



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO, ATUÁRIA E
CONTABILIDADE
DEPARTAMENTO DE TEORIA ECONÔMICA
CURSO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS

JOSÉ GABRIEL PEREIRA DA SILVA

THE CHIPS AND SCIENCE ACT: UMA ANÁLISE DA NOVA POLÍTICA
INDUSTRIAL DOS ESTADOS UNIDOS VOLTADA PARA A INDÚSTRIA DE
SEMICONDUCTORES

FORTALEZA

2023

JOSÉ GABRIEL PEREIRA DA SILVA

THE CHIPS AND SCIENCE ACT: UMA ANÁLISE DA NOVA POLÍTICA INDUSTRIAL
DOS ESTADOS UNIDOS VOLTADA PARA A INDÚSTRIA DE SEMICONDUTORES

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Graduação em
Ciências Econômicas da Faculdade de
Economia, Administração, Atuária e
Contabilidade da Universidade Federal do
Ceará, como requisito parcial à obtenção do
grau de bacharel em Ciências Econômicas.

Orientador: Prof. Dr. Sylvio Antonio Kappes

FORTALEZA

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- S58t Silva, José Gabriel Pereira da.
The Chips and Science Act : uma análise da nova política industrial dos Estados Unidos voltada para a indústria de semicondutores / José Gabriel Pereira da Silva. – 2023.
43 f.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Faculdade de Economia, Administração, Atuária e Contabilidade, Curso de Ciências Econômicas, Fortaleza, 2023.
Orientação: Prof. Dr. Sylvio Antonio Kappes.
1. semicondutores. 2. Estados Unidos. 3. Chips Act. I. Título.

CDD 330

JOSÉ GABRIEL PEREIRA DA SILVA

THE CHIPS AND SCIENCE ACT: UMA ANÁLISE DA NOVA POLÍTICA INDUSTRIAL
DOS ESTADOS UNIDOS VOLTADA PARA A INDÚSTRIA DE SEMICONDUTORES

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Graduação em Ciências Econômicas
da Faculdade de Economia, Administração,
Atuária e Contabilidade da Universidade
Federal do Ceará, como requisito parcial à
obtenção do grau de bacharel em Ciências
Econômicas.

Orientador: Prof. Dr. Sylvio Antonio Kappes

Aprovada em:

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Sylvio Antonio Kappes (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profa. Dra. Inez Silvia Batista Castro
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. José de Jesus Sousa Lemos
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Ao Universo.

À minha mãe, Francisca.

À minha tia, Patrícia.

À minha primeira professora, Maria (Juquinha).

AGRADECIMENTOS

À minha mãe Francisca, por ter me dado o amor ao conhecimento, e desde pequeno me ensinar a ser pássaro. Seu interesse e esforço na minha educação e de meus irmãos foi o que nos permitiu transformar nossas vidas. Você sempre me disse que através da educação eu conquistaria a melhor versão de mim mesmo. Estavas certa.

À minha tia Patrícia, por ser minha segunda mãe, amiga, parceira e meu porto-seguro. Sou muito grato pelo seu amor, carinho, cuidado e generosidade.

À Maria, carinhosamente Juquinha, minha primeira professora. Por ter me colocado no colo, me ensinado a escrever meu nome e acreditar em mim.

Ao meu irmão Liam Davi, por ser tão paciente, carinhoso e generoso comigo.

À minha irmã Cláudia, pelo amor, carinho e força, mesmo estando distante.

Aos meus avós Pedro e Osmarina, pelo cuidado e amor para comigo.

À minha avó Águida, pelas conversas que me acalmam.

À minha tribo, Brena, Nayra, Gabriela e Eduarda, por estarem comigo desde o Ensino Médio e pela nossa amizade.

Às minhas amigas Marília, Sávia e Cristiane, que ganhei por ter trabalhado em Finanças, graças ao fato de estudar Economia.

À comunidade docente da Universidade Federal do Ceará.

Ao meu orientador Prof. Dr. Sylvio Kappes, pela generosidade, disponibilidade e contribuição para esta importante etapa da minha vida.

À Profa. Dra. Inez, pelas aulas de Formação Econômica do Brasil e Cenários Macroeconômicos. Me sinto honrado em tê-la comigo neste momento tão importante da minha vida acadêmica.

Ao Prof. Dr. Lemos, pelas aulas de Economia Regional, na qual nos ensinou que a promoção da vida humana com dignidade é uma preocupação da Ciência Econômica.

À Universidade Federal do Ceará, minha universidade. Eu tenho orgulho de ser um dos seus. Que sejas longeva.

À professora Lúcia Helena Galvão e à instituição Nova Acrópole. Suas palestras e ensinamentos me ajudaram a transformar minha vida e me tornar um ser humano melhor.

Aos meus colegas de curso, pelas interações em sala de aula que me permitiram ampliar minha visão para além dos debates da Economia.

A todos os professores que contribuíram para minha formação acadêmica.

Ao Universo, por me ensinar que as dificuldades da vida não são punitivas, mas provas que precisamos para ser grandes, como os heróis da mitologia grega.

RESUMO

A indústria de semicondutores é um dos setores mais importantes da economia global, com implicações no desenvolvimento tecnológico, econômico, na política e segurança nacional. O surgimento dessa indústria nos Estados Unidos na década de 1950 permitiu a revolução da Computação e Eletrônica, que transformaram definitivamente o curso da história humana. Como criador dos semicondutores e com a atuação direta do poder público, os Estados Unidos têm se mantido no topo da cadeia global de semicondutores e lançado mão de políticas públicas visando preservar sua liderança no setor e assegurar as vantagens advindas desta posição. Este trabalho tem por objetivo analisar a nova política industrial dos Estados Unidos para a indústria de semicondutores com a aprovação do Chips and Science Act, aprovado pelo Congresso Americano e sancionado pelo presidente Joe Biden. A pesquisa é de natureza descritiva e exploratória e tem como metodologia uma abordagem qualitativa e quantitativa. Os resultados mostraram que, o Chips and Science Act constitui-se como uma das políticas industriais mais importantes voltadas para o setor de semicondutores americano, e que com essa Lei os Estados Unidos visam assegurar sua posição em um dos segmentos que consideram vital para sua liderança econômica, tecnológica, política e bélica, direcionando investimentos para ampliação da capacidade produtiva de semicondutores nacionalmente e investindo na ciência aplicada ao setor de semicondutores, ao mesmo tempo em que buscam conter o avanço chinês nesse segmento.

Palavras-chave: semicondutores; Estados Unidos; Chips Act; política industrial.

ABSTRACT

The semiconductor industry is one of the most important sectors in the global economy, with implications for technological, economic, political, and national security development. The emergence of this industry in the United States in the 1950s allowed for the revolution of Computing and Electronics, which definitively transformed the course of human history. As the creator of semiconductors and with direct government involvement, the United States has remained at the top of the global semiconductor chain and has implemented public policies to preserve its leadership in the sector and ensure the advantages that come with this position. This work aims to analyze the new industrial policy of the United States for the semiconductor industry with the approval of the Chips and Science Act, passed by the American Congress and sanctioned by President Joe Biden. The research is descriptive and exploratory in nature and uses a qualitative and quantitative approach as its methodology. The results showed that the Chips and Science Act constitutes one of the most important industrial policies aimed at the American semiconductor sector, and with this law, the United States aims to secure its position in one of the segments they consider vital for their economic, technological, political, and military leadership. They are directing investments to expand semiconductor production capacity on American soil and investing in science applied to the semiconductor sector, while also seeking to contain Chinese advancement in this segment.

Keywords: semiconductors; United States; Chips Act; industrial policy.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1 O que é Política Industrial	12
3 O QUE SÃO SEMICONDUTORES E COMO SÃO PRODUZIDOS	15
4 A EVOLUÇÃO DA INDÚSTRIA DE SEMICONDUTORES	18
4.1 Do mercado militar para o civil	18
4.2 A evolução da cadeia produtiva de semicondutores	20
5 THE CHIPS AND SCIENCE ACT E A NOVA POLÍTICA INDUSTRIAL AMERICANA PARA A INDÚSTRIA DE SEMICONDUTORES	23
5.1 Os caminhos que levaram ao Chips and Science Act	24
5.1.1 A concorrência japonesa	25
5.1.2 A ascensão sul-coreana	27
5.1.3 O caso especial de Taiwan	28
5.1.4 “Made in China 2025”	30
5.2 The Chips and Science Act of 2022	31
5.2.1 Division A - Chips Act of 2022	32
5.2.2 Division B - Research and Innovation	34
6 CONCLUSÃO	37
REFERÊNCIAS	38

1 INTRODUÇÃO

A indústria de semicondutores é um dos setores mais estratégicos da economia global, com implicações significativas para a inovação e o desenvolvimento tecnológico, além de ter um papel fundamental em áreas como a política e a segurança nacional. A criação e o desenvolvimento dessa indústria nos Estados Unidos, a partir da década de 1950, permitiram avanços tecnológicos em uma escala até então inédita na história humana, que em grande parte ajudam a entender a hegemonia norte-americana até os dias atuais.

Os semicondutores são a espinha dorsal do desenvolvimento tecnológico, com aplicações que vão desde dispositivos eletrônicos até sistemas de defesa e inteligência artificial (VARAS et al., 2021). É difícil conceber o estágio atual da sociedade sem a internet e algumas das grandes empresas de tecnologia como Apple, Google, Meta (antes Facebook), Microsoft e as disrupções que estas companhias foram responsáveis nas últimas quatro décadas (MILLER, 2022a).

O líder na produção de semicondutores tem vantagens significativas em termos econômicos, tecnológicos, bélicos e geopolíticos, além de exercer influência social e cultural. Isso porque os semicondutores são essenciais para a criação de produtos e serviços de alta tecnologia, e a falta de acesso a eles pode colocar um país em desvantagem competitiva em relação aos seus pares. Além disso, os circuitos integrados são a base tecnológica que possibilitará que as tecnologias do futuro como a internet das coisas, o *machine learning*, os veículos autônomos e a inteligência artificial se tornem realidade e que prometem inaugurar uma nova era tecnológica e econômica, o que torna os semicondutores ainda mais críticos para os Estados Unidos, que são os líderes mundiais nesse setor (VARAS et al., 2020).

O presente trabalho busca analisar a nova política industrial dos Estados Unidos para a indústria de semicondutores oficializada com a aprovação do Chips and Science Act, aprovado pelo Congresso norte-americano e sancionado pelo então presidente Joe Biden (Partido Democrata) em 2022. Para isso, serão abordados aspectos como o surgimento do setor de semicondutores nos Estados Unidos na década de 1950; a evolução desse segmento a partir dos anos 1960 com a entrada dos países asiáticos na cadeia, que ajudaram a transformar e redefinir o mapa dos circuitos integrados; a atual posição dos Estados Unidos na produção global de chips; e por último a renovação do interesse norte-americano em definir os circuitos integrados como prioridade nacional com a aprovação de uma das mais ambiciosas políticas industriais voltadas para o setor.

A relevância desse estudo justifica-se pelo fato de que a indústria de semicondutores é estratégica para o desenvolvimento de diversas tecnologias avançadas, como inteligência artificial, internet das coisas, veículos autônomos, entre outras. Além disso, esse setor é um importante componente da cadeia global de valor de diversas áreas como computação, eletrônica, automotivo e telecomunicações. Portanto, compreender o novo direcionamento dos Estados Unidos para indústria de semicondutores é fundamental para avaliar o papel desse país, dado sua posição como a maior economia do mundo e seu posto de líder na indústria mundial de chips, que é a base do desenvolvimento tecnológico global do passado, presente e futuro com impactos não apenas tecnológicos, mas políticos, econômicos e militares.

Este estudo tem como base uma pesquisa descritiva e exploratória e tem como metodologia uma abordagem qualitativa e quantitativa, com a parte teórica apoiada em livros de economia e geopolítica na área de semicondutores e política industrial, como *Chip War: The Fight for the World's Most Critical Technology*, do professor Chris Miller, e *Chips and Change: How Crisis Reshapes the Semiconductor Industry*, de Clair Brown e Greg Linden. Os dados quantitativos têm como fonte principal, relatórios da *Semiconductor Industry Association* (SIA). Foram utilizados também estudos de consultorias especializadas, documentos dos governos americano e chinês, além de reportagens jornalísticas dedicadas ao assunto.

O trabalho está dividido em seis seções. A primeira é a seção introdutória. A segunda seção contém uma subseção, que aborda definições de diferentes autores a respeito da política industrial. Na terceira seção apresenta o que são semicondutores e como são produzidos e utilizados. A quarta seção trata da evolução da indústria de semicondutores, e está dividida em duas subseções: a primeira aborda a transição do mercado militar para o civil, e a segunda mostra a evolução do modelo de negócio do setor e da inserção de outros países na cadeia de valor. A quinta seção apresenta o Chips and Science Act e está dividida em duas subseções: a primeira subseção contém quatro subseções, que mostram os caminhos que levaram ao Chips Act, abordando o papel desempenhado por quatro países importantes para a cadeia. A segunda subseção está dividida em duas subseções, cada uma dedicada a uma das duas divisões do texto da Lei Chips and Science Act. Na sexta seção são apresentadas as conclusões deste estudo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Esta seção aborda de maneira breve a definição de política industrial na literatura. A seção está dividida em uma subseção que apresenta os conceitos de diferentes autores para o tema, bem como as aplicações da política industrial na história recente.

2.1 O que é Política Industrial

Política industrial é objeto de grande discussão entre economistas e formuladores de políticas públicas. No cerne da questão está contido um dos debates intrínsecos da ciência econômica que é o papel do Estado na economia. A política industrial envolve um conjunto de políticas públicas que visam facilitar o crescimento de setores ou indústrias específicas dentro da economia. De acordo com Reich (1982), os objetivos da política industrial incluem o aumento da competitividade, promoção da inovação, crescimento das exportações, redução da pobreza e ampliação do emprego.

Agarwal (2023), define política industrial como:

[...] government efforts to shape the economy by targeting specific industries, firms, or economic activities. This is achieved through a range of tools such as subsidies, tax incentives, infrastructure development, protective regulations, and research and development support.

Conceito semelhante é encontrado em Tucker (2019, p. 6), que define política industrial como “[...] any government policy that encourages resources to shift from one industry or sector into another, by changing input costs, output prices, or other regulatory treatment.”

Cimoli, Dosi e Stiglitz (2009, p. 1) têm uma definição ainda mais ampla para o tema. Segundo os autores:

The notion of ‘industrial policy’ is understood here in a quite expansive manner. It comprises policies affecting ‘infant industry’ support of various kinds, but also trade policies, science and technology policies, public procurement, policies affecting foreign direct investments, intellectual property rights, and the allocation of financial resources. Industrial policies, in this broad sense, come together with processes of ‘institutional engineering’ shaping the very nature of the economic actors, the market mechanisms and rules under which they operate, and the boundaries between what is governed by market interactions, and what is not.

Os autores pontuam ainda que políticas governamentais foram imprescindíveis para a transformação de países como Coreia do Sul, Taiwan e, mais tarde China e Índia. E que empresas de sucesso como a brasileira Embraer são resultado de programas governamentais e não de forças de mercado.

Noman e Stiglitz (2017) salientam que as ações governamentais dedicadas para o processo de aprendizado e desenvolvimento tecnológico constituem-se como um dos mais importantes tipos de política industrial. Ainda, que as nações que estão na fronteira tecnológica, muito devem à intervenção do Estado, canalizando recursos e esforços para desenvolver a indústria de tecnologia nacional, responsável pelo crescimento sustentável desses países.

A intervenção do Estado na economia é um fenômeno que remonta a tempos antigos e tem sido utilizada por muitos países ao longo da história como uma ferramenta para desenvolver e proteger suas indústrias. Chang (2002), demonstra que países como o Reino Unido e a Alemanha foram bem-sucedidos em utilizar a intervenção estatal para promover o crescimento econômico, protegendo empresas nacionais de competidores externos. Ainda, nos Estados Unidos, que comumente é considerado uma economia de mercado, muito cedo, nos tempos do primeiro secretário do Tesouro, Alexander Hamilton, fez uso de política industrial, lançando mão de tarifas para proteger suas empresas.

Os defensores de um sistema econômico guiado pelo livre mercado, por outro lado, argumentam que a intervenção do Estado cria ineficiências na economia e prejudica o desenvolvimento e a inovação, enquanto o mercado é um melhor alocador dos recursos produtivos.

A história econômica recente testemunhou a interação entre essas duas abordagens distintas. Na primeira metade do século XX, com a crise econômica de 1929, o governo dos Estados Unidos lançou o *New Deal*, que foi o maior programa de intervenção estatal na economia até aquele período, com o intuito de sair da Grande Depressão que assolou o país de 1929 a 1941 (UNITED STATES, 2013). Além disso, as guerras mundiais também foram marcadas pelo alto nível de intervenção do Estado na economia, com governos gastando massivamente em armamentos e na reconstrução das nações envolvidas após o fim do conflito. A Guerra Fria entre os Estados Unidos e a União das Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS), também foi caracterizada por um gasto massivo em armamentos e na corrida espacial (MAZZUCATO, 2013). Nesse contexto, a teoria Keynesiana, que propunha a intervenção estatal na economia como uma forma de estimular o crescimento econômico, dominou o pensamento e política econômica dos anos 1940 a 1970, que ficou conhecido como período de ouro do capitalismo (SIRIPURAPU; BERMAN, 2022).

Com a crise econômica dos anos 1970, caracterizada por altas taxas de inflação e desemprego, e baixo crescimento, a teoria keynesiana deu lugar ao neoliberalismo que defende o livre mercado, globalização e intervenção mínima do Estado na economia. Os economistas neoliberais, com grande destaque para a Escola de Chicago, do qual o maior expoente foi Milton

Friedman, argumentavam que a intervenção do Estado no sistema econômico provoca ineficiências, redução do crescimento e da inovação, por isso defendiam uma economia de mercado, com desregulamentação e privatização dos serviços públicos, reduzindo dessa forma a presença do poder público na esfera econômica. Na política, a transição de papéis do governo na economia foi marcada pela eleição do presidente americano Ronald Reagan e da primeira-ministra do Reino Unido Margareth Thatcher (WADE, 2014).

Noman e Stiglitz (2017) pontuam que, com o Consenso de Washington, a política industrial entrou em ostracismo no debate econômico e no receituário de instituições como o Banco Mundial e o Fundo Monetário Internacional (FMI), dando lugar ao “quanto menos Estado melhor” do neoliberalismo. O que não significou uma inteira abstenção do papel do poder público na economia. Ele recuou para as áreas tradicionalmente consideradas como públicas como a segurança nacional e mesmo em segmentos de mais destaque, quando o governo interveio, o fez utilizando terminologias diferentes devido ao estigma associado à política industrial.

O século XXI também tem sido palco para o debate entre as duas visões políticas e econômicas. Após quase três décadas do neoliberalismo, a crise econômica de 2008 urgiu os governos a intervirem para garantir a estabilidade do sistema econômico global.

Nesse contexto, Noman e Stiglitz (2017) destacam o papel dos Estados Unidos no uso de políticas industriais pós-crise, citando o *American Recovery and Reinvestment Act*. Os autores ressaltam ainda que a partir de 2010, o país passou a adotar iniciativas voltadas para fortalecer a indústria doméstica, almejando também uma participação industrial de maior destaque nos mercados internacionais.

Com a pandemia de Covid-19, o Estado novamente assumiu o sustentáculo da economia, buscando evitar o colapso econômico e social. Ao redor do mundo, governos forneceram auxílios financeiros às famílias mais necessitadas. Com o controle da pandemia, a retomada da atividade econômica foi liderada pelo Estado, saindo da posição de coordenador de políticas para um papel ativo de fomento da economia, algo semelhante com a postura adotada pelos governos pós-crise de 1929.

Através do exposto acima é possível observar que as ações políticas e ideias econômicas dos Estados Unidos aparecem como um elemento recorrente e balizador nas transições de formas de governo e pensamento econômico, influenciando a ação do Estado no mercado, o que é compreensível, dado que o país é a maior economia do mundo e que por isso os acontecimentos americanos reverberam para além de suas fronteiras.

3 O QUE SÃO SEMICONDUTORES E COMO SÃO PRODUZIDOS

Semicondutores são elementos intermediários entre condutores - que possibilitam a passagem de eletricidade, calor ou radiação eletromagnética como o cobre, o ouro, a prata e o alumínio, e isolantes - elementos que resistem ao fluxo de eletricidade, calor ou radiação eletromagnética como o silicone, a borracha, o vidro e a cerâmica. Circuitos integrados, também conhecidos como semicondutores, chips ou microchips são o tipo mais comum de semicondutores por estarem presente em todos os dispositivos eletrônicos utilizados atualmente, abrangendo as mais diversas áreas como comunicação, saúde, transportes e defesa nacional (SEMICONDUCTOR INDUSTRY ASSOCIATION, 2018; ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT, 2019).

A criação do primeiro semicondutor é atribuída a Jack Kilby, engenheiro da *Texas Instruments* e Bob Noyce, físico e co-fundador da *Fairchild Semiconductor* que, de maneira independente e usando métodos distintos, criaram em 1958 o primeiro circuito integrado. O chip criado por Kilby consistia em um bloco de germânio com capacitores e resistores conectados por fios minúsculos, enquanto o processo desenvolvido por Noyce era mais simples e usava silício ao invés de germânio, simplificando a fabricação (MILLER, 2022a).

Os chips, são construídos a partir de um substrato de silicone, chamado *wafers*. Em um processo conhecido como doping, são depositadas camadas finas de materiais semicondutores como o silício, alterando o fluxo de corrente elétrica no circuito. Os transistores, que são os elementos básicos do circuito integrado, são criados através de processos de litografia e deposição de camadas de produtos químicos que permitem a construção de padrões de dimensões nanométricas (ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT, 2019).

Cada microchip pode conter centenas de milhões de transistores, que são os responsáveis por controlar a passagem de corrente elétrica através do circuito criando os 0s e 1s que são a base da computação moderna, permitindo a realização de operações lógicas complexas. A capacidade lógica de um chip é diretamente relacionada ao número de transistores que ele contém, o que determina sua capacidade de processamento e velocidade (lógica), e armazenamento de dados (memória), (BROWN; LINDEN, 2009).

Devido à constante necessidade do aumento do poder computacional, isto é, velocidade de processamento e cálculo e de armazenamento, a indústria de semicondutores tem trabalhado no desenvolvimento de transistores com dimensões cada vez menores, na ordem de alguns nanômetros. Isso tem permitido a construção de microchips ainda mais poderosos, capazes de

processar grandes quantidades de dados em frações de segundo. Atualmente, as fabricantes mais avançadas – *Taiwan Semiconductor Manufacturing Company* (TSMC), Samsung e Intel – já produzem chips com 3 nanômetros de espessura. Para efeitos comparativos, um fio de cabelo humano tem 100 mil nanômetros de espessura (KING; LEUNG; POGKAS, 2021).

Na produção de semicondutores, tamanho e poder computacional são relacionados. A indústria ao mesmo tempo que opera no limite das leis da Física o faz aumentando a eficiência dos chips com ganhos de velocidade e capacidade de processamento e memória, e redução do consumo de energia.

A produção de circuitos integrados é um processo moroso e extremamente caro desde a fase de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), design e fabricação (EURASIA GROUP, 2020). A instalação de uma fábrica para produzir os chips mais avançados, aqueles abaixo de 10 nanômetros, pode custar 20 bilhões de dólares, dos quais os equipamentos de última geração representam 20% do custo total e rapidamente se tornam obsoletos (para estar dentro da fronteira tecnológica), devido à constante evolução e demanda por semicondutores cada vez mais potentes e capazes de sustentar o progresso tecnológico. Feita de maneira cirúrgica e com precisão nanométrica, a fabricação pode demorar três meses e envolve centenas de processos, com microchips contendo mais de uma centena de camadas interconectadas por padrões de silicone e fios de cobre (WHALEN, 2021).

As salas onde os chips são produzidos devem ser livres de poeira, com qualidade do ar e temperatura extremamente regulados. O transporte das placas de silicone é feito de uma máquina a outra por robôs para minimizar o risco de acidentes e desperdício de tempo e milhões de dólares caso haja falha na execução de alguma das etapas.

Um dos processos mais caros da produção é a litografia ou fotolitografia, um processo que consiste em desenhar complexos padrões de transistores em uma máscara fotográfica que após ser posicionada sobre a placa de silicone recebe disparos de luz ultravioleta “imprimindo” os modelos de transistores repetidas vezes nas centenas de camadas. A máquina de litografia pode ter um custo superior a 100 milhões de dólares. Além disso, a velocidade em que as fábricas se tornam obsoletas requer uma produção ininterrupta enquanto a tecnologia de ponta usada “ainda” seja avançada (KING; LEUNG; POGKAS, 2021).

Os circuitos integrados são amplamente utilizados em diversos aparelhos eletrônicos e são classificados em três categorias principais de acordo com sua finalidade e aplicação. A primeira categoria compreende os circuitos integrados lógicos, que são considerados os mais importantes por serem a base da computação e responsáveis pelos cálculos complexos dos códigos binários 0 e 1. Os microprocessadores são uma subcategoria dos circuitos integrados

lógicos e se dividem em duas unidades principais: *Central Processing Unit* (CPU) e *Graphical Processing Units* (GPU). As CPUs são responsáveis por tarefas gerais em aparelhos eletrônicos, como a abertura de páginas na internet ou aplicativos em smartphones. Em contrapartida, as GPUs são especializadas em processar elementos visuais, como a conversão de imagens, e são mais potentes do que as CPUs, uma vez que conseguem realizar cálculos complexos simultaneamente. Por essa razão, as GPUs são amplamente utilizadas em áreas como *machine learning* e inteligência artificial. Os microprocessadores são empregados em diversos aparelhos eletrônicos, como smartphones, computadores pessoais e servidores (VARAS et al., 2021).

A segunda categoria é composta pelos chips de memória, que são responsáveis pelo armazenamento de informações em aparelhos eletrônicos. As informações armazenadas são utilizadas para auxiliar os circuitos integrados de lógica nas operações que estão por trás das funcionalidades dos aparelhos eletrônicos. Os principais tipos de microchips de memória são *Dynamic Random Access Memory* (DRAM) e NAND. Os DRAMs são semicondutores de memória voláteis, pois, precisam de eletricidade para realizar operações e armazenam dados temporariamente. Em contraste, os chips NAND são não voláteis, pois, armazenam informações mesmo quando os eletrônicos são desligados (VARAS et al., 2021).

Por fim, a terceira categoria dos circuitos integrados é composta pelos Discretos, Analógicos e Outros (DAO), que são responsáveis por atividades básicas, como a regulação de temperatura e o sinal de rede. Em comparação aos chips de memória e lógica, os DAOs são menos avançados em termos de tecnologia e aplicação. Esses três tipos de circuitos integrados são utilizados em conjunto justamente por suprirem necessidades diferentes no funcionamento dos produtos eletrônicos (VARAS et al., 2021).

4 A EVOLUÇÃO DA INDÚSTRIA DE SEMICONDUTORES

Nesta seção será abordada a evolução da indústria de semicondutores em duas formas. A seção está dividida em duas subseções. A primeira subseção apresenta a primeira evolução do setor de semicondutores, que foi sua transição do mercado militar para o civil. A segunda subseção apresenta a entrada de outros países na cadeia produtiva de chips.

4.1 Do mercado militar para o civil

De acordo com Miller (2022a), o surgimento da indústria de circuitos integrados esteve diretamente ligado aos objetivos militares do governo americano, através do Departamento de Defesa, devido à aplicação dos chips em armamentos na corrida armamentista entre Estados Unidos e União das Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS), durante a Guerra Fria, e principalmente ligado à corrida espacial entre as duas nações. A missão Apollo 11, que culminou com o desembarque do homem na Lua, em 1969, foi possível com uso dos chips produzidos pela *Fairchild Semiconductor* (uma das criadoras do circuito integrado), que foram utilizados no computador que guiou o Apollo 11 à Lua, enquanto a *Texas Instruments* forneceu os chips utilizados no programa conhecido como *Minuteman*, que guiava os mísseis balísticos norte-americanos. Nos primeiros anos do setor, as empresas de circuitos integrados concentravam grande parte do processo produtivo, pois, muitas das tecnologias necessárias para a produção de chips tiveram que ser desenvolvidas internamente ou adaptadas a partir de alternativas criadas nos laboratórios de universidades americanas, como é o caso da litografia (MILLER, 2022a).

Na década de 1960, o Pentágono contava com um orçamento substancial para conter a expansão da URSS e do comunismo em todo o mundo. Além do desenvolvimento de armas nucleares pelas duas nações, um aspecto crucial da Guerra Fria foi a corrida espacial.

Segundo Miller (2022a), na primeira década da indústria de chips, o Pentágono e a NASA foram os principais clientes da IBM, *Fairchild Semiconductor* e *Texas Instruments*, devido ao elevado custo de produção, o que tornava o uso de microchips proibitivo para o mercado civil. O Departamento de Defesa americano, ao contrário do setor civil, não tinha restrições orçamentárias não somente para desenvolver e comprar armamentos, como também para financiar o desenvolvimento de tecnologias por meio do seu braço de pesquisa, a *Defense Advanced Research Projects Agency* (DARPA), em conjunto com as empresas privadas.

A *Fairchild* e a *Texas Instruments* seguiram caminhos diferentes. Enquanto a última preferiu manter-se aliada ao governo americano e ter o Pentágono como principal cliente, os fundadores da *Fairchild* utilizaram sua proximidade com o Departamento de Defesa para obter recursos financeiros para desenvolver chips destinados ao consumo de massa.

A postura mais voltada para o mercado civil da *Fairchild* foi um dos fatores que ajudou na transição do uso de semicondutores do campo militar para o civil. Gordon Moore, um dos fundadores da empresa em 1957 e, posteriormente, da Intel em 1968, compreendeu que a aplicação de chips em equipamentos eletrônicos destinados ao consumo de massa seria ainda mais vantajosa para a indústria de semicondutores pois as possibilidades de uso e funcionalidades e o tamanho do mercado privado eram infinitamente maiores do que a aplicação de chips na área militar (MILLER, 2022a).

Moore resumizou seu pensamento em seu famoso artigo *Cramming more componentes onto integrated circuits*, para a revista *Electronics*, em 1965, no qual ele escreveu:

The future of integrated electronics is the future of electronics itself. The advantages of integration will bring about a proliferation of electronics, pushing this science into many new areas.

Integrated circuits will lead to such wonders as home computers - or at least terminals connected to a central computer - automatic control for automobiles, and personal portable communications equipment. The electronic wristwatch needs only a display to be feasible today.

But the biggest potential lies in the production of large systems. In telephone communications, integrated circuits in digital filters will separate channels on multiplex equipment. Integrated circuits will also switch telephone circuits and perform data processing.

Computers will be more powerful and will be organized in completely different ways. (MOORE, 1965, p. 114).

Essa previsão ficou conhecida como a Lei de Moore e impulsionou o setor de semicondutores a buscar constantemente novas formas de aumentar a densidade de transistores nos chips, mantendo o ritmo acelerado do progresso tecnológico até os dias atuais.

A redução de custos de produção que beneficiou o progresso do processo produtivo de semicondutores, impactando no desenvolvimento tecnológico de forma geral, foi possível não somente com o uso de chips em produtos eletrônicos, mas também com a expansão da manufatura para regiões geográficas além dos Estados Unidos. A entrada da Ásia na cadeia produtiva de circuitos integrados trouxe profundas transformações para o setor de microchips e ajuda a entender a fase atual. Mais do que reduzir custos com a mão-de-obra asiática barata, a entrada de países como Coreia do Sul, Taiwan e Japão ajudaram a transformar a indústria de semicondutores e a distribuição de tecnologia entre essas nações com os Estados Unidos (BROWN; LINDEN, 2009).

4.2 A evolução da cadeia produtiva de semicondutores

A indústria de semicondutores tem passado por transformações significativas desde sua fundação nos Estados Unidos na década de 1950. A atual distribuição geográfica da cadeia de produção reflete as estratégias de adaptação em um setor cujos elos são constantemente pressionados a trabalhar na fronteira tecnológica. Segundo Brown e Linden (2009), os custos exorbitantes de produção, assim como eventos econômicos como a crise inflacionária nos Estados Unidos na década de 1980, a intensificação da globalização a partir da década de 1990 e a bolha das empresas de tecnologia em 2000, forçaram as companhias desse segmento a se adaptarem em regiões geográficas e a se especializarem nos diferentes estágios da produção. Miller (2022a) afirma que a indústria foi a pioneira da globalização e que foi um dos fatores que possibilitaram a integração entre nações através da tecnologia e das transformações que essa provocou na economia global.

Varas et al. (2021), divide a cadeia de valor de circuitos integrados em quatro grandes níveis na ordem: pesquisa e desenvolvimento pré-competição; design; manufatura (que abarca a produção dos *wafers*), e; montagem, testagem e embalagem. Os elos da cadeia são os setores de materiais, equipamentos, *Electronic Design Automation* – EDA, e *Core IP*.

Pesquisa e desenvolvimento são Físicos, Engenharias e Ciências Computacionais intensivos; Design é Criatividade, Design gráfico e Engenharias intensivo; Manufatura é capital intensivo; e montagem testagem e empacotamento são trabalho intensivo. A última fase da cadeia é caracterizada pela atuação de trabalhadores com baixa especialização quando comparados com os profissionais das etapas precedentes (ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT, 2019).

O nível de Pesquisa e Desenvolvimento engloba as pesquisas de ciência de base e aplicada pela academia, governo e setor privado, que mais tarde são utilizadas pelas empresas privadas para desenvolverem produtos e serviços a serem comercializados. É comum as esferas pública e privada unirem esforços e recursos em P&D como uma forma de redução de custos, compartilhamento de conhecimento e viabilizar as descobertas da academia para o mercado (ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT, 2019). Na cadeia de valor de semicondutores, a divisão de custos entre as empresas e o setor público ou outro parceiro é ainda mais necessária dado os elevados custos de P&D. Segundo a *Semiconductor Industry Association* (2022), a indústria de semicondutores americana foi a

segunda maior em gasto com Pesquisa e Desenvolvimento no país, atrás apenas do segmento farmacêutico, com um dispêndio em P&D em 2021 de 50.2 bilhões de dólares.

Segundo relatório da SIA, o design de chips representa 50% do valor agregado na cadeia, enquanto a fabricação de *wafers* representa 24% e montagem, testagem e embalagem somadas representam 6%. O restante do valor é agregado pela indústria de suporte, isto é, materiais, equipamentos, EDA (VARAS *et al.*, 2021).

A cadeia produtiva da indústria de semicondutores é tão global quanto a demanda e o uso de microchips. Pesquisadores, designers, fabricantes, fornecedores, distribuidores e consumidores estão espalhados ao redor do mundo e um movimento ao longo da corrente tem efeito cadeia (NATHAN ASSOCIATES, 2016).

Dada a escala global da demanda por microchips e os altos investimentos ao longo da cadeia produtiva para desenvolver formas cada vez mais eficientes de redução de custos e ganhos de desempenho, uma só companhia não consegue abarcar o mercado sozinho e dificilmente obteria sucesso ao tentar fazê-lo. Isso levou os grandes produtores do setor a adotarem um dos seguintes modelos de negócio: *Integrated Device Manufacturer* (IDM), que concentra Pesquisa e Desenvolvimento, design e manufatura; *Fabless* – empresas inteiramente dedicadas ao design e que terceirizam a produção; e as *Foundries*, que apenas fabricam os chips para as *fabless*, e ocasionalmente para as IDMs (BROWN; LINDEN, 2009).

Segundo Miller (2022a), a primeira grande transformação do modelo de negócio da indústria foi forçada pelo crescimento e eventual liderança do Japão no segmento de chips de memória NAND, na década de 1980. Além da concorrência em custos e qualidade com os japoneses, o setor também teve que se reinventar para garantir o progresso tecnológico, o que foi fundamental para o surgimento das *fabless*, que se especializaram no design, possibilitando aumentar o número de transistores nos circuitos integrados ao passo em que reduziam o tamanho daqueles.

Assim como as *fabless*, as *foundries* foram uma resposta aos custos de produção crescente e permitiram que aquelas prosperassem. A inovação que esses dois modelos de negócio trouxeram revolucionaram a produção de chips geograficamente, permitindo que os gastos fossem divididos entre empresas e nações.

Além da divisão do modelo de negócio, outro mecanismo utilizado pelas empresas em resposta aos custos crescentes é a especialização em um segmento, como é o caso da Intel, que é líder mundial em microprocessadores; e a Samsung, que lidera na produção de chips de memória. A sul-coreana é responsável por grande parte dos avanços obtidos nesse nicho através de massivos investimentos, e conhecimento oriundos da expertise em outros mercados nos

quais a companhia também atua, como o de televisores (BROWN; LINDEN, 2009). A NVIDIA é a líder em GPUs, componentes responsáveis pela parte gráfica e visual dos computadores e outros dispositivos eletrônicos, enquanto a Qualcomm lidera o segmento de chips para smartphones tanto no sistema operacional Android da Google como IOS da Apple; e a TSMC é a líder global na produção dos chips mais modernos, manufaturando na escala abaixo de 10 nanômetros (BAUER et al., 2020).

Com a especialização por segmento e modelo de negócio, percebe-se uma mudança na posição ocupada pelos principais países envolvidos na cadeia global de semicondutores. Os Estados Unidos são os líderes em design e equipamentos, que possuem maior especialização e valor agregado, enquanto o sudeste asiático é líder em fabricação. A China vem avançando em outras etapas, mas o setor no qual lidera é o de montagem, testagem e embalagem que possui menor valor agregado em comparação com os seus concorrentes asiáticos e com os Estados Unidos (VARAS *et al.*, 2021).

Devido a essa necessidade e aprendizagem em muitas vezes por tentativa e erro, o modelo de negócio predominante no setor nas décadas de 1960 e 1970 eram as *Integrated Device Manufacturer* – IDM, empresas que concentram Pesquisa e Desenvolvimento, design e fabricação. Com a evolução da indústria e sua expansão geográfica para Ásia, que culminou na entrada de competidores, especialmente do Japão, Coreia do Sul e Taiwan, concentrar todas as etapas em uma mesma empresa ficou cada vez mais custoso, principalmente para os produtores americanos, que passaram a enfrentar a concorrência de firmas japonesas, caracterizadas por sua excelência em processos e redução de custos (BROWN; LINDEN, 2009).

A partir das décadas de 1970 e 1980, a concorrência acirrada com o Japão transformou a produção de chips de memória, pela primeira vez pondo em risco a liderança norte-americana em tecnologia. Mesmo com a erosão da indústria de semicondutores japonesa a partir da década de 1990, a liderança em circuitos integrados de memória nunca retornou para os Estados Unidos e desde o final dos anos 1990 está sob domínio da Samsung, na Coreia do Sul (BROWN; LINDEN, 2009).

A competição com o Japão foi o início da transformação radical do modelo de negócio das empresas de circuitos integrados. No início, todas as etapas da produção (pesquisa e desenvolvimento, design, manufatura, montagem, testagem e empacotamento) eram concentrados na mesma companhia. A concentração da produção nas primeiras décadas é explicada por que muitos dos avanços feitos pelas empresas pioneiras foram decorrentes de tentativa e erro, e em muitos casos elas mesmas tiveram que criar as tecnologias e equipamentos necessários para produzir semicondutores (MILLER, 2022a).

5 THE CHIPS AND SCIENCE ACT E A NOVA POLÍTICA INDUSTRIAL AMERICANA PARA A INDÚSTRIA DE SEMICONDUTORES

Neste trabalho, por nova política industrial americana para a indústria de semicondutores, são considerados as medidas político-econômicas da gestão do presidente democrata Joe Biden, que iniciou seu mandato em 2021. Biden trouxe de volta um plano econômico que remonta aos tempos de Franklin Delano Roosevelt em resposta às fragilidades sociais e econômicas causadas pela pandemia de Covid-19, instabilidades nas cadeias globais de valor, mudança climática e as aspirações chinesas na geopolítica, economia, tecnologia e segurança nacional. O “*once in a Generation economic plan*” é uma combinação de quatro planos: *American Rescue Plan Act (ARP)*; *Infrastructure Investment and Jobs Act (IIJA)*; *CHIPS and Science Act* e; *Inflation Reduction Act (IRA)*, com um orçamento combinado de aproximadamente \$3.8 trilhões (MURO et al., 2022).

O *American Rescue Plan (ARP)*, assinado em 11 de março de 2021, pelo presidente Joe Biden, representa uma resposta abrangente em relação aos efeitos da pandemia de COVID-19 na sociedade e economia norte-americana, com a destruição de 9,5 milhões de postos de trabalho durante o pico da crise sanitária, expondo principalmente as minorias à vulnerabilidade econômica. O ARP compreende um total de gastos de US\$ 1,9 trilhão, distribuídos entre algumas medidas como pagamentos diretos aos indivíduos, extensão dos benefícios de desemprego, financiamento para vacinação, testes de COVID-19 e suporte aos governos estaduais e locais (UNITED STATES, 2021a, 2021b).

O *Infrastructure Investment and Jobs Act (IIJA)* é um projeto de lei bipartidário do congresso americano e assinado por Biden em 15 de novembro de 2021. O projeto é voltado para infraestrutura e tem um orçamento aproximado de 1.2 trilhões de dólares para investir no sistema de transporte, energia, comunicação, banda larga e água do país (UNITED STATES, 2021d).

O *CHIPS and Science Act*, que é o objeto de estudo deste trabalho, foi sancionado por Biden em 09 de agosto de 2022 e é voltado para a indústria americana de semicondutores. O projeto dispõe de um orçamento aproximado de 280 bilhões de dólares, visando fortalecer a liderança dos Estados Unidos no setor (BADLAM et al., 2022). Por último, o *Inflation Reduction Act*, de 16 de agosto de 2022, é voltado para o setor de energia e objetiva a transição energética do país para um modelo sustentável em resposta às mudanças climáticas (UNITED STATES, 2022f).

Conforme visto, os Estados Unidos têm um histórico de uso de política industrial, que segundo Tucker (2019) foi usado em maior ou menor grau ao longo do tempo, mas nunca fora inteiramente abandonado, e desde a guinada neoliberal econômica política americana a partir dos anos 1980, o papel do Estado americano na indústria do país ficou mais voltado à defesa nacional, enquanto as outras áreas da economia seguiram o modelo mais próximo do livre mercado.

De acordo com Artecona e Velloso (2022), no entanto, os Estados Unidos parecem inaugurar uma nova era de postura mais ativa do governo na economia, representado pela agenda político-econômica da gestão Biden, voltada em recuperar a liderança em indústrias-chave como a de tecnologia, tornar o país líder na luta contra as mudanças climáticas, e construir uma sociedade economicamente mais igualitária.

Analistas apontam que a nova orientação econômica dos Estados Unidos direcionado para uma postura mais ativa do governo na economia é uma resposta à crescente preocupação norte-americana com o crescimento da China em áreas como tecnologia e segurança nacional, além de ser o segundo maior Produto Interno Bruto (PIB) do mundo, com sinais claros de que objetiva o primeiro lugar. Dentre os planos do governo americano para reestabelecer uma posição mais confortável frente à China está o Chips and Science Act de 2022, voltado para desenvolver a indústria e a ciência de alta tecnologia no país (THE ECONOMIST, 2022; MARLOW, 2022).

O Chips Act, no entanto, não é a primeira ação que os Estados Unidos realizam para proteger sua indústria de chips. De acordo com Mazzucato (2013), a criação de tecnologias como a internet, semicondutores, biotecnologia, computação, entre outros, foi ação direta do Estado Americano através de órgãos como a NASA, o Pentágono e seu braço de P&D independente, a *Defense Advanced Research Projects Agency* (DARPA). O que diferencia esta iniciativa das outras do passado além do orçamento robusto dedicado ao setor de semicondutores, é a maneira contundente que os Estados Unidos agiram para defender seu posto de líder global no segmento, na qual a Lei é a manifestação clara desse compromisso com apoio tanto de democratas quanto de republicanos, nas duas casas do Congresso americano.

5.1 Os caminhos que levaram ao Chips and Science Act

Para entender a motivação do Chips Act é necessário identificar os caminhos que levaram até esse momento. Ainda na década de 1960, enquanto a indústria de semicondutores estava em sua fase inicial, o continente asiático foi inserido na cadeia de produção de

microchips. Miller (2022a) aponta duas razões fundamentais para isso. A primeira foi a necessidade de redução de custos produtivos.

O custo da mão-de-obra asiática nos anos 1960 era significativamente mais barato do que seu equivalente nos Estados Unidos. Ainda naquela época, a montagem dos semicondutores era feita a mão. Com o aumento da demanda de microchips, era necessária uma quantidade cada vez maior de trabalhadores para suprir a oferta no mercado. O salário-mínimo nos Estados Unidos variou de 1,15 dólares por hora para 2,90 dólares por hora do início da década de 1960 ao final dos anos 1970 (UNITED STATES, 2023). No mesmo período, no sudeste asiático a mão de obra custava em centavos de dólares, o que tornou atrativo a abertura de fábricas de semicondutores na região (MILLER, 2022a).

Ainda de acordo com Miller (2022a), a segunda razão para entrada da Ásia na cadeia foi a ameaça comunista no continente. O governo americano receava que o restante do continente caísse sob domínio da URSS e China. Além disso, em relação ao Japão, os Estados Unidos buscavam uma forma de evitar um desfecho parecido com da Segunda Guerra Mundial.

Dessa forma, a política externa americana buscou integrar o sudeste asiático à sua indústria de tecnologia, beneficiando as empresas americanas com uma abundante mão de obra barata, contribuindo para a redução de custos produtivos e alinhando a região aos Estados Unidos, garantindo a influência geopolítica da América no continente.

Para países como Taiwan, Coreia do Sul, Malásia, Singapura e Japão o alinhamento com os Estados Unidos foi benéfico economicamente, desenvolvendo sua indústria de tecnologia e criando empregos como uma forma de impedir que sua população aderisse aos ideais comunistas; e do ponto de vista de segurança nacional, com a proteção bélica e política americana (MILLER, 2022a).

5.1.1 A concorrência japonesa

Conforme visto anteriormente, ainda na década de 1960 os Estados Unidos buscaram alinhar o sudeste asiático ao seu posicionamento político, usando para isso a integração econômica, na qual a indústria de tecnologia foi um elemento central. No caso do Japão, os Estados Unidos buscavam evitar que o país não somente se alinhasse ao comunismo, mas também impedir desfecho parecido com o da Segunda Guerra Mundial.

Miller (2022a) aponta que a relação entre os dois países nos semicondutores começou com os Estados Unidos como produtor e o Japão como comercializador, demandando circuitos integrados para uso em produtos eletrônicos para serem vendidos ao público em geral. A

companhia japonesa Sony, desempenhou um papel fundamental nesta relação devido à sua tradição em design de produtos, comércio e marketing, sendo um dos agentes que viabilizaram a transição do mercado militar para o civil através da comercialização em massa de eletrônicos.

A estratégia da Sony, conforme Miller (2022a), era guiar os hábitos de consumo do mercado civil, desenvolvendo novos produtos como o *Walkman* na década de 1970, que transformou o consumo de música e demonstrou como os semicondutores transformariam a economia através de sua aplicação em eletrônicos. O *Walkman* lançou as bases para o *Ipod* da Apple na década de 2000 e para as plataformas de streaming como o *Spotify* e *Apple Music*.

O governo japonês percebeu o potencial de semicondutores e implementou uma política industrial focada neste segmento utilizando de mecanismos como subsídios à pesquisa e desenvolvimento e a empresas privadas, estímulo à colaboração entre os conglomerados de eletrônicos japoneses, transferência de tecnologia por meio da parceria entre companhias japonesas e americanas em troca de acesso ao mercado consumidor japonês e tarifas de importações de chips americanos para proteger os produtores locais (TOMOSHIGE, 2022).

A política industrial japonesa para a indústria de semicondutores surtiu efeito e na década de 1980 o Japão ultrapassou os Estados Unidos como maior produtor de chips de memória, saltando de 25% no início dos anos 1980 para 65% em 1986, enquanto os Estados Unidos caíram de 75% para 24% no mesmo período (BROWN; LINDEN, 2009).

Além do suporte do governo, o Japão ganhou mercado através da otimização de processos produtivos, característicos da cultura empresarial japonesa, melhorando a qualidade dos semicondutores e, ao mesmo tempo, reduzindo gastos, superando os Estados Unidos em custos e qualidade. Além disso, as empresas privadas investiram massivamente em Pesquisa e Desenvolvimento e na capacidade produtiva, permitindo ganhos de economia de escala que eram essenciais para a viabilidade do negócio (MILLER, 2022a).

As empresas japonesas possuíam vantagem de financiamento em relação às suas concorrentes americanas. Os produtores japoneses faziam parte de conglomerados de eletrônicos, contando com a expertise adquirida em outros mercados como o de televisores. Além disso, os grupos japoneses tinham bancos próprios, facilitando o acesso a recursos financeiros de maneira rápida e barata, enquanto as americanas não tinham esse privilégio e enfrentavam taxas de juros altíssimas empregadas pela política monetária do Federal Reserve para conter a inflação na década de 1980 (BROWN; LINDEN, 2009).

Nesse momento, foi observado a primeira política dos Estados Unidos em direção à defesa de sua indústria. As empresas americanas fundaram a *Semiconductor Industry Association* (SIA), para buscar o suporte do governo americano em pressionar o Japão em

práticas que consideravam abusivas como a proteção ao seu mercado interno e acusações de *dumping* das empresas japonesas no comércio internacional (BROWN; LINDEN, 2009). Em 1986, os dois países estabeleceram o *US-Japan Semiconductor Trade Agreement* que, entre as principais medidas, estabeleceu a reserva de 20% do mercado interno japonês para empresas estrangeiras (IRWIN, 1996). Internamente, o governo americano flexibilizou a colaboração entre as empresas de semicondutores e subsidiou a pesquisa e desenvolvimento com a criação da *Sematech*. Isso permitiu que os produtores americanos desenvolvessem tecnologias e processos para melhorar a qualidade de seus produtos e reduzir custos para competir com o Japão. A estratégia americana surtiu efeitos e em 1993 os Estados Unidos retomaram a liderança da indústria de chips (MILLER, 2022a).

Brown e Linden (2009), apontam que as ferramentas utilizadas no sucesso do Japão explicam em parte sua derrocada no mercado de semicondutores. A ênfase excessiva em qualidade e processos assim como os exorbitantes investimentos em capacidade produtiva erodiram a presença japonesa na indústria e abriram espaço tanto para retomada da liderança pelos Estados Unidos, como pela ascensão da Coreia do Sul e Taiwan.

As fricções entre os Estados Unidos e Japão remodelaram a dinâmica da indústria de semicondutores e trouxeram uma transformação profunda que explicam a configuração atual do setor.

5.1.2 A ascensão sul-coreana

A Coreia do Sul foi o maior beneficiário do embate entre Japão e os Estados Unidos. Assim como os japoneses, o país também usou elementos parecidos para desenvolver sua indústria de semicondutores como subsídio do governo e licenciamento de tecnologia americana. A Coreia começou por produzir semicondutores com tecnologia duas gerações atrás da fronteira tecnológica dos Estados Unidos, e com isso ganhou *know-how* para aprimorar a produção (MILLER, 2022a).

O sucesso sul-coreano pode ser entendido através da Samsung, que, assim como as empresas japonesas, também fazia parte de um conglomerado com expertise em eletrônicos, especificamente no mercado de televisores. Miller (2022a), coloca que um dos elementos que distinguem o sucesso duradouro da Coreia em comparação com o Japão foi que, desde o início, a Samsung esteve voltada para o mercado internacional, e isto a obrigou a seguir o ritmo tecnológico das líderes americanas.

Estando exposta à concorrência acirrada no mercado internacional, a Samsung otimizou sua forma de produzir, aumentando a rapidez e reduzindo os custos em comparação com as empresas japonesas e americanas, enquanto esses dois países negociavam acordos comerciais mais justos que foram aproveitados pela Coreia do Sul.

No final dos anos 1990, a Samsung assumiu a liderança da produção de chips de memória antes ocupada pelo Japão e preserva essa posição até os dias atuais, ajudando a consolidar a Coreia do Sul como um dos líderes da indústria ao lado dos Estados Unidos e Taiwan (BROWN; LINDEN, 2009; MCKINSEY & COMPANY 2020).

5.1.3 O caso especial de Taiwan

Assim como Japão, Coreia do Sul, Hong Kong, Malásia e Singapura, Taiwan se aliou aos Estados Unidos em busca de prosperidade econômica e proteção contra a URSS e o avanço do comunismo durante a Guerra Fria, utilizando para isso o desenvolvimento de sua indústria de tecnologia, focando na base, isto é, no elemento que possibilitou o progresso tecnológico das últimas seis décadas: semicondutores.

Diferente de seus vizinhos asiáticos, Taiwan ocupa uma posição central na indústria de semicondutores e na relação política e bélica com a China, pois, a ilha depende da proteção americana contra a ameaça de invasão chinesa (HILLE, 2021).

Taiwan disputa sua sobrevivência política e territorial com a China desde 1949, quando o Partido Comunista Chinês instaurou o comunismo como regime político do país, utilizando os outros elementos sociais como economia, cultura e educação a serviço dos ideais políticos comunistas. Os líderes democráticos fugiram para Taiwan e tinham como objetivo reestabelecer a democracia no território continental, enquanto a China clama a ilha como sua e espera integrá-la ao seu regime político e social. Devido às tensões políticas com o país vizinho, estar alinhado aos Estados Unidos e tornar-se essencial para essa nação é uma forma utilizada por Taiwan para garantir sua sobrevivência (WASSER; RASSER; KELLEY, 2022).

Assim como os outros países asiáticos, Taiwan usou de apoio do governo subsidiando pesquisa e desenvolvimento, construção de fábricas, investimento em formação técnica e aliança direta com os Estados Unidos e atraindo investimentos e empresas americanas para o país. A ilha começou na base da cadeia como um centro para montagem e testagem devido à sua mão de obra barata nas décadas de 1960 a 1980, e fez disso sua porta de entrada para escalar a pirâmide do setor de semicondutores (MILLER, 2022b).

Nos anos 1980, a indústria de semicondutores de Taiwan começou a decolar, impulsionada pelo surgimento da TSMC, fundada em 1987 (MILLER, 2022b). O modelo de negócio da TSMC é conhecido como *foundrie*, e baseia-se inteiramente na produção de chips para outras empresas de semicondutores, o que permitia a essas companhias se concentrarem no design e marketing de circuitos integrados.

A terceirização da manufatura revolucionou a indústria de semicondutores e ajudou a decolar nos Estados Unidos o modelo de negócio conhecido como *fabless* – empresas inteiramente dedicadas ao design de chips e que terceirizam a produção para as *foundries*, tornando a TSMC e Taiwan atores vitais na indústria global de semicondutores.

Estar totalmente focada na fabricação permitiu à TSMC conquistar e garantir a liderança na manufatura avançada de semicondutores, particularmente na produção de microprocessadores e chips de memória. A tecnologia inovadora de processos da TSMC permitiu produzir chips com maior desempenho, menor consumo de energia e menor tamanho do que seus concorrentes.

De acordo com (VARAS et al., 2021), em 2019 a TSMC detinha 53% do mercado de *foundries* e 92% da produção dos chips mais avançados do mundo – abaixo dos 10 nanômetros. A liderança da TSMC em tecnologia sofisticada de processos também atraiu os principais projetistas de chips do mundo, incluindo Apple, Qualcomm e Nvidia. Isso fortaleceu ainda mais a posição da empresa no setor de microchips e tornou Taiwan um jogador fundamental na cadeia de suprimentos global de alta tecnologia (MILLER, 2022a).

Diante de sua importância para a cadeia global de semicondutores e para o progresso tecnológico mundial, Taiwan faz da posição que ocupa um “escudo de silicone”. Isto é, em ser indispensável para o avanço tecnológico e para que os Estados Unidos continuem como líderes mundiais do setor, a ilha espera contar com o apoio militar e político norte-americano. Enquanto, para a China, controlar Taiwan a colocaria no centro das indústrias globais de tecnologia e semicondutores e com o poder de ditar o avanço tecnológico e as implicações disso nas esferas política, econômica e bélica (WASSER; RASSER; KELLEY, 2022).

Miller (2022a) afirma que o objetivo dos Estados Unidos em retomarem o topo da indústria, assim como o da China de conquistar a primeira posição, estão diretamente conectados a Taiwan, assim como a relação política e militar dos dois primeiros. Taiwan, por sua vez, não tem interesse em abdicar ou reduzir sua importância na cadeia global não somente pelas implicações tecnológicas e econômicas em estar no topo da indústria, mas sobretudo como estratégia de autopreservação.

5.1.4 “*Made in China 2025*”

Conforme visto nas seções anteriores, no setor mundial de semicondutores a China ainda não dispõe de uma posição relevante nas etapas de design e manufatura, que são as mais avançadas e com maior valor agregado ao longo da cadeia produtiva. O país, no entanto, é o segundo maior mercado consumidor de semicondutores e lidera nas etapas de montagem e embalagem, que são os estágios menos importantes e com menor valor agregado (SEMICONDUCTOR INDUSTRY ASSOCIATION, 2021).

Dada a posição da China na economia mundial e a importância dos circuitos integrados para a inovação e liderança tecnológica, fundamentais para o crescimento sustentável, em 2015 o país lançou o plano “*Made in China 2025*”. A iniciativa é projetada para aprimorar a qualidade e a capacidade de inovação da manufatura chinesa, acelerar avanços tecnológicos e alcançar autossuficiência em setores estratégicos, como semicondutores. Dentro desse contexto, semicondutores têm uma importância particular, uma vez que a iniciativa visa aprimorar as capacidades de pesquisa e desenvolvimento, estabelecer instalações de manufatura de alto padrão e atrair investimentos e talentos (THOMAS, 2015; CHINA, 2015).

A ênfase do país em desenvolver seu setor de semicondutores decorre do reconhecimento do papel fundamental do segmento no impulsionamento do crescimento econômico e segurança nacional. Com uma grande dependência da importação de semicondutores, a China busca reduzir sua exposição a tecnologia estrangeira e estabelecer uma indústria doméstica de chips robusta e resiliente (CHINA, 2015). Ao superar lacunas tecnológicas, alcançar autossuficiência e fomentar a liderança em design, manufatura e inovação, o país busca fortalecer sua posição no cenário internacional de semicondutores e se consolidar como uma potência global na economia, segurança e política (MILLER, 2022b).

Com a eleição americana de 2016 em diante, a necessidade de independência ficou ainda mais evidente para Beijing. O discurso de Donald Trump, candidato à presidência americana em 2016, teve como uma das propostas de campanha restaurar a indústria de seu país. Trump responsabilizava a China diretamente pela decadência industrial de seu país. A partir de 2018, os Estados Unidos impuseram tarifas em diversos produtos importados chineses, entre eles semicondutores. Visando dificultar mais ainda o desenvolvimento do setor de chips chinês, o país restringiu a exportação de produtos, máquinas, equipamentos e tecnologia fundamentais para a produção de circuitos integrados. Na guerra comercial e tecnológica, a mais prejudicada foi a empresa Huawei, que era a líder chinesa do setor tecnológico chinês e liderava mundialmente na tecnologia 5G (BOWN, 2020).

5.2 The Chips and Science Act of 2022

Conforme visto nas sessões anteriores, os Estados Unidos são o berço da indústria de semicondutores e nas primeiras décadas da invenção dos circuitos integrados o país era o líder no setor. Após mais de 60 anos da criação dos chips em solo americano, o país continua à frente nas etapas de P&D e Design, junto com os segmentos de materiais e ferramentas utilizados na manufatura. No entanto, no estágio de fabricação a hegemonia americana começou a erodir na década de 1980. Já na década de 1990, o país detinha 37% da produção global de microchips, em comparação com 12% atualmente (VARAS et al., 2020).

Para os Estados Unidos, semicondutores são essenciais para além do setor de eletrônicos. Eles são fundamentais para o seu sucesso econômico, tecnológico e militar, que reconhece que, sem trazer de volta a manufatura ou a parte mais importante dela (a produção de chips abaixo dos 10 nanômetros, que é considerada atualmente como a fronteira tecnológica) para solo americano, a hegemonia do país é incerta no futuro (UNITED STATES, 2021c).

Em resposta a esse desafio, em 09 de agosto de 2022 o presidente americano assinou a lei número 117-167, também conhecida como “*the Creating Helpful Incentives to Produce Semiconductors (CHIPS)*”, ou Chips Act, com o objetivo de restaurar a liderança americana na indústria de semicondutores e desenvolver pesquisa e inovação avançada na área de tecnologia e ciência, tendo como uma das razões mais importantes fazer frente ao avanço chinês nessas áreas.

O Chips and Science Act, tem um orçamento aproximado de \$280 bilhões que será alocado na indústria de semicondutores e no desenvolvimento da ciência através da pesquisa e inovação (UNITED STATES, 2022g).

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, 2022g).

O Chips Act está dividido em duas partes: a primeira intitulada DIVISION A - CHIPS ACT OF 2022, trata dos semicondutores e das ações a serem executadas para suportar a

manufatura de chips na América. A segunda, intitulada DIVISION B - RESEARCH AND INNOVATION é dedicada à pesquisa e inovação e estabelece as atividades a serem executadas para o desenvolvimento da ciência avançada no país (UNITED STATES, 2022a; 2022d).

A *National Science Foundation* (NSF), o Departamento de Energia (DOE) e o Departamento de Comércio (DOC) são os principais órgãos do governo americano responsáveis pela implementação da lei, coordenação das atividades e gestão dos recursos. O último chefiará os projetos dedicados ao setor de semicondutores, enquanto os primeiros ficarão à frente da ciência e pesquisa. O que faz sentido, visto que a primeira divisão tem um aspecto mais comercial e econômico e com ganhos a curto e médio prazo. Enquanto a segunda parte da Lei está mais focada na construção da ciência para médio e longo prazo.

5.2.1 Division A - Chips Act of 2022

A seção A do CHIPS Act de 2022 trata das iniciativas para fortalecer a manufatura de semicondutores em território americano. Com iniciativas que vão desde o crédito fiscal de até 25% para empresas que produzem chips na fronteira tecnológica, passando pela capacitação da força de trabalho e inclusão de minorias na cadeia produtiva.

A maioria dos recursos estão dispostos na seção 102, que determina:

The act establishes and provides funding for the Creating Helpful Incentives to Produce Semiconductors (CHIPS) for America Fund to carry out activities relating to the creation of incentives to produce semiconductors in the United States. (UNITED STATES, 2022c).

O fundo dispõe de um total de \$52.7 bilhões a serem alocados conforme segue:

- \$50.0 bilhões serão utilizados para implementar o programa de incentivos do Departamento de Comércio para a produção de chips, e serão alocados ao longo de cinco anos, sendo:
 - \$39 bilhões a serem distribuídos em diretamente em incentivos para a produção de semicondutores. Deste valor, 2 bilhões serão utilizados na produção de chips legados, que são menos avançados e são usados principalmente na indústria de automotivos e pelo Departamento de Defesa. Outros \$6 bilhões serão usados para cobrir custos e garantia de empréstimos (UNITED STATES, 2022a; 2022c; 2022d).
 - \$11 bilhões serão utilizados no *National Semiconductor Technology Center*, *National Advanced Packaging Manufacturing Program* e no desenvolvimento

e capacitação da mão-de-obra para a indústria de chips (UNITED STATES, 2022d).

- \$2 bilhões serão destinados ao *America Defense Fund*, que financiará a criação de uma rede nacional de colaboração entre universidades e indústria, de modo a desenvolver e transferir tecnologia na produção de semicondutores e o treinamento da força de trabalho (UNITED STATES, 2022a; 2022c; 2022d).
- \$500 milhões serão direcionados ao *America International Technology Security and Innovation Fund*, para a formação de uma rede de colaboração entre os Estados Unidos e países aliados para dividir esforços e *know-how* na criação de uma cadeia produtiva global de semicondutores mais resiliente. Além disso, o fundo também custeará iniciativas entre os países visando promover a adoção de chips e tecnologias da informação e comunicação seguros (UNITED STATES, 2022d).
- \$200 milhões serão destinados ao *America Workforce and Education Fund for the National Science Foundation*, com o objetivo de capacitar e ampliar a mão-de-obra doméstica voltada para a indústria de chips (UNITED STATES, 2022d).

Outro ponto a ser tratado na implementação dos programas do Chips Act é tornar a indústria de semicondutores mais igualitária e inclusiva, promovendo a participação de minorias, seja através de contratos com empresas cujos proprietários sejam de origens menos favorecidas e/ou na qualificação de profissionais pertencentes a grupos minoritários.

O Chips and Science Act – Division A também proíbe a utilização dos recursos da Lei para a construção de fábricas em solo estrangeiro e veta a participação de empresas de países considerados como ameaça aos interesses americanos em programas financiados pelos fundos do Chips Act. Por nações vistas com preocupação aos objetivos do país, o texto da Lei diz:

any country that the Secretary, in consultation with the Secretary of Defense, the Secretary of State, and the Director of National Intelligence, determines to be engaged in conduct that is detrimental to the national security or foreign policy of the United States. (UNITED STATES, 2022a, p.16).

Ainda sobre as nações que a Lei pede cautela, United States (2022a) cita China, Coreia do Norte, Rússia e Iran.

Quanto às proibições citando especificamente a China, cabe destacar o texto expresso em United States (2022a, p. 19) que veta a expansão da capacidade produtiva no país por beneficiários dos recursos do Chips Act:

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.

Além disso, agentes recipientes de recursos da Lei estão impedidos de colaborar com entidades que representem um risco para a segurança dos Estados Unidos, seja P&D ou transferência de tecnologia. As empresas que não observarem a essas diretrizes serão obrigadas a devolver o valor integral recebido (UNITED STATES, 2022a; 2023a).

Ainda, o Chips Act também autoriza a concessão de 25% de crédito fiscal para a manufatura de chips avançados, que inclui tanto a produção direta, no caso as *foundries*, quanto a fabricação de materiais e equipamentos utilizados pela indústria avançada. O Congressional Budget Office (CBO) estima que o crédito fiscal custará aos cofres públicos americanos aproximadamente \$24,2 bilhões (UNITED STATES, 2022b, 2022d).

5.2.2 Division B - Research and Innovation

A divisão A é diretamente voltada para a indústria de semicondutores e visando ganhos no curto e médio prazo para reconquistar e solidificar a liderança americana na cadeia global de circuitos integrados. A divisão B, no que lhe concerne, é dedicada para o ecossistema tecnológico como um todo, com o objetivo de colocar os Estados Unidos na vanguarda das novas tecnologias como Inteligência Artificial, *Machine Learning* e Computação Quântica. Para isso, essa parte da Lei está voltada ao desenvolvimento científico, abarcando da Engenharia à Física, da Química à Biologia, da Aeronáutica à Astronomia.

A divisão B concentra a maioria dos recursos do Chips Act. De \$278.2 bilhões, são estimados \$200 bilhões para *Research and Innovation*, com grande parte dos recursos sob a gestão da *National Science Foundation* (NSF) e Departamento de Energia (DOE) (BADLAM et al., 2022; UNITED STATES, 2022d).

Dos projetos financiados pela Divisão B, cabe destacar os seguintes projetos, cujos recursos serão distribuídos ao longo de cinco anos:

- A criação do *Directorate for Technology, Innovation, and Partnerships* (“TIP”), que estará sob a gestão da *National Science Foundation* (NSF) e tem um orçamento de \$20 bilhões, direcionados para o investimento em pesquisa e tecnologia avançados. O objetivo do TIP é tornar essas descobertas comercialmente viáveis, ou seja, com uma aplicação prática para o benefício social e econômico da sociedade norte-americana. Isso será alcançado através

da parceria entre órgãos governamentais nacionais e internacionais, academia e outras instituições sociais como sindicatos e organizações não governamentais (UNITED STATES, 2022d).

- \$13 bilhões que serão administrados pela NSF dedicados ao “*STEM Education*”, isto é, educação nas áreas de Ciências, Tecnologia, Engenharias e Matemática. O projeto é chamado de *National Advanced STEM Education Program* e tem uma abordagem abrangente de todo o sistema educacional americano, envolvendo a comunidade científica, docentes e discentes, incluindo das áreas rurais e minorias. O investimento no desenvolvimento da “*STEM workforce*” será feito de diferentes maneiras, a citar bolsas de estudos a alunos do nível superior, prêmios a professores, capacitação de docentes e discentes das áreas rurais. O programa também tem um foco especial na educação primária e, e sobretudo desenvolver um sistema educacional compatível com as necessidades da indústria e mercado de trabalho da área de tecnologia (UNITED STATES, 2022c, 2022d).
- \$11 bilhões ficarão sob a gestão do Departamento de Comércio (DOC), que usará esses recursos para criar hubs regionais de tecnologia com o intuito de promover crescimento econômico e integração regional à cadeia produtiva nacional. \$1 bilhão será destinado ao *Recompete Pilot Program*, da Administração de Desenvolvimento Econômico do DOC. Esses recursos serão canalizados em iniciativas para áreas em vulnerabilidade econômica com foco na criação de emprego e renda nessas comunidades (UNITED STATES, 2022c, 2022d).
- \$9 bilhões para o *National Institute of Standards and Technology* (NIST), que se reporta diretamente ao Departamento de Comércio. O valor será utilizado na padronização de pesquisa e desenvolvimento de tecnologias, criar cadeias produtivas resilientes e manufatura “*made in USA*” de alto padrão (UNITED STATES, 2022c, 2023b).

O Departamento de Energia (DOE), conforme dito, é um dos pilares do desenvolvimento científico almejados pelo Chips Act. A Lei autoriza \$50,3 bilhões para serem investidos em P&D conduzidos pelo DOE, universidades e empresas privadas. Entre as atividades a serem desenvolvidas sob a coordenação do órgão estão pesquisas em energia, biologia, física nuclear e infraestrutura de laboratórios. Adicionalmente, o DOE terá \$17,6

bilhões para investir em segurança energética, transição para energias limpas, microeletrônica, tecnologia nuclear avançada, e P&D aplicados em energia (UNITED STATES, 2022c, 2022d).

Assim como a Division A, a Division B também aborda, em várias ocasiões, a preocupação com países que representam risco aos interesses norte-americanos, proibindo-os de receber recursos destinados ao desenvolvimento da ciência. O exemplo mais contundente dessa diretriz é encontrado na Seção 10.636 da Lei, que coloca:

Certain persons and foreign entities of concern or any other country determined to be a country of concern may not receive or participate in any grant, award, program, support, or other activity under specified programs or activities, including the Manufacturing USA Program. (UNITED STATES, 2022c)

Ao analisar o texto da Lei e os principais pontos elencados nas Divisões A e B descritas acima, é possível elencar três objetivos centrais que se visam alcançar com o Chips and Science Act:

- a) restaurar a liderança da indústria de chips americana enquanto preserva a hegemonia nas etapas de P&D e Design, através da ampliação da capacidade produtiva das fábricas americanas e capacitação da mão-de-obra do setor de semicondutores;
- b) desenvolvimento da ciência avançada, visando a aplicação prática na área de tecnologia, que possui uma relação de interdependência com semicondutores. Nos projetos dedicados ao progresso científico, é válido destacar que seus efeitos demorarão mais a serem notados quando comparados com as iniciativas na ampliação da capacidade de manufatura, uma vez que investimentos na ciência e educação são sentidos no longo prazo e geralmente estão mais alinhados com a visão de futuro da nação;
- c) conter o avanço de nações rivais, proibindo a participação direta, seja como beneficiárias dos recursos financeiros, seja participando no desenvolvimento da ciência. Além disso, também busca-se conter a participação indireta dos países identificados como ameaça, sobretudo da China, através da proibição da transferência de tecnologia e *know-how* por agentes que sejam beneficiários dos programas estabelecidos no Chips Act.

6 CONCLUSÃO

O surgimento da indústria de semicondutores na década de 1950 nos Estados Unidos foi o que possibilitou o avanço tecnológico em uma escala inédita na história. Os chips possibilitaram a revolução da computação e eletrônica que transformaram a sociedade verticalmente, desde a economia, à integração entre países e as relações sociais.

Conforme demonstrado ao longo deste trabalho, essa indústria é caracterizada pela intensa competição e investimentos massivos em Pesquisa e Desenvolvimento, Design e Manufatura e, os Estados Unidos desenvolvem um papel fundamental, a começar por serem os criadores dos circuitos integrados. Conforme demonstrado, essa posição privilegiada, na verdade, foi conquistada através da ação direta do Estado americano ao construir as bases para o surgimento e desenvolvimento da indústria de circuitos integrados, através do investimento na ciência e na criação de um ecossistema atrativo para a participação da iniciativa privada.

Os Estados Unidos reconhecem a importância dos semicondutores para o progresso tecnológico, crescimento econômico sustentável, poderio militar e influência cultural, fatores que fazem desse país a maior potência mundial. Assegurar sua liderança nessa indústria é garantir que sua hegemonia perdure.

Nesse sentido, a aprovação do Chips Act pelo congresso americano e sanção pelo presidente Joe Biden em 2022, evidenciam o quanto os Estados Unidos primam pela indústria de semicondutores e a consideram vital para os interesses americanos. Isso pode ser percebido no orçamento massivo e nos projetos estabelecidos pela Lei, visando fortalecer a manufatura de semicondutores na América no curto e longo prazo, desenvolver a ciência aplicada aos circuitos integrados, ao mesmo tempo em que buscam conter o avanço de países que representam uma ameaça aos ideais americanos.

A indústria de semicondutores, bem como suas implicações tecnológicas, econômicas, políticas e militares são um tema rico para o debate e pesquisa. Para futuros estudos acerca do tema, sugerem-se abordagens que considerem os resultados obtidos com a implementação do Chips Act e como esta Lei alterou a posição dos Estados Unidos na cadeia global de semicondutores; o crescimento da China nessa indústria; a competição entre os Estados Unidos e China pela liderança na cadeia global de chips e as transformações tecnológicas em curso possibilitadas pelos circuitos integrados, a citar Inteligência Artificial, *Machine Learning*, Realidade Aumentada e Veículos Autônomos.

REFERÊNCIAS

AGARWAL, Ruchir. **INDUSTRIAL POLICY AND THE GROWTH STRATEGY TRILEMMA**. 2023. Disponível em:

<https://www.imf.org/en/Publications/fandd/issues/Series/Analytical-Series/industrial-policy-and-the-growth-strategy-trilemma-ruchir-agarwal>. Acesso em: 28 abr. 2023.

ARTECONA, Raquel; VELLOSO, Helvia. **Towards a new industrial policy: the united states economic policy agenda post-covid-19**. Washington: Economic Commission For Latin America And The Caribbean (Eclac), 2022. Disponível em:

<https://www.cepal.org/en/publications/48338-towards-new-industrial-policy-united-states-economic-policy-agenda-post-covid-19>. Acesso em: 15 abr. 2023.

BADLAM, Justin *et al.* **The CHIPS and Science Act: here's what's in it**. Washington:

McKinsey & Company, 2022. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/industries/public-sector/our-insights/the-chips-and-science-act-heres-whats-in-it>. Acesso em: 30 abr. 2023.

BAUER, Harald *et al.* **Semiconductor design and manufacturing: achieving leading-edge capabilities**. Washington: McKinsey & Company, 2020. Disponível em:

<https://www.mckinsey.com/industries/industrials-and-electronics/our-insights/semiconductor-design-and-manufacturing-achieving-leading-edge-capabilities>. Acesso em: 17 dez. 2022.

BROWN, Clair; LINDEN, Greg. **Chips and Change: how crisis reshapes the semiconductor industry**. London: The Mit Press, 2009.

BOWN, CHAD P., Peterson Institute For International Economics. **How the United States**

marched the semiconductor industry into its trade war with China. Washington: Peterson Institute For International Economics, 2020. Disponível em:

<https://www.piie.com/publications/working-papers/how-united-states-marched-semiconductor-industry-its-trade-war-china>. Acesso em: 08 jun. 2023.

CHANG, Ha-Joon. **Kicking Away the Ladder: development strategy in historical perspective**. London: Anthem Press, 2002.

CIMOLI, Mario; DOSI, Giovanni; STIGLITZ, Joseph E.. **Industrial Policy and**

Development: the political economy of capabilities accumulation. New York: Oxford University Press, 2009.

EURASIA GROUP (United States). **The Geopolitics of Semiconductors**. New York:

Eurasia Group, 2020. Disponível em: <https://www.eurasiagroup.net/files/upload/Geopolitics-Semiconductors.pdf>. Acesso em: 17 dez. 2022.

HILLE, Kathrin. **TSMC: how a taiwanese chipmaker became a linchpin of the global**

economy. how a Taiwanese chipmaker became a linchpin of the global economy. 2021.

Disponível em: <https://www.ft.com/content/05206915-fd73-4a3a-92a5-6760ce965bd9>.

Acesso em: 24 abr. 2023.

IRWIN, Douglas A.. The U.S.-Japan Semiconductor Trade Conflict. In: KRUEGER, Anne

O.. **The Political Economy of Trade Protection**. Chicago: The University Of Chicago Press, 1996. Cap. 1. p. 5-14.

KING, Ian; LEUNG, Adrian; POGKAS, Demetrios. **The Chip Shortage Keeps Getting Worse. Why Can't We Just Make More?** 2021. Disponível em: <https://www.bloomberg.com/graphics/2021-chip-production-why-hard-to-make-semiconductors/#xj4y7vzkg>. Acesso em: 11 dez. 2022.

MARLOW, Iain. **US Dependence on Taiwan Chips Is 'Untenable,' Raimondo Says.** 2022. Disponível em: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2022-07-22/us-dependence-on-taiwan-chips-is-untenable-raimondo-says?leadSource=uverify%20wall>. Acesso em: 30 abr. 2023.

MAZZUCATO, Mariana. **The Entrepreneurial State: debunking public vs. private sector myths.** London: Anthem Press, 2013.

MILLER, Chris. **Chip War: the fight for the world's most critical technology.** New York: Scribner Book Company, 2022a.

MILLER, Chris. **Rewire: semiconductors and u.s. industrial policy.** Washington: Center For A New American Security, 2022b. Disponível em: <https://www.cnas.org/publications/reports/rewire-semiconductors-and-u-s-industrial-policy>. Acesso em: 04 maio 2023.

MOORE, Gordon E.. Cramming more components onto integrated circuits. **Electronics**, San Francisco, v. 38, n. 8, p. 114-117, 8 abr. 1965. Disponível em: <https://archive.computerhistory.org/resources/access/text/2017/03/102770822-05-01-acc.pdf>. Acesso em: 29 abr. 2023.

MURO, Mark *et al.* **Breaking down an \$80 billion surge in place-based industrial policy.** Disponível em: <https://www.brookings.edu/blog/the-avenue/2022/12/15/breaking-down-an-80-billion-surge-in-place-base>. Acesso em: 30 abr. 2023.

NATHAN ASSOCIATES (United States). **BEYOND BORDERS: the global semiconductor value chain.** New York: Semiconductor Industry Association, 2016. Disponível em: <https://www.semiconductors.org/wp-content/uploads/2018/06/SIA-Beyond-Borders-Report-FINAL-June-7.pdf>. Acesso em: 29 abr. 2023.

NOMAN, Akbar; STIGLITZ, Joseph E.. **Efficiency, Finance, and Varieties of Industrial Policy: guiding resources, learning, and technology for sustained growth.** New York: Columbia University Press, 2017.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (France). **Measuring distortions in international markets: the semiconductor value chain.** Paris: Oecd Publishing, 2019. 234 v. Disponível em: https://www.oecd-ilibrary.org/trade/measuring-distortions-in-international-markets_8fe4491d-en. Acesso em: 07 dez. 2022.

REICH, Robert B.. Why the U.S. Needs an Industrial Policy. **Harvard Business Review**, Massachusetts, v. 60, n. 1, p. 74-81, jan. 1982. Disponível em: <https://hbr.org/1982/01/why-the-us-needs-an-industrial-policy>. Acesso em: 30 abr. 2023.

SEMICONDUCTOR INDUSTRY ASSOCIATION (United States). **2021 Factbook**. Washington: Semiconductor Industry Association, 2021a. Disponível em: <https://www.semiconductors.org/wp-content/uploads/2021/05/2021-SIA-Factbook-FINAL1.pdf>. Acesso em: 22 abr. 2023.

SEMICONDUCTOR INDUSTRY ASSOCIATION (United States). **2022 STATE OF THE U.S. SEMICONDUCTOR INDUSTRY**. Washington: Semiconductor Industry Association, 2022. Disponível em: https://www.semiconductors.org/wp-content/uploads/2022/11/SIA_State-of-Industry-Report_Nov-2022.pdf. Acesso em: 28 abr. 2023.

SEMICONDUCTOR INDUSTRY ASSOCIATION (United States). **SIA WHITEPAPER: taking stock of china's semiconductor industry**. Washington: Semiconductor Industry Association, 2021b. Disponível em: https://www.semiconductors.org/wp-content/uploads/2021/07/Taking-Stock-of-China%E2%80%99s-Semiconductor-Industry_final.pdf. Acesso em: 22 abr. 2023.

SEMICONDUCTOR INDUSTRY ASSOCIATION (United States). **What is a Semiconductor?** Disponível em: <https://www.semiconductors.org/semiconductors-101/what-is-a-semiconductor/>. Acesso em: 13 mar. 2023.

SIRIPURAPU, Anshu; BERMAN, Noah. **Is Industrial Policy Making a Comeback?** 2022. Disponível em: <https://www.cfr.org/backgrounder/industrial-policy-making-comeback>. Acesso em: 30 abr. 2023.

THOMAS, Christopher. **A new world under construction: china and semiconductors**. Beijing: McKinsey & Company, 2015. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/featured-insights/asia-pacific/a-new-world-under-construction-china-and-semiconductors>. Acesso em: 17 mar. 2023.

TUCKER, Todd N., (United States). Roosevelt Institute. **INDUSTRIAL POLICY AND PLANNING: what it is and how to do it better**. New York: Roosevelt Institute, 2019. Disponível em: https://rooseveltinstitute.org/wp-content/uploads/2020/07/RI_Industrial-Policy-and-Planning-201707.p. Acesso em: 29 abr. 2023.

TOMOSHIGE, Hideki. **Japan's Semiconductor Industrial Policy from the 1970s to Today**. Disponível em: <https://www.csis.org/blogs/perspectives-innovation/japans-semiconductor-industrial-policy-1970s-today>. Acesso em: 23 abr. 2023.

UNITED STATES. **Public Law 117–167—Aug. 9, 2022**. U.S. GOVERNMENT, 09 ago. 2022a. Disponível em: <https://www.congress.gov/117/plaws/publ167/PLAW-117publ167.pdf>. Acesso em: 05 maio 2023.

UNITED STATES. Congressional Budget Office. U.S. Congress. **Estimated Budgetary Effects of H.R. 4346**. Washington: Congressional Budget Office, 2022b. Disponível em: <https://www.cbo.gov/publication/58319>. Acesso em: 30 maio 2023.

UNITED STATES. Federal Register. Journal Of The United States Government. **Preventing the Improper Use of CHIPS Act Funding**. **Federal Register**. Washington, p. 1-12. 23 mar.

2023a. Disponível em: <https://www.federalregister.gov/documents/2023/03/23/2023-05869/preventing-the-improper-use-of-chips-act-funding>. Acesso em: 06 maio 2023.

UNITED STATES. FEDERAL RESERVE. **The Great Depression**. 2013. Disponível em: <https://www.federalreservehistory.org/essays/great-depression#:~:text=The%20Great%20Depression-,1929>. Acesso em: 30 abr. 2023.

UNITED STATES. Law nº 117-167, de 2022. **H.R.4346 - Chips And Science Act**. Washington, 08 set. 2022c. Disponível em: <https://www.congress.gov/bill/117th-congress/house-bill/4346>. Acesso em: 29 mar. 2023.

UNITED STATES. Constituição (2021). Lei nº 117-2, de 24 de fevereiro de 2021. **H.R.1319 - American Rescue Plan Act Of 2021**. Washington, 03 nov. 2021a. Disponível em: <https://www.congress.gov/bill/117th-congress/house-bill/1319/text>. Acesso em: 30 abr. 2023.

UNITED STATES. Michael Bennet. U.S Senate. **CHIPS and Science Act of 2022**: section-by-section summary. Washington: U.S Senate, 2022d. Disponível em: https://www.bennet.senate.gov/public/_cache/files/4/0/40919cb4-ff63-4434-8ae2-897a4a026b30/7BCDD84F5. Acesso em: 29 maio 2023.

UNITED STATES. Michaela D. Platzer. Congressional Research Service. **Semiconductors**: u.s. industry, global competition, and federal policy. Washington: Congressional Research Service, 2020. Disponível em: <https://crsreports.congress.gov/product/pdf/R/R46581>. Acesso em: 28 abr. 2023.

UNITED STATES. National Institute Of Standards And Technology. Us Department Of Commerce. **A VISION AND STRATEGY FOR THE NATIONAL SEMICONDUCTOR TECHNOLOGY CENTER**. Washington: Nist, 2023b. Disponível em: <https://www.nist.gov/system/files/documents/2023/04/27/A%20Vision%20and%20Strategy%20for%20the%20NST>. Acesso em: 05 maio 2023.

UNITED STATES. THE WHITE HOUSE. **American Rescue Plan**. 2021b. Disponível em: <https://www.whitehouse.gov/american-rescue-plan/#:~:text=The%20American%20Rescue%20Plan%20provides%2>. Acesso em: 30 abr. 2023.

UNITED STATES. THE WHITE HOUSE. **BUILDING RESILIENT SUPPLY CHAINS, REVITALIZING AMERICAN MANUFACTURING, AND FOSTERING BROAD-BASED GROWTH**. Washington: The White House, 2021c. Disponível em: <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2021/06/100-day-supply-chain-review-report.pdf>. Acesso em: 29 abr. 2023.

UNITED STATES. THE WHITE HOUSE. **Inflation Reduction Act Guidebook**. 2022f. Disponível em: <https://www.whitehouse.gov/cleanenergy/inflation-reduction-act-guidebook/>. Acesso em: 30 abr. 2023.

UNITED STATES. THE WHITE HOUSE. **UPDATED FACT SHEET**: bipartisan infrastructure investment and jobs act. Bipartisan Infrastructure Investment and Jobs Act. 2021d. Disponível em: <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements->

releases/2021/08/02/updated-fact-sheet-bipartisan-infrastructure-investment-and-jobs-act/. Acesso em: 30 abr. 2023.

UNITED STATES. THE WHITE HOUSE. **UPDATED FACT SHEET: chips and science act will lower costs, create jobs, strengthen supply chains, and counter china.** CHIPS and Science Act Will Lower Costs, Create Jobs, Strengthen Supply Chains, and Counter China. 2022g. Disponível em: <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2022/08/09/fact-sheet-chips-and-science-act-will-lower-costs-create-jobs-strengthen-supply-chains-and-counter-china/>. Acesso em: 01 maio 2023.

UNITED STATES. Wage And Hour Division. U. S. Department Of Labor. **History of Changes to the Minimum Wage Law.** Disponível em: <https://www.dol.gov/agencies/whd/minimum-wage/history>. Acesso em: 23 abr. 2023.

VARAS, Antonio *et al.* **Government Incentives and US Competitiveness in Semiconductor Manufacturing.** Boston: Boston Consulting Group, 2020. Disponível em: <https://www.bcg.com/publications/2020/incentives-and-competitiveness-in-semiconductor-manufacturing>. Acesso em: 01 maio 2023.

VARAS, Antonio *et al.* **Strengthening the global semiconductor supply chain in an uncertain era.** Washington: Bcg X Semiconductor Industry Association, 2021. Disponível em: https://www.semiconductors.org/wp-content/uploads/2021/05/BCG-x-SIA-Strengthening-the-Global-Semiconductor-Value-Chain-April-2021_1.pdf. Acesso em: 28 abr. 2023.

WADE, Robert H.. The paradox of US industrial policy: the developmental state in disguise. In: SALAZAR-XIRINACHS, José M.; NÜBLER, Irmgard; KOZUL-WRIGHT, Richard. **TRANSFORMING ECONOMIES: making industrial policy work for growth, jobs and development.** Geneva: International Labour Office, 2014. Cap. 14. p. 379-396.

WASSER, Becca; RASSER, Martijn; KELLEY, Hannah. **When the Chips Are Down: gaming the global semiconductor competition.** Washington: Center For A New American Security, 2022. Disponível em: <https://www.cnas.org/publications/reports/when-the-chips-are-down>. Acesso em: 06 abr. 2023.

WHALEN, Jeanne. **Three months, 700 steps: why it takes so long to produce a computer chip.** Why it takes so long to produce a computer chip. 2021. Disponível em: <https://www.washingtonpost.com/technology/2021/07/07/making-semiconductors-is-hard/>. Acesso em: 27 abr. 2023.