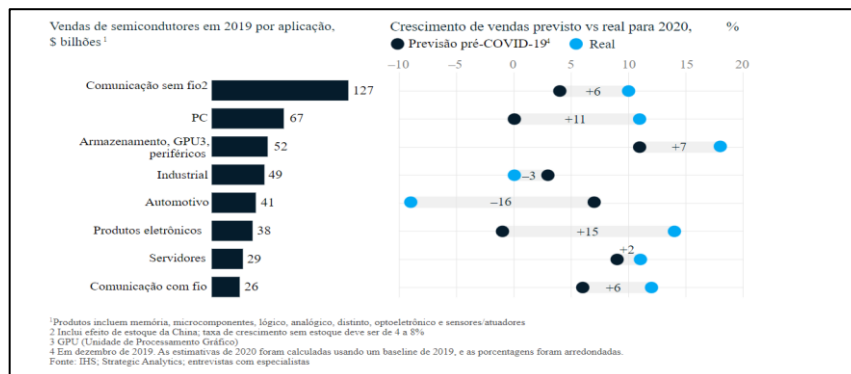
Em circunstâncias normais, a diminuição de estoques é vantajosa do ponto de vista financeiro; no entanto, em situações de escassez inesperada, essa prática pode resultar em perturbações imediatas em toda a cadeia de suprimentos. Dado que muitos participantes do mercado não previam a escassez de *chips* em 2020 e 2021, é provável que tenham mantido estoques bastante reduzidos, o que os deixou menos preparados para enfrentar a crise.

As vendas do setor automobilístico diminuíram substancialmente durante a pandemia, mas é possível observar que ocorreu uma alta nos outros setores que ultrapassaram a demanda que era prevista dos *chips* para 2019.

De acordo com a análise dos dados da IHS Markit foi revelado que a demanda efetiva por semicondutores na indústria automotiva em 2020 seguiu uma projeção pré-pandemia de aproximadamente 15 pontos percentuais (conforme demonstrado na

Figura 1). Durante o mesmo período, a maioria dos outros setores (exceto o setor industrial) experimentou uma expansão significativa, resultando em um aumento médio de 5 a 9% nas vendas de semicondutores além do crescimento previsto. Como resultado, quando a demanda da indústria automotiva se recuperou mais rapidamente do que o esperado no segundo semestre de 2020, a indústria de semicondutores já havia ajustado sua produção para atender às demandas de outras aplicações.

Figura 1 – Vendas de Semicondutores no Mundo



Fonte: IHS, Strategic Analytics; entrevistas com especialistas McKinsey.

De acordo com um estudo feito pela USP, cerca de três anos atrás, antes da eclosão da pandemia, era viável encontrar veículos populares novos com preços na faixa dos 30 mil reais; entretanto, atualmente, os carros mais acessíveis disponíveis no mercado brasileiro têm um preço médio em torno de 65 mil reais. Nesse contexto, o próprio conceito de “carro popular” parece ter sua definição alterada. Essa significativa elevação nos preços está correlacionada com uma redução no consumo de veículos novos. Por conseguinte, os preços dos carros usados também sofreram um aumento.

1.3 Processo de Produção dos Chips

Os semicondutores têm capacidade de condutividade elétrica intermediária, ou seja, eles atuam basicamente como um isolante impossibilitando a passagem de corrente elétrica ou como um condutor, permitindo que os elétrons passem. Eles são muito usados na fabricação de diversos componentes eletrônicos e um desses produtos são os *chips* os quais tem diversas funções, como processar, armazenar e receber informações. Os *chips* são bem eficazes devido a sua eficiência e tamanho, pois representam bilhões de interruptores em uma pequena área. É esperado que a

demanda por semicondutores cresça nos próximos anos devido ao crescimento da internet com o 5G e o incentivo ao uso de veículos elétricos e autônomos.

As principais categorias de semicondutores, segundo Filippin (2020) são:

- Componentes discretos: diodos, transistores, etc.
- CIs analógicos¹: amplificadores, comparadores, reguladores e referências de tensão, conversores de dados, *switches* e multiplicadores, *interfaces*.
- CIs digitais²: circuitos lógicos como *display drivers* e lógica *standard*; memórias voláteis³ como *random access memory* (DRAM) e *static random access memory* (SRAM) e não voláteis, como *read-only memory* (ROM), *erasable programmable read-only memory* (EPROM); microprocessadores e microcomponentes; dispositivos despadronizados ou sob encomenda.
- Sensores e atuadores de temperatura, pressão, etc.
- Optoeletrônicos: dispositivos *laser*, sensores de imagem, *light emitting diodes* (LED), fotodetectores e células solares.

Para ser realizado o processo de fabricação dos semicondutores são necessárias diversas etapas que ocorre em instalações especializadas conhecidas como fundições ou fábrica de semicondutores. O processo requer muitos anos de experiência e pesquisa para desenvolver, projetar, produzir, lançar e prestar serviços. Uma empresa de semicondutores típica precisa trabalhar com diversos estágios do ciclo de produção ao mesmo tempo. Os tempos de produção dos *chips* podem variar dependendo do grau de complexidade, mas, em média, podem levar de três a cinco anos para ir da pesquisa inicial ao produto.

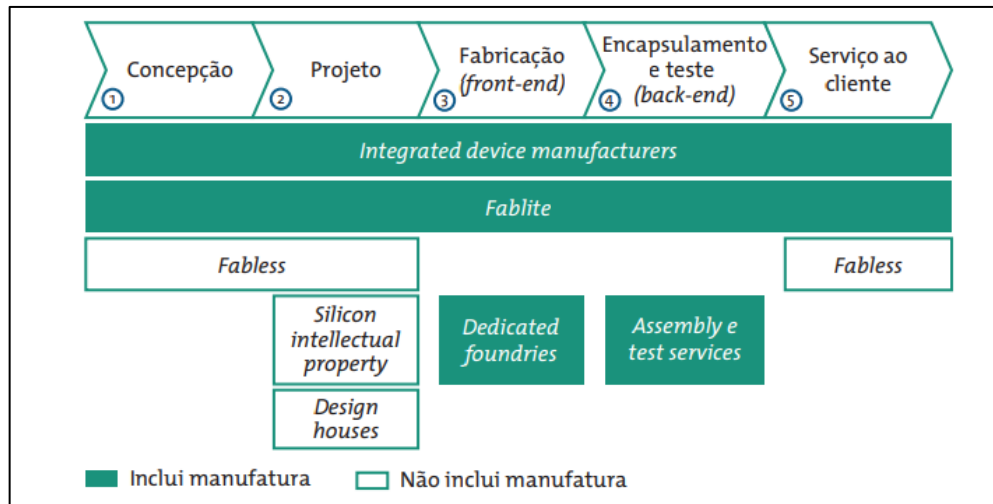
Os processos para sua produção são físico-químicos, a exemplo de limpeza, deposição de materiais, oxidação, tratamento térmico, dentre outros. O resultado desses processos é o fornecimento de circuitos integrados (CIs), ou componentes semicondutores, e sua produção pode ser dividida em cinco etapas:

1. Concepção do produto, que é a etapa na qual são definidas as funcionalidades do *chip*.
2. Projeto ou *design* do componente.
3. Fabricação do componente, ou *front-end*.

4. Teste, afinamento, corte e encapsulamento do componente, ou *back-end*.
5. Serviço ao cliente.

É importante ressaltar que após o produto estiver pronto terá uma nova cadeia na qual ocorre a venda para a indústria de *smarthphones* e automotiva.

Figura 2 – Cadeia Produtiva dos *Chips* Semicondutores



Fonte: FILLIPIN (2020).

As empresas vão se adequando a etapa que mais condiz com o seu mercado como é dito por Filippin (2020). Existem diversos tipos de indústrias, algumas delas são:

- *Integrated device manufactures* (IDM) é a que realiza toda a etapa de produção que tem o nome. As mais conhecidas no mercado são a Intel, Samsung e Micron Technology.
- *Fabless* que significa “sem fábrica” basicamente elas vão projetar e comercializar os *chips*, porém irão terceirizar a fabricação duas empresas conhecidas por esse processo são: Taiwan *Semiconductor Manufacturing Company* (TSMC) e *United Microelectronics Corporation* (UMC). As vantagens de se ter uma empresa *fabless* é de que este modelo permite que os custos de mão de obra sejam reduzidos e economias de escala, enquanto se concentram no crescimento de seus portfólios.

- *Fablite* é um modelo que permite a fabricação interna dos semicondutores que se concentra puramente na otimização de custos. As principais empresas são a Texas *Instruments* (TI) (EUA), a NXP (Países Baixos) e a *Infineon Technologies* (Alemanha).
- *Back-end* é utilizado por firmas especializadas em encapsular o semicondutor, ou seja, estão no que é o caso da indústria brasileira de *chips* semicondutores.
- *Design houses* (DH), são contratadas por outras empresas (IDMs, *fablites* ou *oufabless*) para realizar apenas a etapa de *design*.

2 INDÚSTRIA DOS *CHIPS* SEMICONDUTORES NO BRASIL

O Brasil possui ainda pouca relevância no mercado dos *chips* semicondutores. O objetivo deste capítulo é mostrar principalmente os programas que o país fez para entrar dentro deste setor e quais são os próximos passos para se inserir cada vez mais neste mercado. Outro ponto abordado será a nova tecnologia do 5G que chegou recentemente no Brasil e utiliza dos *chips* para sua realização.

2.1 Inserção no Mercado de *Chips* no Brasil

Nos anos de 1970 o Brasil começou a dar início na indústria dos semicondutores com a fábrica da Philco instalada, e já na década seguinte o país tinha um total de 20 empresas no setor, porém a abertura comercial no período de 1990 provocou uma redução da capacidade industrial no setor dos *chips*. Em 2000, a indústria de semicondutores começou a virar assunto após o governo perceber que era um ponto de extrema importância para o avanço da tecnologia no Brasil.

Em 2004, a indústria de semicondutores fez parte dos planos do governo novamente, quando o Governo Federal lançou a Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior, a PITCE (SUZIGAN; FURTADO, apud SANTOS 2019), que tinha por objetivo estimular a atividade econômica em alguns setores, aumentando a produtividade e a inovação tecnológica, ao mesmo tempo em que intencionava diminuir a dependência externa do país. No todo, a política tinha a finalidade de melhorar a situação do país em relação ao mercado internacional.

No ano de 2005 foi lançado o programa CI-Brasil fruto de uma ação conjunta entre o governo federal, empresas e o setor acadêmico que tinha como principal objetivo estimular as empresas brasileiras de tecnologia e inserir o Brasil no cenário internacional de semicondutores. Já no ano de 2007 foi criado o PADIS que tem por objetivo fomentar a implantação e a manutenção no país de pessoas jurídicas que desempenham as atividades de concepção, desenvolvimento, projeto e fabricação de dispositivos semicondutores. O programa é dividido em três perspectivas sendo elas ampliar o mercado através da oferta de projetos e manufatura de componentes estratégicos pela indústria nacional, em bases competitivas e sustentáveis assim como aumentar os consumos dos produtos fabricados no Brasil. A segunda

perspectiva é o Adensamento Produtivo e Tecnológico das Cadeias de Valor, promovendo e atraindo investimento. A terceira perspectiva é criar e fortalecer as competências críticas ampliando as atividades de PD&I, estimulando a cooperação e a inserção global assim como o desenvolvimento de tecnologias emergentes.

Em 2008, com o objetivo de substituir a PITCE, foi criada a Política de Desenvolvimento Produtivo (PDP). A ideia do Governo Federal era que esse programa propiciasse um crescimento a longo prazo. O Brasil estava em um cenário otimista no momento:

Há boas razões para crer que a fase inicial de um novo ciclo longo de crescimento já está em andamento. Em dezembro de 2007, completaram-se 23 trimestres consecutivos de expansão da produção industrial, 15 trimestres de ampliação do consumo, e, aspecto distintivo do momento atual, 13 trimestres seguidos de crescimento do investimento – expansão sempre superior, nos últimos dois anos e meio, à observada para o produto interno bruto (PIB). Compõem, ainda, esse quadro positivo, a robusta expansão dos mercados de crédito e de capitais e a ampliação dos lucros das empresas, do emprego e da massa salarial em todos os setores da economia brasileira (BRASIL, 2008f, p. 7).

O principal objetivo do programa era de que o crescimento se tornasse constante, contudo, a política iria enfrentar quatro desafios de acordo com Filipin (2020):

- Ampliar a capacidade de oferta para enfrentar uma demanda em expansão, evitando pressões inflacionárias e gargalos.
- Preservar a robustez do balanço de pagamentos brasileiro por meio da expansão das exportações e da atração de investimento externo.
- Elevar a capacidade de inovação das empresas brasileiras, de forma a agregar valor aos produtos nacionais, ampliar a competitividade das empresas no mercado doméstico e fortalecer a inserção externa do país.
- Fortalecer as micro e pequenas empresas para amplificar os efeitos competitivos e distributivos positivos do atual ciclo de expansão, notadamente a geração de emprego e a inclusão social.

No ano de 2011 foi criado outro programa chamado de Plano Brasil Maior (PBM) com o intuito de estimular a inovação e a competitividade da indústria brasileira. O governo estipulou também algumas metas para o plano (FILIPPIN, 2020).

- Ampliar o investimento fixo de 18,4% do PIB em 2010 para 22,4% em 2014.
- Elevar o gasto privado em P&D de 0,59% do PIB em 2010 para 0,90% em 2014; elevar o percentual de trabalhadores industriais com ensino médio completo de 53,7% em 2010 para 65,0% em 2014.
- Ampliar a relação valor da transformação industrial (VTI) / valor bruto da produção (VBP) de 44,3% em 2009 para 45,3% em 2014.
- Elevar a relação VTI da indústria de alta e média-alta tecnologia / VTI total da indústria de 30,1% em 2009 para 31,5% em 2014.
- Aumentar em 50% o número de micro, pequenas e médias empresas inovadoras.
- Diminuir o consumo de energia por unidade de PIB industrial de 150,7 toneladas equivalentes de petróleo / R\$ milhão em 2010 para 137,0 em 2014.
- Ampliar a participação do país no comércio internacional de 1,36% em 2010 para 1,60% em 2014.
- Elevar a relação VTI/VBP dos setores ligados à energia de 64,0% em 2009 para 66,0% em 2014.
- Ampliar o número de domicílios urbanos com acesso à banda larga de 13,8 milhões em 2010 para 40,0 milhões em 2014 .

Relacionado ao financiamento, o Finep tem uma linha de crédito somente para o desenvolvimento de CIs. Já o BNDES criou o BNDES Funtec, que possuem como ideais o estímulo e o desenvolvimento da tecnologia.

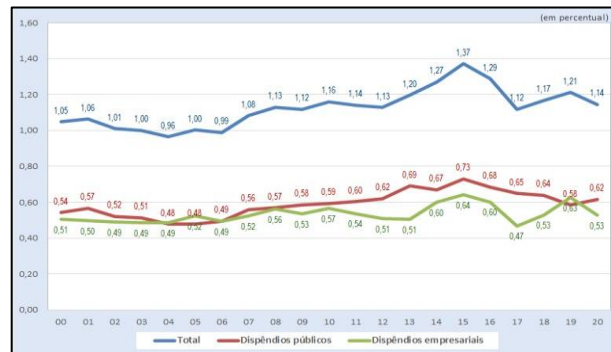
No Brasil temos algumas empresas fabricantes de *chips* semicondutores instaladas sendo as principais: AData, Brasil Componentes, Cal-comp, HT Micron Semicondutores, e *Smart* Modular Technologies. A empresa AData foi fundada no ano de 2011 em Taiwan e com a sua primeira sede em 2014 em Santo Antônio de Posse, região metropolitana de Campinas. Sendo uma das líderes na fabricação e venda de módulos de memória DRAM *pendrives* cartões de memória, SSD (solid state drive) e discos rígidos portáteis. O Brasil componentes faz parte do grupo Multilaser e é uma empresa 100% brasileira localizada em Minas Gerais. A empresa Cal-comp Semicondutores foi fundada em 2014 em Manaus e faz parte do grupo Kinpo Group que possuem operações em toda a Ásia, Europa e nas Américas. A sede no Brasil

realiza a produção de *chips* de memória Nand Flash e controlador para produtos variados como *Smartphone*, *Smart TV's*, SSD, *Flash drive* e outros produtos de informática. Em seguida temos a empresa HT Micron Semicondutores fundada em 2009 com a sede na cidade de São Leopoldo sendo o grupo sul-coreano HANA Micron e a Finep pelo fundo de inovação. Ela atua no mercado de componentes semicondutores oferecendo diversos produtos diferenciados e de diversos segmentos da indústria eletrônica brasileira. Por fim, temos a Smart Modular Technologies que teve início no Brasil no ano de 2002 ela atua no desenvolvimento, projeto, produção, teste e comercialização de componentes eletrônicos semicondutores de memória, ajudando na produção da SMART em *smartphones*, *tablets*, *notebooks*, *desktops*, servidores e *Smart TVs*.

As empresas que estão instaladas no Brasil atuam somente na parte final da fabricação mais conhecida como *backend*, ou seja, ela não atua na fabricação total do componente. Porém o país pretende abrir o Centro de Excelência Eletrônica avançada (Ceitec), uma estatal de semicondutores fundada em 2008 respondendo por apenas 2% das patentes brasileiras. O Ministério da Economia tentou privatizar a CEITEC em 2019 e 2020, mas não teve comprador. A partir disso o governo decidiu que o plano seria romper com a empresa. Porém com a retomada da economia e o *home office* se tornando cada vez mais frequente a demanda por produtos eletrônicos assim como de veículos tem aumentado e a falta dos *chips* está sendo cada vez mais frequente.

O país deixou de produzir cerca de 120.000 veículos no ano de 2021. Vários fabricantes de *chips* estão anunciando o aumento da sua capacidade de produção através da construção de novas fábricas. Para isso é necessário que os investimentos em P&D no Brasil cresçam. P&D, sigla para Pesquisa e Desenvolvimento, refere-se a qualquer esforço criativo e sistemático destinado a expandir o acervo de conhecimentos, abrangendo tanto o conhecimento humano, cultural e social quanto a sua aplicação na descoberta de novas aplicações. A essência fundamental na caracterização da P&D reside na presença de criatividade e inovação. A média que o Brasil investe em ciência e tecnologia é de 1% do PIB. No ano de 2019 o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) publicou um relatório, e de acordo com ele o Brasil investiu cerca de 89,5 bilhões de reais no setor, o que é baixo comparada a países como Estados Unidos e Alemanha que investiram mais de 3% do PIB.

Gráfico 1 – Despesa Nacional em P&D em Relação ao PIB



Fonte: BRASIL Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (2023)

Os países de acordo com o Banco Mundial que mais investiram em P&D em relação com o PIB foram: Israel, Coreia do Sul, Suécia, Bélgica, EUA, Japão, Áustria, Suíça, Alemanha e Dinamarca, o Brasil ficou na 34ª posição. De acordo com a reunião do ministro da pasta Paulo Alvim feita em 2022 o objetivo é que os investimentos na área aumentem para 2% do PIB.

O relatório do MCTI aponta que a iniciativa privada representa metade dos investimentos em P&D no Brasil, mas se refletirmos que muitos empresários enxergam com receio investimentos em pesquisa, ciência e tecnologia devido aos seus riscos inerentes e a possibilidade deles não performarem tão bem quanto investimentos mais conservadores, tais como os realizados em máquinas e equipamentos nos projetos de modernização fabril e logística, temos uma imensa parcela de organizações que acabam optando por uma política de maiores certezas, deixando de lado a oportunidade de se desenvolver tecnologicamente, aumentar sua produtividade e maximizar ganhos (MAIESKI, apud DINO 2022).

Analisando os gastos dos governos estaduais com P&D, o que apresentou maiores investimentos na área foi o estado de São Paulo, em segundo Rio de Janeiro e em terceiro Paraná. Os estados que apresentaram menores índices foram Tocantins, Rondônia e Acre. As empresas estão cada vez mais registrando um número menor de patentes a taxa de concessões de patentes pelo Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI) registrou queda de 8,4%, de acordo com o Boletim Mensal de Propriedade Industrial de setembro de 2023.

Para que o Brasil possa ter a capacidade de gerar novas tecnologias como os *chips* é necessário que os investimentos em P&D aumentem garantindo Centros de Pesquisa e Instituições de Ciência, Tecnologia e Inovação (ICT) e assim fazendo com que as inovações tenham um alcance mundial. Apesar de ser um trabalho de longo prazo é importante para que o Brasil cresça e obtenha resultados satisfatórios.

2.2 5G no Brasil

Atualmente nos deparamos cada vez mais com novas tecnologias e uma delas é o 5G. O “G” em 5G significa “geração”, indicando que já atravessamos quatro gerações de padrões de rede móvel, cada uma exigindo novos *hardwares* tanto nos dispositivos móveis quanto nas torres de celular. A empresa Huawei é uma das que se destacou como líder na fabricação dos mais recentes dispositivos de comunicação para chamadas e transmissão de dados em redes celulares. As gerações vão desde o 1G até o atual 5G, os telefones 2G permitiam o envio de textos com imagens, os 3G habilitaram a navegação na internet e o 4G possibilitou a transmissão de vídeos de praticamente qualquer lugar.

Figura 3 – “G” Gerações

1980s	1990s	2000s	2010s	2020s
1G	2G	3G	4G	5G
celulares analógicos do tamanho de uma maleta, usados por poucas pessoas em situações profissionais	é introduzida a voz digital	telefones passam a caber no bolso, enviam SMS e permitem acessar a internet	surgem os smartphones e as lojas de aplicativos. A velocidade aumenta - é possível assistir a vídeos online no celular	veículos conectados, realidade aumentada, assistência médica remota, agricultura de precisão, logística digitalizada, etc

Fonte: McKinsey Company (2022).

A evolução contínua dos semicondutores de alta potência é responsável pela nossa crescente expectativa em relação às funcionalidades dos dispositivos móveis, como a simples transmissão de textos com imagens. Empresas líderes em *design* de *chips*, como a Qualcomm, têm desenvolvido novas abordagens para otimizar a transferência de dados por meio do espectro de rádio. Além disso, fabricantes de semicondutores, como a Analog Devices, têm produzido transceptores de radiofrequência, capazes de enviar e receber ondas de rádio com maior precisão e eficiência energética.

O 5G abriu caminho para a transmissão de uma quantidade ainda maior de dados de forma sem fio. Esse avanço será alcançado em parte por meio de métodos mais sofisticados de compartilhamento de espectro, exigindo algoritmos mais complexos e maior capacidade de processamento tanto nos dispositivos móveis quanto nas torres de celular, a fim de otimizar a alocação de dados no espaço disponível no espectro sem fio. Além disso, as redes 5G utilizam um novo espectro de

radiofrequência anteriormente subutilizado, ampliando significativamente a capacidade de transmissão de dados. Os semicondutores avançados desempenham um papel fundamental nesse processo, permitindo não apenas aumentar a densidade de dados em uma frequência específica de ondas de rádio, como também enviam ondas de rádio mais longe e as direcionam mais precisamente.

É importante ressaltar a relevância que os *chips* semicondutores possuem para a realização da tecnologia 5G, que leva até oito *chips* de gerenciamento de energia, já o 4g levava somente 3. Isto significa que a demanda por *chips* tende somente a aumentar e o Brasil necessita alcançar essa demanda cada vez maior. Com isso no ano de 2023 o BNDES aprovou um financiamento de R\$ 99 milhões para a empresa HT Micron de São Leopoldo. O financiamento permitirá à HT Micron adquirir os equipamentos necessários para desenvolver a linha de *chips* uMCPs (Universal Flash Storage Multi Chips), que gradualmente substituirão os chips eMCPs (embedded Multi Chip Package) atualmente fabricados pela empresa. Além de atender às novas exigências resultantes da implementação do 5G na telefonia celular.

O Brasil, até o ano de 2022, não tinha acesso a rede 5G, já países como Estados Unidos, Canadá, Reino Unido, Suécia, Suíça, Finlândia, Japão, China, Taiwan, Arábia Saudita, Coreia do Sul, Kuwait, Austrália, Noruega e Alemanha já tinham disponível desde 2019. Porém é esperado que o Brasil chegue em junho de 2024 com 3.678 municípios liberados para a tecnologia. A ascensão do 5G só mostrou o quanto o Brasil necessita de investimentos maiores na área de tecnologia, para que possamos aumentar a oferta dos semicondutores.

3 A DISPUTA ENTRE CHINA E ESTADOS UNIDOS

A China e os Estados Unidos desde muito tempo disputam na corrida tecnológica. Neste capítulo será abordado a história de como esses dois países no setor dos *chips* semicondutores e quais os planos que ambos estão realizando para se inserir no setor.

3.1 Corrida na Indústria dos *Chips*

A produção industrial determinou o resultado da Segunda Guerra Mundial, diversos países já haviam fabricado aviões e tanques assim como a temível bomba atômica. Durante a guerra a busca pela computação foi cada vez mais aumentando, existiam botões e alavancas que calculavam altitudes e ângulos que nenhum piloto conseguiria fazer com tanta rapidez e exatidão e, portanto, a mira de bombardeios dos Estados Unidos era precisa. Os engenheiros para alcançar uma precisão maior começaram a substituir as engrenagens mecânicas dos primeiros computadores por cargas elétricas que utilizavam tubos de vácuo. Este foi um grande passo para a computação, porém os tubos de vácuo emitiam uma luz das lâmpadas o que acabava atraindo insetos como as traças.

Após o tubo de vácuo, Schockley criou o transistor, porém era necessário que este fosse simplificado, no qual o principal desafio era fabricar em grande quantidade. Logo, Kilby e Noyce perceberam que poderiam construir vários transistores em uma placa de silício ou germânico que logo foi chamado de circuito integrado e informalmente como *chip*. A primeira encomenda dos *chips* veio da Nasa, os cientistas tinham como objetivo nesta época de projetar o computador para a espaçonave Apollo e auxiliá-la até a lua.

A equipe de P&D da Fairchild sob direção de Gordon Moore, desenvolveu novas tecnologias e abriu novos mercados para os civis. Gordon acreditava que os circuitos poderiam ser utilizados para outros meios que não fossem apenas foguetes e radares e assim a Fairchild foi uma das primeiras empresas a oferecer circuitos integrados para as pessoas usarem, o que antes era oferecido por 20 dólares começou a custar dois dólares.

O Prêmio Nobel foi dado a Shockley, Bardeen e Brattain pela invenção do transistor e Kilby e Noyce ganharam um Nobel pela criação do primeiro circuito integrado. Universidades como MIT e Stanford foram de extrema importância para a criação e desenvolvimento dos semicondutores.

Os Estados Unidos com o tempo construíram uma das maiores empresas que projeta *chips*, a Apple, investindo fortemente em P&D e em instalações de projetos de *chips*. A empresa projeta cada vez mais silício, porém não fabrica os *chips*. A China é um dos lugares com maiores instalações de montagem onde são montados diversos dispositivos eletrônicos. São empresas Taiwanesas como a Foxconn e a Wistron que administram instalações para a Apple na China

A China foi um dos países que mais se utilizou do novo mundo digital, ela restringiu empresas dos Estados Unidos como Google e Facebook criando empresas locais como Baidu e Tencent, apenas a Apple e a Microsoft foram autorizadas a entrar. Durante os anos de 2000 a 2010 a China gastou mais dinheiro importando semicondutores do que petróleo. Logo não demorou muito para que a China e os Estados Unidos entrassem em uma guerra comercial.

Em janeiro de 2017, durante o Fórum Econômico Mundial, o presidente chinês declarou que em uma guerra comercial ninguém sairá vencedor, três dias depois o presidente Donald Trump ganhou as eleições e acusou a China de roubar as empresas dos EUA e destruir os empregos deles. Porém, alguns meses antes Xi Jinping que fez um discurso para o Partido Comunista em Pequim:

Devemos promover alianças fortes e atacar passagens estratégicas de forma coordenada. Devemos atacar as fortificações de pesquisa e desenvolvimento de tecnologia essencial [...] devemos não só convocar o ataque, devemos também fazer uma convocação para uma assembleia, o que significa que devemos concentrar as forças mais poderosas para atuar em conjunto, compor brigadas de choque e forças especiais para invadir as passagens (XI JINPING, 2017).

A China com o tempo estava cada vez mais precária em relação a sua posição tecnológica, as importações de semicondutores estavam aumentando ano pós ano. O maior empecilho para o país era que a participação de mercado estava concentrada em algumas empresas como, TSMC e Samsung e principalmente a sua dependência de tecnologia estrangeira controlada por Taiwan, Japão, Coreia do Sul e Estados Unidos.

Em 2014, Pequim decidiu oferecer um financiamento maior para os semicondutores lançando o “Big Fund”, para apoiar inovações na fabricação de *chips*. Os principais investidores do fundo são o Ministério das Finanças da China, a estatal *China Development Bank* e algumas outras empresas do governo como a *China Tobacco* e veículos de investimento dos governos municipais de Pequim, Xangai e Wuhan. No entanto, a China acabou sendo prejudicada não pelo fato de o governo buscar estabelecer conexões com o Vale do Silício, mas sim pela intenção de se libertar dele. Países como Japão, Coreia do Sul, Holanda e Taiwan se tornaram dominantes em estágios essenciais da produção de semicondutores, estabelecendo uma forte integração com a indústria de *chips* dos Estados Unidos.

De acordo com a pesquisa feita no Centro de Segurança e Tecnologia Emergente da Universidade de Georgetown, a China possui menos de 1% do mercado global de ferramentas de *software*. Em toda a cadeia de fornecimento de semicondutores as empresas chinesas detêm 6% comparada a 39% dos EUA, 16% da Coreia do Sul e 12% de Taiwan. As grandes empresas da China dependem de *data centers* cheios de *chips* estrangeiros, que em sua maioria são produzidos nos EUA. A maior ambição

Por maior que seja seu porte, por maior que seja sua capitalização de mercado, se uma empresa de internet depende criticamente do mundo exterior para obter seus componentes principais, o “portão vital” da cadeia de suprimentos fica nas mãos de terceiros (XI, apud MILLER, 2023).

O governo chinês relatou um plano chamado de “Made in China 2025” que tinha como objetivo reduzir a quantidade de importação da China em sua produção de *chips* de 85% em 2015 para 30% até 2025. O plano não iria prejudicar apenas o vale do silício, mas caso a China conseguisse alcançar a autossuficiência na produção de semicondutores, os países vizinhos seriam ainda mais afetados, dado que muitos deles dependiam economicamente das exportações.

Figura 4 – Plano “Made in China”



Fonte: Forbes (2018).

Com esse plano a China não queria apenas uma participação maior no sistema dos *chips* e sim gostaria de reconstruir a indústria mundial dos semicondutores. Porém, o governo no ano de 2005 já vinha com o objetivo de se tornar uma das maiores potências tecnológicas do mundo e algumas dessas metas ainda estão vigentes até hoje, como:

- Perseguir meta de 2,5% do PIB investidos em P&D.
- Elevar para mais de 60% a contribuição das tecnologias avançadas para o crescimento econômico.
- Limitar em até 30% a dependência da China de tecnologias importadas.
- Despontar entre os cinco maiores países em depósito de patentes de residentes.
- Assegurar que a produção científica chinesa esteja entre as mais citadas no mundo.

Buscando a sua independência nos *chips* semicondutores Pequim tinha como foco os *chips* para servidores. A situação na metade da década de 2010 era semelhante aos dias atuais, onde os *data centers* globais dependiam principalmente de *chips* baseados na arquitetura x86, embora as GPUs da Nvidia estivessem ganhando espaço no mercado. Naquela época, apenas três empresas possuíam a propriedade intelectual necessária para produzir esses *chips* com a arquitetura x86: a Intel e a AMD dos Estados Unidos, juntamente com uma empresa taiwanesa chamada Via, que era relativamente pequena. Em 2016, um consórcio de empresas e órgãos governamentais chineses fechou um acordo com a ADM para licenciar a produção de *chips* x86 modificados pelo mercado chinês.

A China possui uma das maiores fabricantes de *smartphone* do mundo, fundada em 1987 por Ren Zhengfei em Shenzhen, a empresa Huawei. Inicialmente,

a empresa começou como uma fabricante de equipamentos de telecomunicações, hoje ela atua em diversas áreas da tecnologia, incluindo telecomunicações, redes, equipamentos de comunicação, dispositivos móveis, computação em nuvem, inteligência artificial e mais. Sendo conhecida por suas contribuições significativas para a infraestrutura de redes de telecomunicações, ela fornece equipamentos e soluções para redes de comunicação móvel, fibra ótica, redes de dados e muito mais. É uma das maiores fabricantes de *smartphones* do mundo, oferecendo uma ampla gama de dispositivos sob a marca Huawei e sua submarca Honor.

A empresa Huawei é bastante polêmica, sendo muito criticada por práticas de apropriação indevida de propriedade intelectual. A empresa reconheceu ter cometido algumas violações de propriedade intelectual, como em 2003, quando admitiu que 2% do código de um de seus roteadores foi diretamente copiado da concorrente dos EUA, Cisco. Além disso, houve alegações de campanhas de invasão de computadores e espionagem, supostamente apoiadas pelo governo chinês, contra a empresa canadense de telecomunicações Nortel na década de 2000, beneficiando a Huawei.

Embora o roubo de propriedade intelectual possa ter contribuído para o sucesso da empresa, não é suficiente para explicar sua ascensão. A Huawei desenvolveu eficientes processos de fabricação, resultando na redução de custos e na produção de produtos considerados de alta qualidade pelos clientes. Além disso, os investimentos substanciais da Huawei em pesquisa e desenvolvimento (P&D) são os maiores do mundo nesse setor. Seu orçamento anual de, aproximadamente, 15 bilhões de dólares para P&D é comparável a apenas algumas empresas, incluindo gigantes da tecnologia como Google e Amazon, empresas farmacêuticas como Merck, e fabricantes de automóveis como Daimler ou Volkswagen.

A Huawei contou com a ajuda do governo chinês para que seu desenvolvimento fosse um sucesso. De acordo com uma análise do Wall Street Journal o total de subsídios oferecidos pelo governo chegou a um total de 75 bilhões de dólares. Após desempenhar um papel crucial na disponibilização da infraestrutura para chamadas telefônicas, a empresa passou a comercializar também telefones. Em pouco tempo, seus *smartphones* alcançaram posições de destaque nas listas de mais vendidos em todo o mundo. Em 2019, a Huawei ficou em segundo lugar em termos de unidades vendidas, superada apenas pela Samsung. Embora a Huawei gerasse uma receita significativamente menor por dispositivo em comparação com a Samsung e a Apple,

esta última beneficiava-se de estratégias de *marketing* e de um ecossistema que permitiam preços consideravelmente mais elevados. Contudo, a habilidade da Huawei em penetrar no mercado de *smartphones* e rapidamente conquistar uma posição de liderança colocou a Apple e a Samsung em estado de alerta.

3.2 *Chips as Science Art*

Conforme mencionado no capítulo 1 Joe Biden assinou a lei número 117-167, também conhecida como “*the Creating Helpful Incentives to Produce Semiconductors (CHIPS)*”, ou Chips Act, com o objetivo de aumentar a liderança dos Estados Unidos na produção de semicondutores e promover avanços na pesquisa e inovação tecnológica e científica, em resposta ao rápido crescimento da China nesses setores.

De acordo com a Casa Branca:

The CHIPS and Science Act provides \$52.7 billion for American semiconductor research, development, manufacturing, and workforce development. This includes \$39 billion in manufacturing incentives, including \$2 billion for the legacy chips used in automobiles and defense systems, \$13.2 billion in R&D and workforce development, and \$500 million to provide for international information communications technology security and semiconductor supply chain activities. It also provides a 25 percent investment tax credit for capital expenses for manufacturing of semiconductors and related equipment [...] [...] These funds also come with strong guardrails, ensuring that recipients do not build certain facilities in China and other countries of concern [...] (UNITED STATES, apud SILVA 2023).

O programa está dividido em duas partes a *DIVISION A – CHIPS ACT OF 2022* e a segunda, chamada de *DIVISION B – RESEARCH AND INNOVATION*. A primeira parte trata-se de estratégias que possuem como objetivo aumentar a indústria dos semicondutores nos Estados Unidos. Para isso o governo americano criou um fundo que dispõe de \$54.2 bilhões sendo distribuídos da seguinte forma:

- Uma quantia de US\$ 39 bilhões será disponibilizada para financiar a construção, expansão ou modernização de instalações e equipamentos nacionais dedicados à fabricação, montagem, teste de semicondutores, embalagens avançadas ou pesquisa e desenvolvimento. Destes, US\$ 2 bilhões serão especificamente alocados para semicondutores já estabelecidos. Além disso, dentro do programa de incentivos, até US\$ 6 bilhões podem ser destinados para custear empréstimos

diretos e fornecer garantias de empréstimos (UNITED STATES, apud SILVA 2023).

- \$11 bilhões serão utilizados no *National Semiconductor Technology Center*, *National Advanced Packaging Manufacturing Program* e no desenvolvimento 33 e capacitação da mão-de-obra para a indústria de *chips* (UNITED STATES, apud SILVA 2023).
- US\$ 200 milhões para iniciar o desenvolvimento da força de trabalho doméstica de semicondutores, que enfrenta escassez de mão de obra no curto prazo, alavancando atividades da *National Science Foundation* (UNITED STATES, apud SILVA 2023).
- Serão alocados US\$ 2 bilhões para o *America Defense Fund*, visando financiar a criação de uma rede de colaboração entre universidades e indústria em nível nacional. O objetivo é promover o desenvolvimento e a transferência de tecnologia na produção de semicondutores, além de fornecer treinamento para a força de trabalho (UNITED STATES, apud SILVA,2023).
- Serão designados US\$ 500 milhões para o *America International Technology Security and Innovation Fund*, com o objetivo de estabelecer uma rede de cooperação entre os Estados Unidos e países aliados. Essa colaboração visa compartilhar esforços e conhecimento na criação de uma cadeia de produção global de semicondutores mais robusta. Adicionalmente, o fundo financiará iniciativas conjuntas entre os países para promover a adoção de chips e tecnologias de informação e comunicação seguras (UNITED STATES apud SILVA, 2023).

No programa é ressaltado que é importante impedir que os beneficiários do financiamento do *CHIPS* expandam a fabricação de certos *chips* na China e em outros países ameaçadores citando países como Coreia do Norte, Rússia e Iran. As empresas que não observarem esses requisitos terão que devolver o valor integral recebido.

IN GENERAL — On or before the date on which the Secretary awards Federal financial assistance to a covered entity under this section, the covered entity shall enter into an agreement with the Secretary specifying that, during the 10-year period beginning on the date of the award, subject to clause (ii), the covered entity may not engage in any significant transaction, as defined in the agreement, involving the material expansion of semiconductor manufacturing capacity in the People's Republic of China or any other foreign country of concern (UNITED STATES, apud SILVA 2023d).

Além disso, o *Chips Act* também permite a concessão de um crédito fiscal de 25% para a produção de *chips* avançados, abrangendo tanto a fabricação direta, como nas *foundries*, quanto a produção de materiais e equipamentos utilizados na indústria avançada. Segundo o *Congressional Budget Office* (CBO), estima-se que esse crédito fiscal terá um custo de aproximadamente US\$ 24,2 bilhões para os cofres públicos dos Estados Unidos.

A segunda parte DIVISION B – RESEARCH AND INNOVATION e tem por objetivo impulsionar os avanços tecnológicos nos Estados Unidos e de acordo com o programa os gastos federais dos EUA em P&D estão em um dos pontos mais baixos em décadas, e o país está perdendo posição em relação a outras economias avançadas. Para reverter essa tendência, uma nova legislação propõe o maior investimento de cinco anos em I&D público da história dos EUA. Isso incluiria financiamento para pesquisa básica e aplicada, a construção de novos centros tecnológicos em todo o país para promover a inovação em comunidades sub-representadas, e medidas para proteger contra o roubo de propriedade intelectual. Essas ações são consideradas cruciais para fortalecer a posição dos EUA e reduzir vulnerabilidades na cadeia de suprimentos em áreas críticas como produção avançada, comunicações, *hardware* computacional e farmacêutica.

É importante destacar alguns projetos, e para estes serão distribuídos recursos durante cinco anos.

- Investimento em Ciência Translacional Estratégica. Autoriza US\$ 20 bilhões para o primeiro Diretório da *National Science Foundation* (NSF) para Tecnologia, Inovação e Parcerias (TIP), que acelerará o desenvolvimento doméstico de tecnologias críticas para a segurança nacional e econômica, como inteligência artificial, computação quântica, manufatura avançada, comunicações 6G, energia e ciência de materiais (US\$ 20 bilhões no total).

- **Ampliação da Pesquisa Básica.** Apoia pesquisas em estágio inicial que criam ideias revolucionárias, incluindo áreas como o sistema de comida-energia-água, química sustentável, risco e resiliência, sistemas de água limpa, tecnologia e saúde comportamental, minerais críticos, agricultura de precisão e o impacto das constelações de satélites na ciência financiada pela NSF.
- **Fortalecimento da Força de Trabalho STEM.** Autoriza financiamento para educação STEM, incluindo bolsas de estudo, *fellowships* e treinamentos para formar trabalhadores em áreas críticas, incluindo o estabelecimento de um programa de bolsas de estudo em inteligência artificial, uma rede nacional para educação em microeletrônica e programas de desenvolvimento da força de trabalho em cibersegurança (US\$ 13 bilhões no total).
- **Construção de Oportunidades de Pesquisa Abrangentes.** Aumenta o financiamento para atividades de pesquisa da NSF em universidades em todo o país, incluindo investimento em instituições que atendem minorias e instituições de pesquisa emergentes, e colocando as jurisdições EPSCoR em um caminho para receber 20% do financiamento em contas-chave até FY2029.
Autorização do Instituto Nacional de Padrões e Tecnologia (US\$ 9 bilhões no total, + US\$ 4 bilhões acima do valor de referência).
- **Apoiar Pesquisa e Normas de Tecnologia Crítica.** Avança a pesquisa e o desenvolvimento de normas para indústrias do futuro, incluindo ciência da informação quântica, inteligência artificial, cibersegurança, tecnologias avançadas de comunicação e semicondutores.
- **Fortalecer Pequenos Fabricantes.** Triplica o financiamento para a Parceria de Extensão de Manufatura, para apoiar pequenos e médios fabricantes com cibersegurança, treinamento de mão de obra e resiliência da cadeia de suprimentos (US\$ 2 bilhões no total).
- **Combater os problemas na Cadeia de Suprimentos.** Alavanca a Parceria de Extensão de Manufatura para criar um Banco de Dados Nacional de Cadeia de Suprimentos, para ajudar as empresas na busca por fornecedores e minimizar as interrupções na cadeia de suprimentos (US\$ 131 milhões no total).

- Ampliar a Manufatura nos EUA. Apoia a criação de novos institutos de pesquisa em manufatura concedidos de forma competitiva, com capacidade expandida para educação e desenvolvimento da força de trabalho (US\$ 829 milhões no total).
- Promover a Competitividade em Normas Internacionais. Expande as atividades de coordenação interagências e troca de informações para apoiar o engajamento do setor privado e garantir um engajamento federal eficaz no desenvolvimento e uso de normas internacionais.

Figura 5 – Division B – Research and Innovation

Key Programs	Five-Year Authorization	Increase over Baseline
National Science Foundation (NSF)	\$81 billion	\$36 billion
• NSF Tech Directorate	\$20 billion	\$20 billion
• NSF Core Activities	\$61 billion	\$16 billion
Department of Commerce (DOC)	\$11 billion	\$11 billion
• Regional Technology Hubs	\$10 billion	\$10 billion
• RECOMPETE Pilot	\$1 billion	\$1 billion
National Institute of Standards and Technology (NIST)	\$10 billion	\$5 billion
• NIST Research	\$6.9 billion	\$2.8 billion
• Manufacturing USA	\$829 million	\$744 million
• Manufacturing Extension Partnership	\$2.3 billion	\$1.5 billion
Department of Energy (DOE)*	\$67.9 billion	\$30.5 billion
• DOE Office of Science	\$50.3 billion	\$12.9 billion
• Additional DOE Science and Innovation	\$17.6 billion	\$17.6 billion
Total	\$169.9 billion	\$82.5 billion
*Across all the DOE sections, there is: <ul style="list-style-type: none"> • A total of \$14.7 billion for infrastructure, equipment, and instrumentation across 17 DOE National Laboratories. • A total of \$16.5 billion in new or above baseline authorizations for research in the 10 technology areas identified in USICA across the Office of Science and DOE's applied R&D offices in advanced energy and industrial efficiency technologies, artificial intelligence and machine learning, advanced manufacturing, cybersecurity, biotechnology, high performance computing, advanced materials, and quantum information science. 		

Fonte: senate.gov

É importante destacar que US\$ 50,3 bilhões serão investidos em P&D, sendo que US\$ 17,636 bilhões serão investidos em segurança energética, transição para energias limpas, microeletrônica, tecnologia nuclear avançada, e P&D aplicados em energia.

4. PLAYERS NO MERCADO DE CHIPS

Neste capítulo será abordado as empresas que estão no setor dos *chips* semicondutores, mostrando o *market share* delas e analisando como elas se performaram no decorrer dos anos, e quais delas perderam valor.

4.1 As Maiores Empresas no Setor dos Semicondutores

O setor de *chips* começou nos Estados Unidos na década de 1950, porém diversos países começaram a ver a importância dessa indústria e o quanto contribuía para o crescimento do setor econômico, e em pouco tempo o Japão se tornou um dos maiores produtores dos *chips* ultrapassando os EUA em *market share*. Para chegar na liderança foi necessário investir fortemente em P&D chegando a controlar quase 50% do mercado no início dos anos de 1990. Os Estados Unidos reagiram criando o *Semiconductor Manufacturing Technology (Sematech)* obtendo um forte êxito.

A Sematech é um consórcio de firmas dos EUA que fabricam ou usam dispositivos semicondutores e se organizaram para fortalecer os recursos da indústria de semicondutores do país em tecnologia de fabricação de semicondutores, de modo a permitir que a indústria americana atenda às necessidades comerciais e de defesa de novos dispositivos semicondutores. [...] o congresso descobriu que é do interesse econômico e de segurança nacional dos EUA fornecer assistência financeira à sematech para atividades de pesquisa e desenvolvimento no campo da fabricação de semicondutores (ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA, apud FILLIPIN 2020).

Após o sucesso dos Estados Unidos diversos outros países entraram no setor como Europa, Coreia do Sul, Taiwan e China.

Tabela 1 – Valor de Mercado das Empresas de Semicondutores

País	Empresas	Participação (%)	Valor	Participação (%)
EUA	45	55,56	1.942.569.168.380,0	55,98
Taiwan	10	12,35	575.566.056.015,0	16,59
Coreia do Sul	2	2,47	409.032.940.940,0	11,79
Países Baixos	4	4,94	298.909.598.092,0	8,61
Japão	5	6,17	111.506.273.380,0	3,21
China	3	3,70	40.538.916.206,0	1,17
Alemanha	1	1,23	35.310.246.640,0	1,02
Suíça	1	1,23	33.926.846.464,0	0,98
Hong Kong	2	2,47	7.348.879.905,0	0,21
França	1	1,23	5.788.498.134,0	0,17
Noruega	1	1,23	3.261.708.089,0	0,09
Singapura	1	1,23	3.026.869.760,0	0,09
Austrália	1	1,23	1.221.863.389,0	0,04
Luxemburgo	1	1,23	737.166.080,0	0,02
Irlanda	1	1,23	731.046.720,0	0,02
Reino Unido	1	1,23	374.700.352,0	0,01
Israel	1	1,23	326.016.352,0	0,01
<i>Total</i>	81	100,0	3.470.176.794.898,0	100,0

Fonte: Companies MarketCap (2022).
Dados extraídos em março de 2022.

Na figura é possível observar a grandeza dos Estados Unidos frente aos demais países com mais de 55,56% de participação. Dentre as 45 empresas que compõe o *ranking* estão: NVIDIA, Broadcom, Intel, Texas Instrument (TI), Qualcomm, AMD e Applied Materials. Em segundo lugar no *ranking* segue Taiwan com 12,35% de participação o que equivale a 16,59% do *market cap* agregado das 81 empresas mundiais da lista. Merece destaque a empresa TSMC, que ocupa o 1º lugar e é dedicada exclusivamente ao processamento físico-químico de lâminas e detém 28% da produção dos *chips* semicondutores no mundo.

A empresa TSMC possui sua sede e operações primárias localizadas em Hsinchu Science Park em Taiwan, é a maior fábrica independente de semicondutores do mundo. Fundada em 1987 a empresa se tornou um dos maiores *players* do mercado tendo como parceria a Phillips que injetou 27,5% do capital da *joint-venture*. Esta se manteve como uma das principais acionistas da TSMC por mais de duas décadas. Em 2008, a empresa vendeu suas últimas ações e encerrou totalmente sua participação. As dez empresas taiwanesas juntas equivalem a US\$ 575 bilhões – sendo a TSMC o equivalente a 80,3%.

O terceiro país que está no *ranking* é a Coreia do Sul com uma participação de 11,79% no *market cap*, o país possui apenas duas empresas, sendo uma delas a Samsung, a terceira maior empresa em termos de valores, um equivalente a 349 bilhões de dólares. Em quarto lugar estão os países baixos, o país possui quatro empresas sendo elas, ASML, NXP Semiconductors, ASM International e BE Semiconductor. Em quinto e sexto vem o Japão e China. O Japão está no setor a anos e possui 5 empresas: Tokyo Electron, Renesas Electronics, Lasertec, Disco Corp., e

Rohm. E apesar de ter mais empresas que outros países não se sobressai em termos de valor.

Tabelas 2 e 3 – Maiores Empresas de *Chips* Semicondutores em 2022 vs 2024

Pais	Empresas	Valor	Participação (%)	Empresas	Pais	Market cap
TSMC	Taiwan	462.190.870.528,0	18,87	NVIDIA	USA	\$2.134 T
NVIDIA	EUA	438.467.395.584,0	17,90	TSMC	Taiwan	\$708.07 B
Samsung	Coreia do Sul	349.754.539.683,0	14,28	Broadcom	USA	\$572.89 B
Broadcom	EUA	237.370.490.880,0	9,69	Samsung	Coreia do Sul	\$379.37 B
ASML	Países Baixos	234.510.057.472,0	9,57	ASML	Países Baixos	\$358.56 B
Intel	EUA	179.956.875.264,0	7,35	AMD	USA	\$235.86 B
Texas Instruments	EUA	155.139.833.856,0	6,33	QUALCOMM	USA	\$201.33 B
QUALCOMM	EUA	153.227.198.464,0	6,25	Applied Materials	USA	\$164.41 B
AMD	EUA	144.452.440.000,0	5,90	Texas Instruments	USA	\$160.73 B
Applied Materials	EUA	94.682.275.840,0	3,86	Intel	USA	\$131.81 B
Total		2.449.751.977.571,0	100,00			

Fonte: CompaniesMarketCap. Primeira tabela dados extraídos em março de 2022 segunda tabela dados extraídos em maio de 2024.

Nas tabelas é possível observar o quanto a empresa NVIDIA cresceu durante esses dois últimos anos alcançando um *Market cap* de mais de US\$ 2 trilhões de dólares em *market cap*. Este crescimento ocorre devido a nova tecnologia do ChatGPT. Seus clientes incluem várias das maiores empresas de tecnologia, como Microsoft, Google, Amazon, Meta e Spotify. Os principais produtos da empresa nesse setor são as unidades de processamento gráfico (GPU) H100 e A100.

Além de atender à demanda no campo da inteligência artificial, a Nvidia fabrica GPUs para computadores pessoais, que desempenham um papel crucial, especialmente em jogos. Foi nesse segmento que a empresa ganhou destaque internacionalmente.

O presidente-executivo da Nvidia, Jensen Huang, confirma que o crescimento da empresa está diretamente ligado aos aumentos nos investimentos do mercado em inteligência artificial.

“Nações e provedores regionais de soluções em nuvem estão investindo em nuvens de IA para servir à demanda local, e empresas de software empresarial estão adicionando copilotos e assistentes de IA às suas plataformas” (HUANG, 2023).

A Nvidia poderá enfrentar um ambiente menos vantajoso nos meses seguintes. Além da competição da AMD e Intel, duas empresas tradicionais no setor de *chips*, a Nvidia também terá que lidar com o surgimento de componentes fabricados por seus próprios clientes. Empresas como Microsoft, Google, Amazon e Meta já revelaram

seus planos de produzir seus próprios *chips* de inteligência artificial, buscando reduzir sua dependência de fornecedores externos.

Em segundo lugar está a TSMC e em terceiro a Broadcom que em 2022 ocupava o 4º lugar. A Apple no ano passado assinou um acordo de vários bilhões de dólares com a Broadcom para utilizar seus *chips* fabricados nos Estados Unidos.

Broadcom colaborará com a Apple no desenvolvimento de componentes de radiofrequência 5G, que serão concebidos e montados em diversas instalações nos Estados Unidos, conforme informado pela Apple. A empresa também revelou que contratou a Broadcom para produzir o chamado *chip* de ressonador acústico de filme em massa (FBAR, em inglês). Esses chips FBAR são parte integrante de um sistema de radiofrequência que facilita a conexão dos iPhones e outros dispositivos da Apple às redes de dados móveis.

Todos os produtos da Apple dependem de tecnologia projetada e construída aqui nos Estados Unidos, e continuaremos a aprofundar nossos investimentos na economia norte-americana porque temos uma crença inabalável no futuro dos Estados Unidos (COOK, apud FORBES, 2023).

É possível reparar na tabela que a INTEL caiu de lugar, onde em 2022 estava no 6º lugar e em 2024 caiu para 10º. As receitas da empresa veem decepcionando faz algum tempo. A empresa viu sua posição ser ultrapassada pela Taiwan Semiconductors Manufacturing (TSMC), que recentemente anunciou um lucro de US\$ 7,56 bilhões no último trimestre de 2023. Em contrapartida, a Intel divulgou que sua unidade de fabricação sofreu perdas de cerca de US\$ 7 bilhões em 2023, um prejuízo maior do que em 2022, quando registrou um resultado negativo de US\$ 5,2 bilhões. Além disso, as receitas dessa unidade diminuíram em 31%, passando de US\$ 27,49 bilhões para US\$ 18,9 bilhões de 2022 para 2023.

Em uma reunião com investidores, o CEO da Intel, Pat Gelsinger, compartilhou uma perspectiva desafiadora para a empresa. Gelsinger indicou que 2024 seria o período com as maiores perdas operacionais no setor de fabricação de *chips*. Além disso, ele mencionou que a Intel só deverá alcançar o ponto de equilíbrio por volta de 2027. Essas declarações foram recebidas de forma negativa pelo mercado.

A Samsung foi outra empresa que perdeu posição no *ranking*, em 2022 estava no terceiro lugar e em 2024 está no 4º lugar. Em 2023 a empresa anunciou intenções de prolongar os cortes na produção devido à limitação da recuperação da demanda,

principalmente em microprocessadores destinados a aplicações de inteligência artificial. Essa decisão destaca a desaceleração sem precedentes no mercado de semicondutores, resultando em um prejuízo operacional recorde de 8,9 trilhões de *wons* (equivalente a 7 bilhões de dólares) na divisão de semicondutores nos primeiros seis meses de 2023.

Por fim, a empresa TSMC que antes estava no primeiro lugar se encontra no segundo lugar.

Durante uma palestra organizada pela Associação Nacional Chinesa de Indústria e Comércio, o diretor da TSMC, Mark Liu, enfatizou que, devido aos avanços da NVIDIA em inteligência artificial (IA), a empresa iria se tornar a líder do setor de semicondutores em 2023. Além de ressaltar o crescimento da NVIDIA no mercado de semicondutores com base em seu relatório fiscal, o presidente da TSMC destacou a “guerra de *chips* entre os EUA e a China” que complicou o cenário global e aumentou as preocupações com a segurança nacional, resultando em uma desaceleração no desenvolvimento de tecnologias. (HAGUI,2023.)

CONCLUSÃO

Analisando o presente trabalho que teve por objetivo principal explicar sobre o papel dos *chips* condutores no nosso mundo, fica evidente a importância que essas peças têm nos dias atuais, e que cada vez mais vão estar em destaque.

Com a pandemia da COVID 19 ficou claro a importância que estes *chips* possuem no nosso dia a dia, usados desde dispositivo como celulares até sistemas de inteligência artificial. Com a demanda por *chips* para aparelhos cada vez maior devido à pandemia um dos setores que acabou sendo mais afetado foi o automobilístico, pois as suas vendas acabaram diminuindo consideravelmente, já que muitos países adotaram o sistema de *lockdown*.

Nesta monografia também foi observado o processo de produção de *chips* semicondutores no qual são necessárias diversas etapas, sendo que cada empresa se adequa a etapa que mais condiz com o seu mercado. Além disso, foi analisado o mercado de *chips* no Brasil, no qual foi concluído que para que o país cresça neste mercado é de extrema importância que cresça em P&D.

Verificou-se o alto interesse da China e dos Estados Unidos em crescerem neste mercado, e a batalha interna entre eles para obter o mercado dos *chips* semicondutores e a necessidade de avançar nas tecnologias.

Portanto, este estudo mostra a importância e relevância que os semicondutores possuem, reforçando a necessidade de pesquisa e desenvolvimento no campo dos *chips*, buscando melhorar cada vez mais a evolução da tecnologia.

REFERÊNCIAS

- AMADO, Miguel. Rede 5G: entenda o que é, como funciona e cenário atual **FIA Business School**, 1 set. 2023. Disponível em: <https://fia.com.br/blog/internet-5g/#:~:text=O%205G%20funciona%20em%20frequ%C3%AAscias,de%20transmiss%C3%A3o%20e%20menor%20lat%C3%AAncia>. Acesso em: 3 abr. 2024.
- ANDRADE, Rodrigo. Países se articulam para diminuir dependência das cadeias globais de suprimento de chips. **Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA)**, 28 abr. 2023. (Última modificação em 29 abr. 2024). Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/cts/pt/central-de-conteudo/artigos/artigos/348-paises-se-articulam-para-diminuir-dependencia-das-cadeias-de-suprimento-globais-de-semicondutores>. Acesso em: 5 fev. 2024.
- ASIA, Nikkei. Fabricantes japoneses de chips apostam alto em equipamentos de inspeção. **Valor Econômico**, 09 maio 2023. Disponível em: <https://valor.globo.com/empresas/noticia/2023/05/09/fabricantes-japoneses-de-chips-apostam-alto-em-equipamentos-de-inspeo.ghtml>. Acesso em: 19 jan. 2024.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM EDUCAÇÃO (ANPED). Diretrizes de política industrial, tecnológica e de comércio exterior. Disponível em: <http://www.anped11.uerj.br/diretrizes.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2023.
- AVELLAR, Ana Paula Macedo de. Análise preliminar do Programa Norte-Americano Chips. **Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA)**, Brasília, 2023. Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/11808/1/NT_Diset_Analise_preliminar_CHIPS_Publicacao_Preliminar.pdf. Acesso em: 19 jan. 2024.
- BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (BNDES). BNDES financia inovação em fábrica gaúcha de semicondutores. Inovação, Telecomunicações, 27 mar. 2023. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/imprensa/noticias/conteudo/bndes-financia-inovacao-em-fabrica-gaucha-de-semicondutores#:~:text=O%20Banco%20Nacional%20de%20Desenvolvimento,utilizados%20em%20smartphones%20e%20tablets>. Acesso em: 3 abr. 2024.
- BEZERRA, Vinícius José Lira. **Fabrico de ideias**: uma experiência do estúdio de design no mercado caruaruense. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Design) – Universidade Federal de Pernambuco Caruaru, 2017.
- BOEHM, Jim; RINSKI, Patrick; FREIRE, Bruna; MOREIRA, Guilherme. Cibersegurança é condição para destravar potencial da saúde com 5G. **McKinsey & Company**, 1 set. 2022. Disponível em: <https://www.mckinsey.com.br/our-insights/all-insights/ciberseguranca-e-condicao-para-destravar-potencial-da-saude-com-5g>. Acesso em: 3 de abril 2024.

BRASIL. Presidência da República, Casa Civil, Subchefia para Assuntos Jurídicos. Decreto n. 7600, de 7 de novembro de 2011. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2011/Decreto/D7600.htm. Acesso em: 19 jan. 2024.

BRASIL. Política de desenvolvimento produtivo: inovar e investir para sustentar o crescimento. [Brasília, DF], 2008f. Disponível em: <http://www.desenvolvimento.gov.br/pdp/arquivos/destswf1212175349.pdf>.

BURKACKY, Ondrej; LINGEMANN, Stephanie; POTOTZKY, Klaus. Administrando a escassez de semicondutores na indústria automotiva: estratégias para ter sucesso. **McKinsey & Company**, Automotive & Assembly, Our Insights, 27 maio 2021. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/coping-with-the-auto-semiconductor-shortage-strategies-for-success/pt-BR>. Acesso em: 20 nov. 2023.

CERVIERI JÚNIOR, Osmar. Desorganização das cadeias produtivas e volta da inflação: efeito Forrester? **Paulo Gala**, Economia & Finanças. Disponível: https://www.paulogala.com.br/desorganizacao-das-cadeias-produtivas-e-volta-da-inflacao-efeito-forrester/#:~:text=Desorganiza%C3%A7%C3%A3o%20das%20cadeias%20produtivas%20e%20volta%20da%20infla%C3%A7%C3%A3o%3A%20efeito%20Forrester%3F,-*escrito%20por%20Osmar&text=A%20partir%20da%20eclos%C3%A3o%20da,agr%C3%ADcolas%2C%20minerais%2C%20qu%C3%ADmicas%20etc. Acesso em: 18 agosto. 2023.

CHIPS and Science Act of 2022. Disponível em: <https://www.vanhollen.senate.gov/imo/media/doc/CHIPS%20and%20Science%20Act%20of%202022%20Summary.pdf>. Acesso em: 27 mar. 2024.

DINO. Brasil investe em média 1% do PIB em ciência e tecnologia. **Valor Econômico**, 26 set. 2022. Disponível em: <https://valor.globo.com/patrocinado/dino/noticia/2022/09/26/brasil-investe-em-media-1-do-pib-em-ciencia-e-tecnologia.ghtml>. Acesso em: 19 jan. 2024.

DINO. Brasil investe pouco em P&D quando comparado a outros países. 16 ago. 2022 (atualizado em 18 ago. 2022). Disponível em: <https://www.terra.com.br/noticias/brasil-investe-pouco-em-pd-quando-comparado-a-outrospaises,c8fb02b349f8fb7bd5fc40825d9008dav8piq0km.html#:~:text=Brasil%20investe%20pouco%20em%20P%26D%20quando%20comparado%20a%20outros%20pa%C3%A4s,0%20investimento%20em&text=De%20acordo%20com%20o%20relat%C3%B3rio,09%25%20respectivamente%20no%20mesmo%20ano>. Acesso em: 5 fev. 2024.

ELIAS, Juliana. Chips de inteligência artificial viram centro de guerra tecnológica entre EUA e China. CNN Brasil, 15 maio 2024. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/economia/chips-de-inteligencia-artificial-viram-centro-de-guerra-tecnologica-entre-eua-e-china/>. Acesso em: 15 maio 2024.

FALTA de chips afeta o mundo todo – e Brasil importa 90% do que consome. **Web Stories CNN Brasil**. Disponível em: <https://stories.cnnbrasil.com.br/economia/falta->

de-chips-afeta-o-mundo-todo-e-brasil-importa-90-do-que-consome/. Acesso em: 2 out. 2023.

FIGUEIREDO, Ana Luiza. Brasil entra na “guerra dos chips” entre EUA e China. **Olhar Digital**, 07 mar. 2023. Disponível em: <https://olhardigital.com.br/2023/03/07/pro/brasil-entra-na-guerra-dos-chips-entre-eua-e-china/>. Acesso em: 20 abr. 2023.

FILIPPIN, Flavia. Estado e desenvolvimento: a indústria de semicondutores no Brasil. 2020. Dissertação (Mestrado em Ciências Econômicas) – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/19660/1/Premio37_Mestrado.pdf. Acesso em: 23 mar. 2024.

FONTES, Giulia. Com fábricas ociosas e contas a pagar, setor industrial luta para sobreviver ao coronavírus. **Gazeta do Povo**, Economia, 09 maio 2020. Disponível em: <https://www.gazetadopovo.com.br/economia/industria-coronavirus-efeitos-brasil/>. Acesso em: 20 mar. 2024.

FORBES BRASIL. Apple fecha acordo multibilionário com Broadcom para chips fabricados nos EUA. Forbes Brasil, 23 maio 2023. Disponível em: <https://forbes.com.br/forbes-money/2023/05/apple-fecha-acordo-multibilionario-com-broadcom-para-chips-fabricados-nos-eua/>. Acesso em: 15 maio 2024.

GOUVEA, Marcelo. Semicondutores: entenda a crise e seus impactos na indústria. **Produza**, 21 jul. 2022. Disponível em: <https://produza.ind.br/curiosidades/semicondutores/>. Acesso em: 20 abr. 2023.

HAGUI, Lucas Takashi. NVIDIA será a maior empresa de semicondutores em 2023, diz diretor da TSMC. **Canaltech**, 28 nov. 2023. Disponível em: <https://canaltech.com.br/hardware/nvidia-sera-a-maior-empresa-de-semicondutores-em-2023-diz-diretor-da-tsmc-271295/>. Acesso em: 20 mar. 2024.

HISATOMI, Carolina. Semicondutores: o que são e como funcionam. **eCycle**, Ciência e Tecnologia. Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/semicondutores/>. Acesso em: 20 mar. 2024.

INSPER – Centro de Agronegócio Global. Impactos da Covid-19 no agronegócio e o papel do Brasil. Texto para Discussão, n. 2, jun. 2020. Disponível em: [impactos-da-covid-19-no-agronegocio-e-o-papel-do-brasil-vf-a.pdf](https://www.insper.br/impactos-da-covid-19-no-agronegocio-e-o-papel-do-brasil-vf-a.pdf). Acesso em: 20 mar. 2024.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). **Carta de Conjuntura**, n. 49, Nota de Conjuntura 5, 4º trimestre de 2020. Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/10383/10/201014_cc_49_setor_mineral.pdf. Acesso em: 15 mar. 2023.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). Centro de Pesquisa em Ciência, Tecnologia e Sociedade. Lei dos Chips sinaliza nova orientação para política de CT&I dos Estados Unidos. Disponível em:

<https://www.ipea.gov.br/cts/pt/central-de-conteudo/noticias/noticias/320-lei-dos-chips-sinaliza-nova-orientacao-para-politica-de-ct-i-dos-estados-unidos>. Acesso em: 15 mar. 2023.

LACERDA, A. C (2022). Reindustrialização para o desenvolvimento brasileiro. São Paulo; Editora Contracorrente. Disponível em:
<https://www.editoracontracorrente.com.br/product/reindustrializacao-para-o-desenvolvimento-brasileiro>

LIMA, Edson Kaique. Por que é difícil resolver a crise global dos chips semicondutores? **Olhar Digital**, 20 abr. 2021. Disponível em:
<https://olhardigital.com.br/2021/04/20/pro/crise-global-dos-chips-semicondutores/>. Acesso em: 18 agosto. 2023.

MALAR, João Pedro. Escassez global foi intensificada na pandemia, e efeitos devem continuar em 2022. **CNN Brasil**, 1 dez. 2021. Disponível em:
<https://www.cnnbrasil.com.br/economia/escassez-global-foi-intensificada-na-pandemia-e-efeitos-devem-continuar-em-2022/>. Acesso em: 2 out. 2023.

MELLO, Patrícia Campos. Brasil é uma das novas frentes na guerra dos chips entre EUA e China. **Folha de São Paulo**, São Paulo, 04 mar. 2023. Disponível em:
https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/7569768/mod_resource/content/4/23_03_04%20FSP%20Brasil%20%C3%A9%20uma%20das%20novas%20frentes%20na%20guerra%20dos%20chips%20entre%20EUA%20e%20China.pdf. Acesso em: 20 mar. 2024.

MENDES, Lucas. Brasil deixou de fabricar 120 mil carros no 1º semestre por falta de chips. Disponível em: <https://www.poder360.com.br/brasil/brasil-deixou-de-fabricar-120-mil-carros-no-1o-semester-por-falta-de-chips/> Acesso em: 17 mar 2023

MILLER, Chris. **A guerra dos chips**: a batalha pela tecnologia que move o mundo. São Paulo: Globo, 2023.

NATIONAL ACADEMIES PRESS. 21st Century Manufacturing: The Role of the Manufacturing Extension Partnership Program. Washington, DC, 2013. (Chapter: Appendix A3: Taiwan's Industrial Technology Research Institute: A Cradle of Future Industrie). Disponível em:
https://www.nap.edu/read/18448/chapter/14?fbclid=IwAR186ar4oowRgVhrd_GpSfaz19bzma8DMut3c7eWtAX5TiQfliGxSA4_vFc. Acesso em: 20 mar. 2024.

O INSTITUTO de Pesquisa de Tecnologia Industrial (ITRI), coração estatal da tecnologia de Taiwan. **Paulo Gala**, Economia & Finanças. Disponível em:
<https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.548.6098&rep=rep1&type=pdf>. Acesso em: 20 mar. 2024.

PENG, Bin-Win; CHEN, Houn-Gee; LIN, Bou-Wen. A Taiwan Research Institute as a Technology Business Incubator: ITRI and Its Spin-Offs. **Comparative Technology Transfer and Society**, v. 4, n. 1, p. 1-18, April 2006.
Disponível em:
https://www.researchgate.net/publication/236763456_A_Taiwan_Research_Institute_

as_a_Technology_Business_Incubator_ITRI_and_Its_Spin-Offs. Acesso em: 20 mar. 2024.

PHAM, Peter. What will China's future look like. **Forbes**, 07 mar. 2018. Disponível em: <https://www.forbes.com/sites/peterpham/2018/03/07/what-will-chinas-future-look-like/?sh=3f9b69307488>. Acesso em: 27 mar. 2024.

PIMENTEL, André de Pieri; PINHO, Isabela Vianna; MANO, Apoena; SOARES, Anna Clara Pereira. **Scielo Brasil**, 19 jun 2023. A escassez dos semicondutores e as transformações recentes do mercado automotivo. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ts/a/7nSYRKBfZSFy3Hh83f6j3qv/#>. Acesso em: 20 mar. 2024.

PLANO Brasil semicondutores. **Gov.br**. Disponível em: <https://www.gov.br/produtividade-e-comercio-exterior/pt-br/ambiente-de-negocios/competitividade-industrial/setor-automotivo/PlanoBrasilSemicondutores.pdf>. Acesso em: 5 fev. 2024.

RECURSOS aplicados: indicadores consolidados. **gov.br**, Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, 2 jun. 2022, atualizado em 21 nov. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/indicadores/paginas/recursos-aplicados/indicadores-consolidados/2-1-3-brasil-dispendio-nacional-em-ciencia-e-tecnologia-por-setor-institucional>. Acesso em: 5 fev. 2024.

REUTERS. Netanyahu avalia riscos de ataque a Rafah enquanto o dilema dos reféns divide os israelenses. Disponível em: <http://br.reuters.com/article/internetNews/idBRKBN0MK2OJ20150324>>. Acesso em: 20 nov. 2023.

ROCHA, Marcus. Para gerar novas tecnologias, ecossistemas de inovação precisam estruturar investimentos em P&D. **Scinova**, 14 mar. 2023. Disponível em: <https://scinova.com.br/para-gerar-novas-tecnologias-ecossistemas-de-inovacao-precisam-estruturar-investimentos-em-pd/#:~:text=investimentos%20em%20P%26D-,%5BOPINI%C3%83O%5D%20Para%20gerar%20novas%20tecnologias%2C%20ecossistem as%20de%20inova%C3%A7%C3%A3o,precisam%20estruturar%20investimentos%20em%20P%26D&text=%C3%89%20fundamental%20garantir%20bons%20Centros,conex%C3%A3o%20entre%20empresas%20e%20universidades>. Acesso em: 19 jan. 2024.

SANTOS, Nilton. Impacto das novas tecnologias na educação. *Revista Tecnologia e Sociedade*, v. 8, n. 2, p. 45-67, 2022. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rts/article/download/8345/6035>. Acesso em: 15 maio 2024.

SILVA, João Gabriel Pereira. Análise de desempenho de algoritmos de inteligência artificial. 2023. 50 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Computação) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2023. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/74234/1/2023_tcc_jgpsilva.pdf. Acesso em: 15 maio 2024.

SILVA, Victor Hugo; BARBOSA, Marília. Chips em alta: por que a Nvidia está crescendo mais do que 'big techs'. **G1**, Tecnologia, 17 fev. 2024. Disponível em: <https://g1.globo.com/tecnologia/noticia/2024/02/17/chips-em-alta-por-que-a-nvidia-esta-crescendo-mais-do-que-big-techs.ghtml>. Acesso em: 20 mar. 2023.

SOUSA, Renan. Intel fica para trás na batalha dos chips para gigante de Taiwan e cai mais de 5% após resultado negativo. **Seu Dinheiro**, 03 abr. 2024. Disponível em: <https://www.seudinheiro.com/2024/empresas/intel-fica-para-tras-na-batalha-dos-chips-para-gigante-de-taiwan-e-cai-mais-de-5-apos-resultado-negativo-rens/>. Acesso em: 20 abr. 2024.

STACHEWSKI, Ana Laura. Entenda o que são semicondutores e por que eles estão em falta no mundo todo. **Época Negócios**, Tecnologia, 30 mar. 2021. Disponível em: <https://epocanegocios.globo.com/Tecnologia/noticia/2021/03/entenda-o-que-sao-semicondutores-e-por-que-eles-estao-em-falta-no-mundo-todo.html>. Acesso em: 18 ago. 2023.

TAIAR, Estevão. Incentivo para semicondutor pode ter crédito do BNDES. **Valor Econômico**, 14 jun. 2022. Disponível em: <https://valor.globo.com/brasil/noticia/2022/06/14/incentivo-para-semicondutor-pode-ter-creditodo-bndes.ghtml>. Acesso em: 19 jan. 2024.

TEWARI, S. A batalha ferrenha entre EUA e China por recurso precioso. **Época Negócios**, 02 fev. 2023. Disponível em: <https://epocanegocios.globo.com/tecnologia/noticia/2023/02/a-batalha-ferrenha-entre-eua-e-china-por-recurso-precioso.ghtml>. Acesso em: 20 mar. 2024.

TEWARI, Suranjana. A batalha ferrenha entre EUA e China por recurso precioso. **BBC News Brasil**, 02 fev. 2023. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/articles/cn05jj3933eo>. Acesso em: 20 mar. 2024.

VELASCO, Samuel. Como o governo de Taiwan criou a TSMC, maior fabricante de semicondutores do mundo. **Paulo Gala**, Economia e Finanças. Disponível em: <https://www.paulogala.com.br/como-o-estado-criou-a-tsmc-maior-fabricante-de-semicondutores-do-mundo/>. Acesso em: 5 fev. 2024.

VISÃO geral do ITRI. **ITRI**, Industrial Technology Research Institute, About Us. Disponível em: <https://www.itri.org.tw/english/ListStyle.aspx?DisplayStyle=20&SiteID=1&MmmID=617731521661672477>. Acesso em: 20 mar. 2024.

XI, Jinping. Full text of Xi Jinping keynote at the World Economic Forum. Disponível em: <https://america.cgtn.com/2017/01/17/full-text-of-xi-jinping-keynote-at-the-world-economic-forum>. Acesso em: 15 maio 2024.

