



Universidade de Brasília - UnB
Instituto de Relações Internacionais – IREL
Graduação em Relações Internacionais

GEOVANA LUSTOSA GUEDES

**RELAÇÃO TRIANGULAR EUA-CHINA-TAIWAN NA CADEIA DE SUPRIMENTOS
GLOBAL DE SEMICONDUTORES**

**BRASÍLIA
2022**



Universidade de Brasília - UnB
Instituto de Relações Internacionais – IREL
Graduação em Relações Internacionais

GEOVANA LUSTOSA GUEDES

**RELAÇÃO TRIANGULAR EUA-CHINA-TAIWAN NA CADEIA DE
SUPRIMENTOS GLOBAL DE SEMICONDUTORES**

Monografia apresentada como trabalho de
conclusão de curso da graduação em Relações
Internacionais pela Universidade de Brasília.

Orientadora: Profa. Dra. Danielly Silva Ramos

BRASÍLIA
2022

GEOVANA LUSTOSA GUEDES

**RELAÇÃO TRIANGULAR EUA-CHINA-TAIWAN NA CADEIA DE SUPRIMENTOS
GLOBAL DE SEMICONDUTORES**

Monografia apresentada como trabalho de
conclusão de curso da graduação em Relações
Internacionais pela Universidade de Brasília.

Orientadora: Profa. Dra. Danielly Silva Ramos

Aprovada em: 23/09/2022

BRASÍLIA, 27 DE SETEMBRO DE 2022

BANCA AVALIADORA

Danielly Silva Ramos

Professora Orientadora

Instituto de Relações Internacionais

Universidade de Brasília

Ana Flávia Granja e Barros

Professora Avaliadora

Instituto de Relações Internacionais

Universidade de Brasília

Laura Urrejola Silveira

Integrante da Banca Avaliadora

Instituto de Relações Internacionais

Universidade de Brasília

AGRADECIMENTOS

Impossível começar de outra forma senão agradecendo a Deus. Obrigada por me trazer à existência para te conhecer, Pai. Obrigada, Jesus, por ser o caminho que eu percorro, a verdade que me sustenta e a minha vida. Sem você nada faz sentido. Espírito Santo, agradeço pela sua presença vívida nos meus dias. Você é a companhia mais divertida, o melhor guia na aventura da vida e o meu lugar de paz nas dificuldades. Saber que vocês são a minha família, o meu lugar de pertencimento, é a certeza que me faz viver e a esperança que me alegra a cada dia.

Agradeço ao meu pai, Altemar Guedes dos Santos, e à minha mãe, Marlúcia Lustosa Vogado Guedes, por todo cuidado e entrega desde sempre. Desejo que vocês se sintam honrados com essa conquista, que é nossa. O amor sacrificial de vocês dois me fez chegar até aqui. Eu amo vocês. Obrigada à minha amada irmã, Mariana Lustosa Guedes. Agradeço por toda ajuda e conselho. Eu te admiro e me alegro com suas conquistas. Um obrigada especial ao Victor Mendes, meu amor. Sonhar com você me dá força para avançar. Agradeço meus tios e tias, primos e primas e à minha avó. São muitas pessoas na família para serem nomeadas, mas escrevo lembrando do rosto de cada uma. Pensar em vocês me faz sorrir.

Muito obrigada a todos amigos e amigas que fazem parte da minha história e da minha vida. Agradeço particularmente às minhas amigas de jornada, Marcela Moraes, Jane Ribeiro e Gabriela De Paula. Vocês são preciosas para mim. Gostaria de agradecer especialmente às minhas amigas de curso Hallany Martins e Luana Lima. Vocês não imaginam o quanto foram importantes na minha trajetória na UnB. Sem vocês duas essa experiência seria quase insuportável.

Pela construção deste trabalho, agradeço principalmente à minha orientadora, a professora doutora Danielly Silva Ramos. Obrigada pela disposição, pelo incentivo, por cada comentário preciso e instrução cuidadosa. Gostaria de agradecer especialmente à doutoranda Laura Cristina Feindt Urrejola Silveira. Admiro sua excelência acadêmica e a forma carinhosa que você trata as pessoas. Vocês duas marcaram minha trajetória acadêmica. Sou muito grata por poder dizer que aprendi muito com vocês. Agradeço à professora doutora Ana Flávia Granja e Barros, cujas aulas foram tão enriquecedoras para mim neste último semestre.

De forma abrangente, agradeço a todos os professores e professoras que contribuíram para minha formação acadêmica e à Universidade de Brasília, por me proporcionar um ensino de qualidade.

RESUMO

O trabalho de conclusão de curso trata da relação triangular entre Estados Unidos, China e Taiwan na indústria de semicondutores a partir de 2019 até agosto de 2022. Esta pesquisa explicativa questiona, primeiramente, se e porquê Taiwan é uma peça-chave da rivalidade tecnológica entre Estados Unidos e China na indústria de semicondutores. Em segundo lugar, busca-se compreender como as dinâmicas de poder e de dependência dessa relação triangular se desenvolvem na cadeia de suprimentos dos semicondutores. Utiliza-se como ferramentas de análise da relação EUA-China-Taiwan a teoria da dependência de recursos, a perspectiva de dependência mútua e o conceito de assimetria de poder, elementos teóricos que visam explicar de que forma esses três países dependem e exercem poder uns sobre os outros na cadeia global de suprimentos de semicondutores. Além disso, o referencial teórico usa a definição de cadeias de suprimentos globais, os conceitos de conectografia, conectividade e de conectividade competitiva, desenvolvidos por Parag Khanna. Argumenta-se que Taiwan é uma peça-chave da rivalidade tecnológica entre Estados Unidos e China na indústria de semicondutores por dois motivos, a saber: 1) porque sua empresa *Taiwan Semiconductor Manufacturing Company* (TSMC) é fundamental para essa cadeia de suprimentos e 2) devido ao seu status geopolítico distinto – que faz com que essa província rebelde sofra disputa de influência das duas superpotências mundiais, gerando implicações para a empresa de semicondutores taiwanesa. O argumento relacionado à segunda pergunta de pesquisa é que existe uma dinâmica complexa de interdependência entre Estados Unidos, China e Taiwan na cadeia de suprimentos de semicondutores. Contudo, apesar dessa dependência mútua, essa relação triangular é marcada pela assimetria de poder, de forma que os Estados Unidos são o país dominante da indústria de semicondutores. Concluiu-se que os EUA usam seu poder coercitivo contra a China, tendo em vista a relação de baixa dependência mútua entre esses dois países na indústria de semicondutores. Por outro lado, os EUA buscam ativamente acomodar as preocupações de Taiwan para ter a ilha como aliada, dada a relação de alta dependência mútua entre esses dois países na indústria de semicondutores.

Palavras-chave: Estados Unidos. China. Taiwan. Relação triangular. Semicondutores. Cadeias de suprimentos globais.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	07
CAPÍTULO 1 – SEMICONDUTORES: A TECNOLOGIA-CHAVE DO MUNDO CONTEMPORÂNEO.....	13
1.1 A Revolução tecnológica global no início do século XXI: Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC)	13
1.2 Dinâmica e segmentos da indústria de semicondutores	15
CAPÍTULO 2 – TAIWAN SEMICONDUCTOR MANUFACTURING COMPANY (TSMC) TEVE QUE ESCOLHER ENTRE EUA E CHINA	17
2.1 Rivalidade tecnológica EUA-China.....	18
2.2 O status geopolítico distinto de Taiwan.....	20
CAPÍTULO 3 – RELAÇÃO EUA-CHINA-TAIWAN NA INDÚSTRIA DE SEMICONDUTORES.....	22
3.1 Participação dos Estados Unidos, da China e de Taiwan na indústria de semicondutores.....	22
3.2 (Inter)dependência e assimetria de poder entre EUA-China-Taiwan na cadeia de suprimentos de semicondutores.....	24
CONCLUSÃO.....	27

INTRODUÇÃO

Os semicondutores são insumos de alta tecnologia fundamentais para a produção de equipamentos eletrônicos, de tecnologias de informação e comunicação (TIC) e para a indústria bélica. Nesse sentido, vale ressaltar que dispositivos eletrônicos – como smartphones e computadores – são os bens finais de maior demanda mundial; que a superioridade tecnológica moderna de um país depende grandemente das TIC (MAJEROWICZ; MEDEIROS, 2018); e que a agenda de segurança é uma área sensível e de grande interesse nacional. Isto posto, é possível constatar a importância dos semicondutores para o sistema internacional e a dependência desse insumo para a conformação social contemporânea.

Entretanto, poucos países dominam essa tecnologia e poucas empresas são capazes de produzir semicondutores de alto desempenho. Isso acontece porque a indústria desses circuitos integrados (CI) é de altíssimo custo de produção; demanda grande *know-how* e capital humano; requer maquinário muito específico; e possui um rápido e constante processo de miniaturização do design e aumento do processamento dos semicondutores. Portanto, as características dessa dinâmica industrial dificultam fortemente a entrada de novas empresas e o *catch-up* de firmas retardatárias na produção de semicondutores, favorecendo sempre as empresas líderes que já estão pré-estabelecidas nessa indústria (DENG, B. L.; DENG, B. S., 2022).

No que se refere à origem dessa tecnologia, empresas americanas inventaram o transistor em 1947. Em 1958, o protótipo do CI foi criado pela *Texas Instruments* e, em 1961, a Fairchild produziu o primeiro CI para comercialização (MAJEROWICZ; MEDEIROS, 2018). Dessa forma, os Estados Unidos são os pioneiros da indústria de semicondutores e até a década de 1980 dominaram esse mercado global sem interferência de outros países. Em razão da característica de uso dual dos CI, isto é, utilizados tanto para o campo civil quanto para o militar, houve interesse explícito do Pentágono para desenvolver a indústria americana de semicondutores e liderar esse setor. Nesse sentido, entre as décadas de 1940 e 1950, o Departamento de Defesa, por meio da *Defense Advanced Research Projects Agency* (DARPA), financiou o desenvolvimento da tecnologia de semicondutores para uso militar junto a algumas universidades. No contexto da Guerra Fria, a partir da década de 1960, o Pentágono passou a oferecer contratos militares para firmas civis, medida que foi importante para o surgimento de empresas de semicondutores no Vale do Silício (DENG, B. L.; DENG, B. S., 2022).

A partir da década de 1980, mudanças estruturais significativas ocorreram no sistema produtivo da indústria de semicondutores. Devido a reformas institucionais neoliberais no sistema comercial e financeiro global, que favoreceram a mobilidade dos fatores de produção, várias firmas americanas passaram a reestruturar suas cadeias produtivas internacionalmente, por meio da fabricação *outsourcing* – terceirização da produção –, com o objetivo de reduzir o custo de produção e aumentar a competitividade global. Conseqüentemente, esse processo levou à segmentação produtiva da indústria de semicondutores, de forma que surgiram, em outros países, empresas especializadas em determinadas etapas da produção dessa tecnologia (DENG, B. L.; DENG, B. S., 2022).

Atualmente, a cadeia de produção da indústria de semicondutores é dividida em três etapas, que correspondem a três tipos diferentes de empresas especializadas. Primeiramente, existem as *fabless*, empresas dedicadas apenas ao *design*, pesquisa e desenvolvimento (P&D) e marketing dos semicondutores e que contratam de outras empresas o serviço de fabricação deste insumo (DENG, B. L.; DENG, B. S., 2022). Um exemplo de firma *fabless* é a americana Apple. Em segundo lugar, as *foundries* – como a empresa *Taiwan Semiconductor Manufacturing Company* (TSMC) – são empresas de fundição, isto é, focadas somente na manufatura dos semicondutores e dependentes da demanda das *fabless*. A terceira segmentação corresponde às firmas de *Outsourced Semiconductor Assembly and Test* (OSAT), ou seja, empresas responsáveis apenas pela montagem e teste dos semicondutores, a exemplo da chinesa JSET. Ademais, as empresas que internalizam esses três segmentos ainda são muito importantes nessa indústria. Essas firmas que abrangem todo o processo produtivo dos semicondutores são chamadas de *Integrated Device Manufacturers* (IDM), como a empresa americana Intel.

A partir do contexto apresentado, este trabalho de conclusão de curso se propõe a estudar a relação entre Estados Unidos, China¹ e Taiwan na indústria de semicondutores a partir de 2019 até agosto de 2022, sendo que a escolha deste recorte temporal será explicada em um parágrafo posterior. De forma mais específica, será estudada a rivalidade tecnológica entre as duas superpotências (ALLISON et. al; 2021) e quais as implicações para Taiwan, considerando a influência e a interação das principais empresas desses três países na cadeia global de suprimentos de semicondutores.

A seleção desses países para a pesquisa deve-se à importância de cada um deles na indústria de semicondutores. Os Estados Unidos são, evidentemente, o país líder global no

¹ Neste trabalho, o nome “China” será usado para referir-se apenas à China Continental. Portanto, faz-se distinção entre “China” e a ilha de Taiwan.

setor de semicondutores, tendo em vista que suas empresas – a exemplo da Intel, Texas Instruments, Qualcomm, Apple, Nvidia, etc. – respondem consistentemente por 45% a 50% do total de vendas mundiais (GOODRICH et. al; 2020). Quanto a Taiwan, sua empresa TSMC domina o segmento da manufatura dos semicondutores (*foundry*), tendo respondido por 54% da receita global dessa etapa da cadeia de suprimentos em 2020 (TRENDFORCE, 2021). No que diz respeito à China, o país é um grande produtor de bens finais eletrônicos de TIC e o maior importador de circuitos integrados (MAJEROWICZ; MEDEIROS, 2018). A China também se destaca por seu avanço na indústria de semicondutores, tendo registrado uma taxa de crescimento anual sem precedentes de 30,6% e conquistado 9% do mercado global de semicondutores em 2020 (SIA, 2022). Além disso, a China possui a maior participação global na maioria das matérias-primas necessárias para a produção dos semicondutores (KHAN; MANN; PETERSON, 2021).

Argumenta-se ainda que a relação entre esses três atores ocasiona dinâmicas de poder e de dependência que são essenciais para a cadeia global de suprimentos de semicondutores. Ademais, Taiwan foi escolhida como objeto de estudo não apenas por ser fundamental no processo de produção de semicondutores, mas também por possuir um status geopolítico distinto que o torna vulnerável e também uma peça-chave na disputa de influência das superpotências.

Para estabelecer o recorte temporal deste trabalho, levou-se em consideração o contexto da revolução tecnológica global no início do século XXI, que marca a relevância das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) no mundo. A delimitação temporal da pesquisa é a partir de 2019 até os dias atuais. Mais especificamente, o marco inicial destaca o cenário de rivalidade tecnológica entre Estados Unidos e China no setor de semicondutores, devido às sanções econômicas americanas contra as empresas chinesas Huawei e SMIC (*Semiconductor Manufacturing International Corporation*). Enquanto que o marco final corresponde a agosto de 2022, até quando será possível acompanhar as atualizações do fenômeno de estudo, no quadro da presente monografia.

A presente pesquisa se justifica por tratar de um tema altamente relevante, que é entendido como fundamental na agenda de política externa dos Estados Unidos, da China e de Taiwan. Além disso, é importante estudar semicondutores porque essa tecnologia é uma peça-chave para empresas de informação e comunicação, que são centrais para a economia internacional. Ainda, interessa analisar a indústria de semicondutores pois ela é razão para disputa entre os dois principais países do sistema internacional. Portanto, este trabalho

contribui com o tema em questão pois reúne dados recentes, atualiza a pesquisa e análises existentes e faz uma síntese crítica sobre o assunto.

Isto posto, este trabalho de conclusão de curso intenciona responder às perguntas: “Por que Taiwan é uma peça-chave da rivalidade tecnológica entre Estados Unidos e China na indústria de semicondutores?” e “Como as dinâmicas de poder e de dependência dessa relação triangular se desenvolvem na cadeia de suprimentos dos semicondutores?”

A partir das perguntas propostas, o objetivo central deste trabalho é analisar a relação triangular entre Estados Unidos, China e Taiwan na indústria de semicondutores e compreender o lugar de Taiwan na rivalidade tecnológica das duas superpotências. Como objetivos específicos, intenciona-se 1) apresentar a participação da TSMC na produção e no comércio de semicondutores, 2) verificar a importância dos EUA e da China para as vendas da TSMC, em especial das empresas Apple e Huawei, 3) explorar o debate existente de como o status de província rebelde de Taiwan influencia essa relação triangular e 4) analisar – a partir de dados de exportação/importação, de receita global e de porcentagem de vendas – de que forma EUA, China e Taiwan dependem e exercem poder uns sobre os outros na cadeia global de suprimentos de semicondutores.

A hipótese central do trabalho, relacionada à primeira pergunta de pesquisa, é que Taiwan é uma peça-chave da rivalidade tecnológica entre Estados Unidos e China na indústria de semicondutores. Isto ocorre por dois motivos, a saber: 1) porque sua empresa TSMC é fundamental para essa cadeia de suprimentos e 2) devido ao seu status geopolítico distinto – que faz com que essa província rebelde sofra disputa de influência das duas superpotências mundiais, gerando implicações para a empresa de semicondutores taiwanesa.

A hipótese secundária de pesquisa, relacionada à segunda pergunta, é de que existe uma dinâmica complexa de interdependência entre Estados Unidos, China e Taiwan na cadeia de suprimentos de semicondutores. Contudo, apesar dessa dependência mútua, acredita-se que essa relação triangular é marcada pela assimetria de poder, de forma que os Estados Unidos são o país dominante da indústria de semicondutores. Assim sendo, argumenta-se que os EUA usam seu poder coercitivo contra a China, tendo em vista a relação de baixa dependência mútua entre esses dois países na indústria de semicondutores. Por outro lado, pressupõe-se que os EUA buscam ativamente acomodar as preocupações de Taiwan para ter a ilha como aliada, dada a relação de alta dependência mútua entre esses dois países na indústria de semicondutores.

Tendo em vista o objetivo de explicar a razão do fenômeno estudado, esta monografia é uma pesquisa explicativa, pois busca fazer uma análise documental e uma

interpretação do tema para identificar as causas. Este trabalho foi feito com base na consulta de fontes primárias e secundárias e utilizou uma abordagem qualitativa, além de valer-se de gráficos e dados numéricos como ferramenta metodológica complementar. A coleta de dados foi realizada, sobretudo, a partir do acesso aos seguintes documentos: boletim informativo *The Semiconductor Supply Chain: Assessing National Competitiveness* (2021), do *Center for Security and Emerging Technology* (CSET); *Government Incentives and US Competitiveness in Semiconductor Manufacturing* (2020), da *Semiconductor Industry Association* (SIA). Essas plataformas foram utilizadas pois são adequadas e confiáveis para este trabalho, levando-se em consideração que o CSET é uma importante organização da Georgetown University's Walsh School of Foreign Service que produz pesquisas orientadas por dados e análises apartidárias. Enquanto que a SIA é uma fonte importante pois representa a voz da indústria de semicondutores dos Estados Unidos.

Referencial Teórico

A dinâmica e a segmentação da produção de semicondutores trazem à tona dois importantes elementos ordenadores do mundo contemporâneo: as cadeias de suprimentos globais, ou *global supply chains*, e a conectografia. De acordo com Parag Khanna (2016), “cadeias de suprimentos” (*supply chains*) são definidas como sistemas de organizações, pessoas, atividades de tecnologia, informações e recursos que estão envolvidos na movimentação de produtos e serviços dos produtores para os clientes” (2016, p. 39, tradução nossa). Segundo Khanna (2016), “conectografia” é a conexão da geografia, ou seja, está relacionada à construção de infraestrutura de transporte, energia e comunicação capaz de conectar todos os continentes (KHANNA, 2016, p. 12). Assim, a conectografia funciona como uma lente para visualizar as cadeias de suprimentos globais, já que estas são um sistema de transações no qual seus participantes e suas infraestruturas conectam a oferta à demanda em diferentes lugares do mundo, ultrapassando as fronteiras nacionais. Ainda, a conectividade é uma parte do que Khanna (2016) propõe como “conectografia”, e está relacionada com a integração entre os ecossistemas das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC).

Entretanto, apesar da conectividade possuir um caráter de interdependência, os Estados podem competir por ela. Nesse sentido, este trabalho utiliza o conceito de conectividade competitiva (KHANNA, 2016) para introduzir a rivalidade tecnológica entre Estados Unidos e China na cadeia de suprimentos global de semicondutores.

Ademais, o referencial teórico desta pesquisa inclui a teoria da dependência de recursos e abrange conceitos como assimetria de poder e dependência mútua (KETCHEN; REIMANN, 2017). Segundo a teoria da dependência de recursos, para operarem eficientemente e serem competitivas, as empresas precisam ter acesso a alguns recursos que não estão sob seu controle direto, e por isso necessitam ser adquiridos no mercado. Se uma empresa controla os recursos dos quais outra empresa precisa, a primeira possui poder (KETCHEN; REIMANN, 2017). A assimetria de poder decorre das empresas de um país precisarem mais dos recursos das empresas de outro país do que o contrário, seja porque o recurso demandado é especialmente importante ou porque é difícil encontrar fontes alternativas (KETCHEN; REIMANN, 2017).

A perspectiva da dependência mútua amplia os princípios da teoria da dependência de recursos. Essa abordagem propõe que, apesar da assimetria de poder, se a parte mais fraca ainda tem algum poder sobre a parte mais forte, a parte mais poderosa tem algo a perder se o relacionamento terminar (KETCHEN; REIMANN, 2017). Logo, em relacionamentos com alta dependência mútua, a parte mais forte estaria menos inclinada a usar seu poder agressivamente, de forma a evitar que a relação se deteriorasse. Por outro lado, em uma relação de baixa dependência mútua a parte mais forte tem pouco a perder se decidir usar seu poder de forma coercitiva contra a parte mais fraca.

Portanto, os elementos teóricos acima são utilizados como ferramentas de análise da relação EUA-China-Taiwan e ajudam a explicar de que forma esses três países dependem e exercem poder uns sobre os outros na cadeia global de suprimentos de semicondutores.

Partes do Trabalho

O presente trabalho de conclusão de curso foi estruturado em três capítulos, sendo que o primeiro apresenta a conjuntura na qual os semicondutores emergem como uma tecnologia-chave da revolução tecnológica global no início do século XXI e explica o funcionamento da cadeia produtiva dos semicondutores. O segundo capítulo trata da rivalidade tecnológica entre Estados Unidos e China na indústria de semicondutores, analisa a importância da *Taiwan Semiconductor Manufacturing Company* (TSMC) na rivalidade das duas superpotências e discute como o status geopolítico distinto de Taiwan pode afetar a indústria dessa empresa taiwanesa.

Em seguida, o último capítulo apresenta um panorama da participação dos Estados Unidos, da China e de Taiwan na indústria de semicondutores e, utilizando a teoria da

dependência de recursos e os conceitos de dependência mútua e assimetria de poder, desenvolve uma análise sobre a relação EUA-China-Taiwan na cadeia de suprimentos de semicondutores. Por fim, a conclusão faz um balanço dos objetivos alcançados e das hipóteses confirmadas ao longo do trabalho, além de sugerir caminhos para futuras pesquisas sobre o tema estudado.

CAPÍTULO 1 - SEMICONDUTORES: A TECNOLOGIA-CHAVE DO MUNDO CONTEMPORÂNEO

A primeira parte deste trabalho apresenta o contexto a partir do qual os semicondutores surgem como uma tecnologia-chave da revolução tecnológica global no início do século XXI. Em seguida, explica a cadeia de produção dos semicondutores por meio da aplicação dos modelos de negócio e da segmentação envolvidos nesse processo.

1.1 A Revolução tecnológica global no início do século XXI e as Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC)

Segundo o economista Klaus Schwab (2016), fundador do Fórum Econômico Mundial, a humanidade está vivendo uma nova revolução tecnológica global desde o início do século XXI. Essa mudança abrupta e radical equivale à quarta revolução industrial, também chamada de Indústria 4.0. As revoluções industriais são entendidas como períodos nos quais novas tecnologias mudam a forma como a humanidade vive, trabalha e se relaciona. Assim sendo, a primeira revolução industrial ocorreu por volta de 1760, tendo se estendido até 1840, aproximadamente, e foi desencadeada pela invenção da máquina a vapor e pela construção de ferrovias (SCHWAB, 2016). A segunda revolução industrial teve início no final do século XIX e começo do século seguinte, e marcou o surgimento da eletricidade e da linha de montagem, que possibilitaram a produção em massa (SCHWAB, 2016).

A terceira revolução industrial começou na década de 1960 e ficou conhecida como a revolução digital, tendo em vista que foi fomentada pelo desenvolvimento de semicondutores, da computação e da internet (SCHWAB, 2016). É nessa conjuntura que as Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) começam a adquirir importância cada vez maior. Na década de 1970 o advento dos chips microprocessados possibilitou o surgimento da primeira geração de sistemas de telecomunicações sem fio (1G). Essa primeira geração era analógica, e foi a partir da segunda geração (2G), estabelecida nas décadas de 1980 e 1990, que as redes móveis

se tornaram digitais. No 1G era possível fazer transmissão de voz, e o 2G passou a viabilizar mensagens de texto e o uso de aplicativos (MAJEROWICZ, 2021).

Assim sendo, cabe ressaltar que nas décadas de 1970 e 1980 a difusão da digitalização ficou restrita principalmente ao uso de computadores e redes do setor militar, de instituições de pesquisa, do setor público, de agências internacionais e de empresas (MAJEROWICZ, 2021). Apenas a partir de 1990 que ocorreu a expansão significativa da Internet, quando a digitalização e o acesso à Internet ganharam força entre os consumidores em geral. Nesse contexto, nos anos 2000 implementou-se o 3G, geração que proporcionou a navegação em domínios da internet e a utilização de aplicativos multimídia, mas ainda com pouca capacidade de suporte de vídeos. Portanto, as décadas de 1990 e 2000 marcam a primeira onda de modernização, que foi baseada em TIC como computadores e smartphones (MAJEROWICZ, 2021).

Tendo feito um breve panorama das revoluções anteriores que aconteceram no decorrer da história, a nova revolução tecnológica global do início do século XXI, ou quarta revolução industrial, “caracteriza-se por uma internet muito mais onipresente e móvel, por sensores menores e mais poderosos que se tornaram mais baratos, e por inteligência artificial e aprendizado de máquina” (SCHWAB, 2016, p. 12). Isto posto, o 4G, implementado na década de 2010, estabeleceu a banda larga móvel como o principal método de acesso à Internet, processo que foi sustentado pela rápida disseminação em massa dos smartphones. Majerowicz (2021, p. 6), coloca que:

Na década de 2010, estes processos conduziram a vários desenvolvimentos substanciais – nomeadamente, o processo de plataformação da economia e da sociabilidade; o surgimento de Big Data e das redes neurais profundas; o início da digitalização e rede de objetos em geral – especialmente câmeras de vigilância e a implantação generalizada de sensores urbanos e residenciais –; e o aprofundamento da difusão nos processos de produção fabril.

Vale destacar que tais desenvolvimentos marcaram o começo de uma segunda onda de modernização fundamentada nas TIC.

Nesse contexto, o 5G é desenvolvido para ser a infraestrutura de telecomunicação global capaz de possibilitar o avanço da segunda onda de modernização. Dessa forma, a quinta geração foi concebida para suportar grandes quantidades de dispositivos e sistemas industriais – em uma escala que o 4G não consegue – e assim impulsionar o processo de digitalização da economia e da sociedade.

Desse modo, a quarta revolução industrial abrange avanços tecnológicos tais como inteligência artificial (IA), robótica, internet das coisas (IoT), veículos autônomos, impressão

3D, nanotecnologia, sequenciamento de genes, energias renováveis e computação quântica. Portanto, a fusão dessas tecnologias nos domínios físico, digital e biológico torna essa nova revolução essencialmente diferente das revoluções anteriores. Nesse sentido, Schwab (2016) enfatiza que entender e moldar essa nova revolução tecnológica é o desafio mais importante e intenso que o mundo tem atualmente, visto que esse processo envolve a transformação da humanidade em complexidade e proporções nunca experimentadas antes.

1.2 Segmentos e dinâmica da cadeia produtiva de semicondutores

As tecnologias de informação e comunicação (TIC) são fundamentais no processo de revolução tecnológica global do início do século XXI. Nesse contexto, os semicondutores se destacam como insumo base fundamental para o desenvolvimento de todos esses avanços tecnológicos. A cadeia de produção dos semicondutores pode ser compreendida por meio de sua segmentação em três principais etapas, que são desempenhadas por diferentes modelos de negócio. O primeiro segmento corresponde às firmas *fabless*, isto é, firmas dedicadas apenas ao design, pesquisa e desenvolvimento (P&D) e marketing dos semicondutores. Essa etapa da produção é a de maior valor adicionado, e está concentrada nos países avançados (DENG, B. L.; DENG, B. S., 2022).

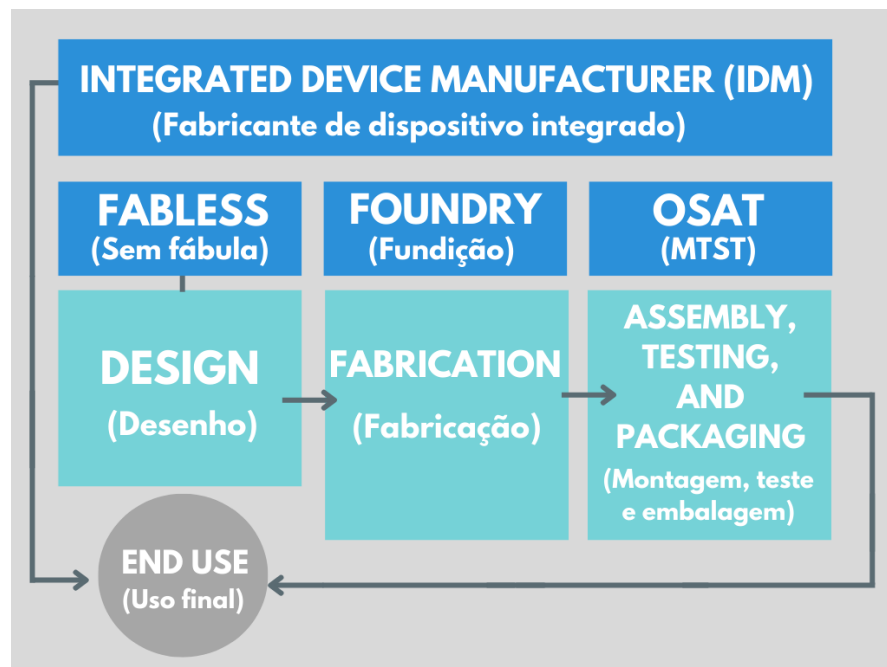
O segundo segmento produtivo dos circuitos integrados (CI) equivale às *foundries*, ou seja, firmas de fundição especializadas apenas na manufatura terceirizada de semicondutores, dependentes da demanda das *fabless* (DENG, B. L.; DENG, B. S., 2022). Essa etapa de fabricação é caracterizada pelo uso intenso de maquinário, alto requisito de capital, operações de altíssima complexidade e avanços constantes das instalações (MAJEROWICZ; MEDEIROS, 2018). É importante notar que essa divisão da produção – marcada pela terceirização da fabricação – promoveu uma relação mutuamente benéfica entre essas firmas. Isto é, as *fabless* puderam reduzir os custos e riscos provenientes do processo de manufatura e focar nos segmentos de maior valor adicionado. Por outro lado, as *foundries* respondem à demanda de vários clientes *fabless* simultaneamente e conseguem alcançar economias de escala e aprendizado (DENG, B. L.; DENG, B. S., 2022).

Por último, a terceira etapa de produção dos semicondutores compreende as firmas de *Outsourced Semiconductor Assembly and Test* (OSAT), ou seja, empresas responsáveis apenas pela montagem e teste dos semicondutores. Esse é o segmento produtivo de menor intensidade de capital e tecnologia (DENG, B. L.; DENG, B. S., 2022). Vale ressaltar que,

apesar desse processo de segmentação da cadeia produtiva ter sido transformador para a indústria de semicondutores, ainda existem as empresas que internalizam esses três segmentos. Essas firmas que abrangem todo o processo produtivo dos semicondutores são chamadas de *Integrated Device Manufacturers* (IDM), e são altamente relevantes na indústria de CI.

Em síntese, a produção de semicondutores compreende três etapas principais: 1) design, 2) fabricação, 3) montagem, teste e embalagem. Entretanto, na realidade esse é um processo técnico altamente complexo. Portanto, a figura 1, logo abaixo, faz uma simplificação dessa cadeia produtiva.

Figura 1 - Cadeia produtiva de semicondutores²



Fonte: elaboração própria a partir de KHAN; MANN; PETERSON, 2021.

A figura mostra que as etapas de produção dos semicondutores podem acontecer em uma única firma com modelo de negócio IDM – que ao final da produção também vende o chip –, ou em firmas separadas. Quando segmentada, a produção dos semicondutores começa nas *fabless*, firmas que fazem o design dos semicondutores (primeira etapa). Em seguida, as *fabless* terceirizam o serviço de fabricação de uma *foundry*. Após essa segunda etapa, as empresas *fabless* contratam o serviço de montagem, teste e embalagem de uma OSAT

² Retângulos na cor azul: modelos de negócio para produção. Retângulos na cor verde-água: segmentos da cadeia de suprimentos. OSAT é a sigla em inglês para *Outsourced Semiconductor Assembly and Test*, que corresponde às firmas especializadas em montagem e teste de semicondutores terceirizados, equivalente à sigla MTST em português.

(terceira etapa). Por fim, as *fables* chegam ao uso final da produção, ou seja, a distribuição dos semicondutores para a incorporação em seus produtos finais – como smartphones; equipamentos de comunicação; automóveis; entre muitos outros (KHAN; MANN; PETERSON, 2021).

Isto posto, observa-se que a dinâmica e a segmentação da produção de semicondutores trazem à tona dois importantes elementos ordenadores do mundo contemporâneo: as cadeias de suprimentos globais, ou *global supply chains*, e a conectografia. Segundo Parag Khanna, “cadeias de suprimentos são os sistemas de organizações, pessoas, atividades de tecnologia, informações e recursos envolvidos na movimentação de produtos e serviços dos produtores aos clientes” (2016, p. 39, tradução nossa). Notadamente, a cadeia de suprimentos de semicondutores corresponde a meio trilhão de dólares (KHAN; MANN; PETERSON, 2021) e é uma das mais complexas do mundo. A produção de um único chip de computador, por exemplo, requer normalmente mais de 1.000 etapas, nas quais passam-se 70 vezes ou mais pelas fronteiras internacionais até chegar ao cliente final (ALAM et al., 2020).

Quanto à conectografia, este conceito desenvolvido por Khanna (2016) é entendido como o novo paradigma da organização global. A conectografia expressa o desenvolvimento de um mundo que funciona além dos Estados e que, por meio de corredores conectivos, representa uma civilização de rede global. Segundo Khanna (2016), conectografia é a conexão da geografia, ou seja, está relacionada à construção de infraestrutura de transporte, energia e comunicação capaz de conectar todos os continentes (KHANNA, 2016, p. 12). Desse modo, as cadeias de suprimentos globais podem ser vistas pelas lentes da conectografia, pois essas cadeias são um sistema de transações no qual seus participantes e suas infraestruturas conectam a oferta à demanda em diferentes lugares do mundo, ultrapassando as fronteiras nacionais. Ainda, dentro do termo “conectografia” encontra-se o conceito de conectividade, que está relacionado com a integração entre os ecossistemas das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC), objeto de estudo desta pesquisa.

Nesse sentido, observa-se que apesar da conectividade possuir um caráter de interdependência, os Estados – notadamente as superpotências – podem competir pela conectividade. Segundo Khanna (2016), a conectividade competitiva é a corrida armamentista do século XXI e, nesse contexto, “as cadeias de suprimentos serão uma fonte de poder mais importante que o poderio militar” (KHANNA, 2016, p. 23, tradução nossa). Isto posto, a cadeia de suprimentos global de semicondutores, especialmente, evidencia a conectividade competitiva entre as duas superpotências mundiais: Estados Unidos e China.

CAPÍTULO 2 - *TAIWAN SEMICONDUCTOR MANUFACTURING COMPANY* (TSMC) TEVE QUE ESCOLHER ENTRE EUA E CHINA

Segundo Khanna (2016), na época atual não é preciso escolher entre um mundo marcado pela competição de grandes potências, um mundo de interdependência globalizada, ou um mundo de redes privadas poderosas, já que as três características se fazem presentes ao mesmo tempo no plano internacional. Observa-se que o sistema da cadeia de suprimento global substituiu qualquer potência em particular como âncora da civilização global. Assim, nem os Estados Unidos nem a China são capazes de sustentar sozinhos essa nova ordem (KHANNA, 2016). Entretanto, essas duas superpotências competem pela cadeia de suprimentos global em uma corrida para se conectarem aos suprimentos de matérias-primas e de alta tecnologia e aos mercados mais importantes do mundo (KHANNA, 2016). Afinal, segundo Parag Khanna (2016), “quem governa a cadeia de suprimentos governa o mundo” (Ibid, p. 35), em especial a cadeia de suprimentos de semicondutores.

Isto posto, o presente capítulo trata da rivalidade tecnológica entre Estados Unidos e China na indústria de semicondutores. Em seguida, analisa a importância da empresa taiwanesa TSMC na rivalidade das duas superpotências e discute como o status geopolítico distinto de Taiwan pode afetar a indústria de sua principal empresa de semicondutores.

2.1 Rivalidade tecnológica EUA-China

Nos últimos anos, a China tem tido uma rápida ascensão em direção ao posto de superpotência mundial, chegando a desafiar os Estados Unidos no âmbito tecnológico. Bill Burns, diretor da Agência Central de Inteligência (CIA), destacou a rivalidade tecnológica como a principal arena de competição e rivalidade dos Estados Unidos com a China (NPR, 2021). Ainda, o presidente Xi Jinping declarou que a inovação tecnológica se tornou o principal campo de batalha do jogo global, e que a competição pelo domínio tecnológico iria se acirrar de forma sem precedentes (XINHUANET, 2021).

Nessa conjuntura, evidencia-se que a China tomou o lugar dos EUA como o maior fabricante de alta tecnologia do mundo (RICHTER, 2020), tendo produzido 250 milhões de computadores, 25 milhões de automóveis e 1,5 bilhão de smartphones em 2020 (RICHTER, 2020; GOH; SUN, 2020). Além de se tornar uma potência manufatureira, a China é uma séria concorrente nas tecnologias fundamentais do século XXI, tais como: inteligência artificial; 5G; ciência da informação quântica; biotecnologia; energia verde; e semicondutores (ALLISON et. al; 2021). Analisando o crescimento tecnológico chinês, percebe-se que suas

maiores potencialidades de desenvolvimento estão nas camadas relacionadas a serviços inteligentes, Inteligência Artificial e Big Data. A China se destaca nesses setores pois se beneficia do seu enorme mercado doméstico protegido, do acesso a um volume massivo de dados e do seu grande poder de coordenação política para implementar tecnologias em cidades inteligentes (DIEGUES; ROSELINO, 2021).

Em contrapartida, o ponto fraco chinês é a ausência de uma tecnologia dos semicondutores própria (DIEGUES; ROSELINO, 2021). Levando em conta essa fragilidade, em 2015 o governo Chinês lançou o plano “*Made in China 2015*”, ambicionando produzir domesticamente 70% da sua demanda por semicondutores (LAU, 2022) e, conseqüentemente, diminuir sua dependência tecnológica estrangeira nesse setor. Em vista disso, somente em 2020 as empresas chinesas de semicondutores receberam 227,6 bilhões de yuans (US\$ 33,7 bilhões) em investimentos (TECHNODE apud LAU, 2022). Entretanto, o desenvolvimento da indústria chinesa de semicondutores tem sido bastante restrito, pois, além de sua inserção tardia nesse setor, a China tem sofrido forte oposição dos Estados Unidos (DIEGUES; ROSELINO, 2021).

Atualmente a indústria de semicondutores é o ponto central da rivalidade tecnológica entre as duas superpotências mundiais. Dessa forma, os Estados Unidos vêm tomando medidas para sustentar sua posição de liderança na indústria de semicondutores. Em agosto de 2022, o presidente Biden assinou o *CHIPS and Science Act*, legislação histórica que fornece US\$ 52 bilhões para subsidiar a fabricação de semicondutores nos EUA, provê financiamento adicional destinado à pesquisa e desenvolvimento de tecnologias emergentes e visa melhorar a competitividade com a China nesse setor (KHARPAL, 2022; WHITE HOUSE, 2022). Além disso, os Estados Unidos vêm buscando convencer empresas estrangeiras de semicondutores a se estabelecerem em seu território, e têm procurado fortalecer suas parcerias nessa indústria com os aliados na Ásia – como Japão e Coreia do Sul –, visando garantir o fornecimento dos componentes cruciais e manter a liderança sobre a China (KHARPAL, 2022).

Notadamente, os EUA também tomaram atitudes para limitar o acesso da China a essa tecnologia-chave. Em maio de 2019, o presidente Trump assinou a ordem executiva “*Securing the Information and Communications Technology and Services Supply Chain*”, que proíbe transações que envolvam tecnologia ou serviços de informação e comunicação projetados, desenvolvidos, fabricados ou fornecidos por pessoas de propriedade, controladas ou sujeitas à jurisdição ou direção de um adversário estrangeiro, sempre que o secretário de comércio determinar que uma transação representa uma ameaça à segurança nacional (KEANE; REICHERT 2019; FEDERAL REGISTER, 2019). Portanto, essa ordem de

segurança nacional banuiu efetivamente a Huawei do mercado americano, pois proibiu que os equipamentos e serviços da empresa chinesa – considerada uma ameaça devido a sua suposta ligação com o governo chinês – fossem utilizados nos EUA e impediu que empresas americanas fizessem negócios com a Huawei.

Em 2020, Washington estabeleceu uma regra exigindo que os fabricantes estrangeiros que utilizam equipamentos americanos para a fabricação de semicondutores obtenham uma licença antes de venderem os semicondutores para a Huawei. Com essa medida, a TSMC foi impedida de fornecer seus semicondutores para a empresa chinesa (KHARPAL, 2022). Nesse mesmo ano, a *Semiconductor Manufacturing International Corporation* (SMIC), maior fabricante de CI da China, foi colocada pelo governo americano na Lista de Entidades. Essa designação limita a capacidade da SMIC de adquirir tecnologias-chave dos EUA, exigindo que os exportadores dessas tecnologias no país solicitem uma licença para poderem vender para a empresa (FEDERAL REGISTER, 2020).

2.2 TSMC na rivalidade tecnológica EUA-China e o status geopolítico distinto de Taiwan

Tendo em vista a rivalidade tecnológica entre China e EUA na indústria de semicondutores, inicialmente a TSMC evitou tomar partido entre as duas superpotências, dada a importância desses países para seus negócios (LAU, 2022). Entretanto, devido ao seu papel de fornecedor crítico nessa cadeia de suprimentos, a TSMC se encontra no meio dessa rivalidade. Assim sendo, as sanções que Washington impôs à Huawei surtiram efeito direto na empresa taiwanesa, fazendo com que a TSMC tivesse que abandonar sua postura de neutralidade e deixasse de exportar semicondutores para a empresa chinesa. A empresa taiwanesa não teve muita opção, já que a maioria dos seus clientes – 62% segundo seu relatório anual de 2020 – são dos Estados Unidos, provenientes de empresas como Apple, Nvidia e Qualcomm, e apenas 17% das vendas naquele ano foram para a China, incluindo a Huawei (ORGAZ, 2021). Ademais, a TSMC depende de empresas americanas – como a Applied Materials, Lam Research e KLA – que fabricam as máquinas que produzem os CI. Assim, a empresa taiwanesa não pode se opor aos EUA, do contrário, poderia ser proibida de acessar essa tecnologia (ORGAZ, 2021).

Além disso, o fato da TSMC estar construindo uma fábrica de US\$ 12 bilhões no Arizona para fabricar semicondutores altamente avançados (KHARPAL, 2022) pode ser entendido como um sinal de qual lado o país está nessa rivalidade das superpotências, já que

as duas fábricas de semicondutores da TSMC na China produzem apenas CI menos sofisticados (KHARPAL, 2022).

A recente viagem³ da presidente da Câmara dos EUA a Taiwan demonstrou o papel crítico da empresa TSMC para a cadeia global de fornecimento de semicondutores. Nancy Pelosi se reuniu com o presidente da TSMC, Mark Liu, evidenciando como a empresa taiwanesa, maior fabricante de semicondutores do mundo, é uma peça-chave da rivalidade tecnológica entre EUA e China (KHARPAL, 2022).

Com essa controversa viagem, Pelosi tornou-se a autoridade americana de mais alto escalão a visitar Taiwan em 25 anos (LAU, 2022). Esse é um evento marcante, pois destaca a importância de Taiwan para as duas superpotências e revela como o “status diplomático não resolvido” de Taiwan é uma “fonte de intensa incerteza geopolítica” (KHARPAL, 2022). Em reunião com a presidente de Taiwan, Tsai Ing-wen, Pelosi prometeu que os EUA iriam proteger o autogoverno democrático de Taiwan (LAU, 2022).

Por isso, a visita da autoridade dos EUA irritou profundamente o governo chinês, que considerou a ação americana como interferência em seus assuntos internos. A China vê Taiwan como uma província rebelde, que deve ser reunificada com o continente. A lei anti secessão chinesa, aprovada em 2005, prevê o direito a recorrer a “medidas não pacíficas” contra Taiwan caso a ilha tente declarar independência (ORGAZ, 2021). Assim, Pequim denunciou a viagem de Pelosi como “extremamente perigosa” para a estabilidade geopolítica e, após a visita, realizou os maiores exercícios militares já feitos perto de Taiwan (LAU, 2022).

Existe uma preocupação de que qualquer tipo de invasão de Taiwan pela China possa afetar profundamente a estrutura de poder da indústria de semicondutores, dando a Pequim o controle dessa tecnologia. Além disso, há o temor de que uma invasão possa impedir o fornecimento de CI para o resto do mundo (KHARPAL, 2022). Segundo Abishur Prakash, especialista em geopolítica e tecnologia, provavelmente os chineses “nacionalizariam” a TSMC, integrando a empresa à indústria de semicondutores chinesa (KHARPAL, 2022). Entretanto, em entrevista à CNN, Mark Liu, CEO da TSMC, disse que uma invasão de Taiwan tornaria a *foundry* inoperante, e que ninguém pode controlar a TSMC pela força (KHARPAL, 2022). Evidencia-se que, além de ser fundamental para a economia de Taiwan, a indústria de semicondutores tem um papel crítico para a sua segurança, pois eleva a importância estratégica da ilha para outros países, sobretudo para os Estados Unidos.

³ A viagem da presidente da Câmara dos EUA, Nancy Pelosi, à Taiwan aconteceu no dia 02 de agosto de 2022.

Portanto, a reunião de Mark Liu com Nancy Pelosi com certeza não foi vista por Pequim como uma postura de neutralidade da TSMC, tendo sinalizado uma disposição da empresa de ficar do lado de Washington nessa rivalidade tecnológica. Contudo, em sua entrevista à CNN, Liu observou que a TSMC e a China ainda dependem uma da outra (LAU, 2022). Logo, percebe-se que o status geopolítico distinto de Taiwan o torna uma peça-chave na disputa de influência das superpotências e afeta sua empresa TSMC, que é constrangida a escolher um dos lados, sendo que os mercados e fornecimentos dos EUA e da China são importantes para sua indústria de semicondutores.

CAPÍTULO 3 - RELAÇÃO EUA-CHINA-TAIWAN NA INDÚSTRIA DE SEMICONDUTORES

O terceiro capítulo apresenta um panorama da participação dos Estados Unidos, da China e de Taiwan na indústria de semicondutores, evidenciando suas principais empresas: Apple, Huawei e TSMC, respectivamente. Em seguida, este último capítulo elabora uma análise sobre a relação EUA-China-Taiwan na cadeia de suprimentos de semicondutores. Utilizam-se ferramentas teóricas para explicar o poder nas relações da cadeia de suprimentos global, como a teoria da dependência de recursos e os conceitos de dependência mútua e assimetria de poder.

3.1 Participação dos Estados Unidos, da China e de Taiwan na indústria de semicondutores

Os Estados Unidos são, claramente, os líderes globais em semicondutores, dado que a indústria de semicondutores dos Estados Unidos contribui com 39% do valor total da cadeia de suprimentos global dessa tecnologia, enquanto a China contribui com apenas 6% (KHAN; MANN; PETERSON, 2021). Considerando a segmentação da produção dos semicondutores, os EUA lideram a etapa do design, respondendo por mais de 80% dos equipamentos de design de chips do mundo e por mais de 50% da propriedade intelectual para designs de chips, além de dominarem cerca de metade do total mundial de equipamentos de fabricação de semicondutores, segundo o Boston Consulting Group (LAU, 2022).

Embora os EUA ainda tenham a liderança no design e nos equipamentos de fabricação dos semicondutores, sua participação na fabricação dos CI caiu de 37% em 1990 para 12% em 2021 (KHAN; MANN; PETERSON, 2021). Além disso, atualmente apenas

44% dos semicondutores projetados nos EUA são fabricados internamente, e tanto a Intel quanto a GlobalFoundries – importantes empresas americanas – estão muito atrás na fabricação de chips de próxima geração, deixando 90% da fabricação mais avançada para a *Taiwan Semiconductor Manufacturing Company* - TSMC (ALLISON et. al; 2021).

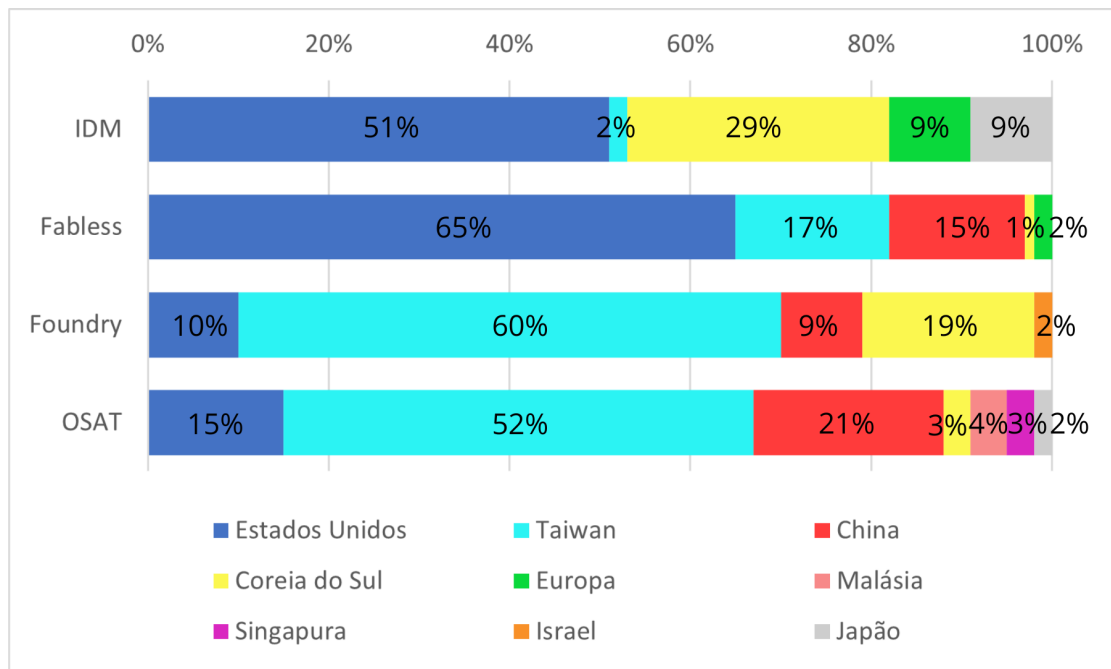
A China – segunda maior economia do mundo e centro manufatureiro mundial de bens finais das TIC – é a maior importadora mundial de semicondutores, respondendo por 60% da demanda global por CI (U.S. CHAMBER OF COMMERCE, 2021). Dessa forma, a crescente demanda doméstica chinesa forneceu incentivos de mercado e de segurança nacional para o país investir na indústria de semicondutores. Como resultado, a participação da China na capacidade global de fabricação de semicondutores aumentou de menos de 1% em 1990 para 15% em 2021, ultrapassando a dos EUA (ALLISON et. al; 2021). Contudo, a China ainda depende de importações estrangeiras para atender 85% da sua demanda doméstica por semicondutores (ALLISON et. al; 2021), e sua indústria nacional permanece anos atrás da vanguarda tecnológica dos semicondutores.

Taiwan domina o segmento de fabricação dos semicondutores, respondendo por 64% dessa receita global (TRENDFORCE, 2021). Em 2020, a TSMC sozinha respondeu por 54% da receita global de fundição (TRENDFORCE, 2021). Para os semicondutores mais avançados, com menos de 10 nanômetros, Taiwan atende 92% da produção mundial (GOODRICH et. al; 2020).

A partir da figura 2, abaixo, adaptada do boletim informativo *The Semiconductor Supply Chain: Assessing National Competitiveness* (2021), do *Center for Security and Emerging Technology* (KHAN; MANN; PETERSON, 2021), foi feita uma síntese comparativa da participação dos Estados Unidos, da China e de Taiwan por modelos de negócio na indústria de semicondutores.

Os EUA se destacam nos modelos IDM e *fabless*, os quais contam com o *design* dos CI – a etapa de maior valor agregado dessa produção. No que diz respeito às firmas IDM, como a Intel, os EUA respondem por 51% da participação mundial, seguidos pela Coreia do Sul (29%). Nesse mesmo segmento, a participação de Taiwan é de apenas 2%, e a chinesa é inexpressiva. No modelo de negócio *fabless*, como a Apple e a Huawei (HiSilicon), a participação global dos EUA corresponde a 65%, seguida pela participação de Taiwan (17%) e pela chinesa (15%).

Figura 2 - Participação dos países por modelos de negócio na indústria de semicondutores



Fonte: Adaptada a partir do boletim *The Semiconductor Supply Chain: Assessing National Competitiveness* (2021), *Center for Security and Emerging Technology* (KHAN; MANN; PETERSON, 2021).

Nas firmas do tipo *foundry*, como a TSMC, Taiwan domina com 60% de participação, seguida pela Coreia do Sul (19%). Nesse modelo de negócio, a participação dos EUA é de apenas 10%, e a China corresponde a 9% da participação mundial.

Finalmente, no modelo OSAT – equivalente à etapa de menor valor agregado –, a China marca sua maior participação, de 21%. Entretanto, Taiwan também lidera esse modelo de negócio, com participação mundial de 52%. Em terceiro lugar estão os EUA, com 15% de participação. Isto posto, apesar da visibilidade da participação chinesa em alguns dos modelos de negócio representar um avanço importante da sua indústria de semicondutores, os dados expressam a fragilidade tecnológica e a dependência que a China possui quanto a essa tecnologia-base, conforme será analisado a seguir.

3.2 (Inter)dependência e assimetria de poder entre EUA-China-Taiwan na cadeia de suprimentos de semicondutores

Uma lente regularmente usada para explicar o poder nas relações da cadeia de suprimentos global é a teoria da dependência de recursos (KETCHEN; REIMANN, 2017). De acordo com essa teoria, para operarem eficientemente e serem competitivas, as empresas precisam ter acesso a certos recursos que não estão sob seu controle direto, e por isso

necessitam ser adquiridos no mercado. Se uma empresa controla os recursos dos quais outra empresa precisa, a primeira possui poder (KETCHEN; REIMANN, 2017). As empresas de fabricação de semicondutores, como a TSMC, precisam de projetos e *hardware* dos EUA para produzirem semicondutores de alta tecnologia (LAU, 2022). Isso significa que as empresas dos EUA possuem poder, pois a TSMC depende dos recursos americanos para operar e ter sucesso na sua produção.

Observa-se também que Taiwan possui poder em relação à China, pois apesar das empresas chinesas – como a SMIC – produzirem semicondutores, elas possuem uma capacidade muito limitada para fabricá-los e dependem da TSMC para acessar os CI mais avançados (ALJAZEERA, 2022).

Ademais, vale dizer que a China possui algum poder. Este país detém a maior participação global na maioria das matérias-primas necessárias para a produção dos semicondutores (KHAN; MANN; PETERSON, 2021). Contudo, apesar dos EUA dependerem fortemente de importações de matérias-primas, junto com seus aliados – especialmente Japão, Países Baixos, Coreia do Sul, Reino Unido, Alemanha e Taiwan – eles conseguem produzir grande parte desses recursos (KHAN; MANN; PETERSON, 2021). Dessa forma, percebe-se que o conceito de assimetria de poder (KETCHEN; REIMANN, 2017) é outro instrumento importante nesta análise. Ou seja, as empresas chinesas precisam dos recursos das empresas americanas muito mais do que o contrário, porque os EUA conseguem acessar matérias-primas em fontes alternativas, além de liderarem as etapas de maior valor agregado da cadeia de suprimentos de semicondutores.

Ademais, é possível constatar que a China depende mais de Taiwan do que o contrário na indústria de semicondutores. Com a recente visita de Nancy Pelosi, presidente da Câmara dos EUA, à ilha, a China procurou retaliar aplicando sanções econômicas às exportações de Taiwan. Entretanto, observa-se que essas medidas coercitivas deixaram de fora a exportação mais valiosa de Taiwan: os semicondutores. Tendo em vista essa assimetria de poder, argumenta-se que se Pequim aplicasse sanções aos fabricantes de semicondutores de Taiwan causaria danos à própria indústria chinesa, e ainda poderia acabar não prejudicando as empresas taiwanesas, dada a alta demanda por seus chips em todo o mundo, notadamente nos EUA (NAU, 2022).

A relação triangular EUA-China-Taiwan na indústria de semicondutores é bastante complexa, de forma que os princípios da teoria da dependência de recursos precisam ser ampliados pela perspectiva da dependência mútua (KETCHEN; REIMANN, 2017). Nessa abordagem, se a parte mais fraca ainda tem algum poder sobre a parte mais forte, a parte mais

poderosa tem algo a perder se o relacionamento terminar (KETCHEN; REIMANN, 2017). Nesse sentido, se por um lado a empresa de Taiwan é uma fornecedora crítica de semicondutores de ponta que a Huawei precisa e não pode produzir, por outro lado, a empresa chinesa corresponde a um mercado importante para a *foundry* de Taiwan, tendo em vista que 20% das vendas da TSMC em 2020 foram para o mercado chinês. Depois da Apple, a Huawei foi a maior cliente da TSMC nesse mesmo ano (HASS, 2020). Logo, perder completamente o mercado chinês seria custoso para a TSMC.

Ainda sobre o caráter interdependente da oferta e demanda dos semicondutores, vale ressaltar que os EUA representam 64% das vendas da TSMC (LAU, 2022). Entretanto, isso também significa dizer que as maiores empresas de tecnologia dos EUA – como a Apple, Nvidia e Qualcomm – contam com fabricantes contratados de Taiwan para quase 90% dos seus semicondutores (TRENDFORCE, 2021). Portanto, a indústria de semicondutores de Taiwan é muito importante para os EUA, e vice-versa. Segundo Ketchen e Reimann (2017), em relacionamentos com alta dependência mútua, a parte mais forte estaria menos inclinada a usar seu poder agressivamente, de forma a evitar que a relação se deteriore. Os EUA, parte mais forte, demonstram esse cuidado com Taiwan. Apesar das sanções americanas contra a Huawei terem prejudicado as vendas da TSMC, o governo e as empresas americanas buscam ativamente acomodar as preocupações do governo e das empresas de Taiwan. Isso pode ser percebido com a substituição dos pedidos perdidos da Huawei por remessas de semicondutores de 5 nm da TSMC para a Apple (OLCOTT, 2021) e com a visita recente da presidente da Câmara dos EUA à ilha. Nesse episódio, Nancy Pelosi se encontrou com a presidente de Taiwan, Tsai Ing-wen, e com o CEO da TSMC, Mark Liu.

Em contrapartida, a relação EUA-China ainda pode ser percebida como de baixa dependência mútua. Assim, as ações americanas para limitar o acesso da China aos semicondutores – como as sanções à Huawei e a inclusão da SMIC na Lista de Entidades – são entendidas como o uso do poder coercitivo da parte mais forte da relação na cadeia de suprimentos de semicondutores.

De acordo com Ketchen e Reimann (2017), o grau no qual esse diferencial de poder é explorado pelo lado mais poderoso depende da probabilidade da assimetria diminuir com o tempo e do fato dos tomadores de decisão valorizarem a colaboração ou a dominação. A estratégia dos EUA busca retardar o progresso chinês enquanto ainda há tempo e pode ser melhor compreendida pela conjuntura da rivalidade tecnológica entre essas duas superpotências. Entretanto, apesar das ações dos EUA terem conseguido atrasar o desenvolvimento da China na área dos semicondutores, calcula-se que cortar completamente

o acesso do país a semicondutores avançados seria uma política de autossabotagem, tendo em vista que o mercado chinês responde por 36% das vendas de CI dos EUA (ALLISON et. al; 2021).

CONCLUSÃO

Este trabalho buscou analisar a relação triangular entre Estados Unidos, China e Taiwan na indústria de semicondutores, tendo em vista que essa tecnologia-chave é fundamental para agenda de política externa desses três países e para a economia internacional, além de ser motivo de disputa entre as duas superpotências mundiais. A pergunta que norteou esta pesquisa explicativa questiona, primeiramente, se e porquê Taiwan é uma peça-chave da rivalidade tecnológica entre Estados Unidos e China na indústria de semicondutores. Em segundo lugar, busca-se compreender como as dinâmicas de poder e de dependência dessa relação triangular se desenvolvem na cadeia de suprimentos dos semicondutores.

Assim, foram definidos quatro objetivos específicos, a saber: apresentar a participação da TSMC na produção e no comércio de semicondutores; verificar a importância dos EUA e da China para as vendas da TSMC, em especial das empresas Apple e Huawei; explorar o debate existente de como o status de província rebelde de Taiwan influencia essa relação triangular e analisar – a partir de dados de exportação/importação, de receita global e de porcentagem de vendas – de que forma EUA, China e Taiwan dependem e exercem poder uns sobre os outros na cadeia global de suprimentos de semicondutores.

Quanto ao primeiro objetivo específico, verificou-se que Taiwan domina o segmento de fabricação dos semicondutores, respondendo por 64% dessa receita global (TRENDFORCE, 2021). Em 2020, a TSMC sozinha respondeu por 54% da receita global de fundição (TRENDFORCE, 2021). Para os semicondutores mais avançados, com menos de 10 nanômetros, Taiwan atende 92% da produção mundial (GOODRICH et. al; 2020). Em relação ao segundo objetivo, foi constatado que os EUA representam 64% das vendas da empresa taiwanesa (LAU, 2022) e, em 2020, 20% das vendas da TSMC foram para o mercado chinês. De forma que a Apple foi a principal cliente da TSMC, seguida pela Huawei (HASS, 2020).

No que diz respeito ao terceiro objetivo específico, foi possível averiguar que o status geopolítico distinto de Taiwan torna esta ilha uma peça-chave na disputa de influência das superpotências e afeta sua empresa TSMC, que é constrangida a escolher um dos lados,

sendo que os mercados e fornecimentos dos EUA e da China são importantes para sua indústria de semicondutores.

Sobre o último objetivo, constatou-se que as empresas dos EUA possuem poder em relação à TSMC, pois a empresa taiwanesa depende dos recursos americanos para operar e ter sucesso na sua produção. Observou-se, também, que Taiwan possui poder em relação à China, pois apesar das empresas chinesas – como a SMIC – produzirem semicondutores, elas possuem uma capacidade muito limitada para fabricá-los e dependem da TSMC para acessar os CI mais avançados. Ainda, foi possível perceber que a China possui algum poder, pois detém a maior participação global na maioria das matérias-primas necessárias para a produção dos semicondutores, enquanto que os EUA dependem fortemente de importações desses recursos naturais. Entretanto, constatou-se que as empresas chinesas precisam de recursos das empresas americanas muito mais do que o contrário, porque os EUA conseguem acessar matérias-primas em fontes alternativas⁴, além de liderarem as etapas de maior valor agregado da cadeia de suprimentos de semicondutores. Por fim, também verificou-se que a China depende mais das exportações de semicondutores de Taiwan do que a ilha depende da demanda chinesa, dada a alta procura pelos chips da TSMC em todo o mundo, notadamente nos EUA.

Portanto, a hipótese de que Taiwan é uma peça-chave da rivalidade tecnológica entre Estados Unidos e China na indústria de semicondutores confirmou-se por dois motivos, a saber: 1) porque sua empresa TSMC é fundamental para essa cadeia de suprimentos e 2) devido ao seu status geopolítico distinto – que faz com que essa província rebelde sofra disputa de influência das duas superpotências mundiais, gerando implicações para a empresa de semicondutores taiwanesa.

Em relação à segunda pergunta de pesquisa, também foi confirmada a hipótese de que existe uma dinâmica complexa de interdependência entre Estados Unidos, China e Taiwan na cadeia de suprimentos de semicondutores. Contudo, apesar dessa dependência mútua, concluiu-se que essa relação triangular é marcada pela assimetria de poder, de forma que os Estados Unidos é o país dominante da indústria de semicondutores. Assim sendo, verificou-se que os EUA usam seu poder coercitivo contra a China, tendo em vista a relação de baixa dependência mútua entre esses dois países na indústria de semicondutores. Por outro lado, os EUA também buscam ativamente acomodar as preocupações de Taiwan para ter a

⁴ Com seus aliados, especialmente Japão, Países Baixos, Coreia do Sul, Reino Unido, Alemanha e Taiwan. (KHAN; MANN; PETERSON, 2021).

ilha como aliada, dada a relação de alta dependência mútua entre esses dois países na indústria de semicondutores.

Este trabalho buscou contribuir para o estudo das relações internacionais na indústria de semicondutores, tema que ainda tem muitos aspectos a serem explorados. Além da produção dos circuitos integrados (CI), que foi o foco desta monografia, sugere-se que pesquisas futuras incluam outros elementos da indústria de semicondutores, tais como os equipamentos para a fabricação dos chips, a automação do design eletrônico e Core IP e as matérias-primas. Além disso, uma pesquisa mais extensa poderá analisar a rivalidade tecnológica entre Estados Unidos e China incluindo outras tecnologias de informação e comunicação (TIC), como 5G, Inteligência Artificial e Big Data. Ademais, trabalhos futuros sobre as relações de poder e dependência na cadeia de suprimentos de semicondutores poderão abranger outros países importantes nessa temática, a exemplo da Coreia do Sul, Japão, Países Baixos, entre outros.

A relação triangular EUA-China-Taiwan na indústria de semicondutores está se desdobrando progressivamente. Os acontecimentos desse processo dinâmico podem continuar a ser acompanhados, de forma a observar se é possível, ou desejável, alcançar uma acomodação para a rivalidade das duas superpotências na indústria de semicondutores. Ainda, futuras pesquisas podem avaliar a possibilidade e os riscos de uma dissociação completa das cadeias de suprimentos dos EUA e da China na indústria de semicondutores.

REFERÊNCIAS

ALAM, Syed; CHU, Timothy; LOHOKARE, Shrikant; SAITO, Shungo. Globality and Complexity of the Semiconductor Ecosystem. **Accenture**, 21 fev. 2020. Disponível em: <https://www.accenture.com/us-en/insights/high-tech/semiconductor-ecosystem>. Acesso em: 26 ago. 2022.

ALLISON, Graham; KLYMAN, Kevin; BARBESINO, Karina; YEN, Hugo. The Great Tech Rivalry: China vs the U.S. **Havard Kennedy School Belfer Center**. Dez. 2021. Disponível em: <https://www.belfercenter.org/publication/great-tech-rivalry-china-vs-us>. Acesso em: 26 ago. 2022.

CHINA'S Share of Global Chip Sales Now Surpasses Taiwan's, Closing in on Europe's and Japan's. **Semiconductor Industry Association (SIA)**, 10 jan. 2022. Disponível em: <https://www.semiconductors.org/chinas-share-of-global-chip-sales-now-surpasses-taiwan-closing-in-on-europe-and-japan/#:~:text=In%202020%2C%20however%2C%20the%20Chinese,a%20SIA%20analysis%20%5B1%5D>. Acesso em: 26 ago. 2022.

DENG, Ben Lian; DENG, Ben Shen. A Economia Política da Indústria de Semicondutores e o Recente Desenvolvimento Limitado da República Popular da China (2014-2021). **Revista de Economia Contemporânea**, v. 26, p. 1-25, abr. 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rec/a/kL5HqMqCf8KFb5wRmYzXzRC/?lang=pt#>. Acesso em: 26 ago. 2022.

DIEGUES, Antônio Carlos; ROSELINO, José Eduardo. Política industrial, tecno-nacionalismo e indústria 4.0: a guerra tecnológica entre China e EUA. Texto para Discussão. Unicamp. IE, Campinas, n. 401, jan. 2021. Disponível em: <https://www.eco.unicamp.br/noticias/politica-industrial-tecno-nacionalismo-e-industria-40-a-guerra-tecnologica-entre-china-e-eua>. Acesso em: 26 ago. 2022.

FEDERAL REGISTER, Addition of Entities to the Entity List, Revision of Entry on the Entity List, and Removal of Entities From the Entity List, 2020. Disponível em: <https://www.federalregister.gov/documents/2020/12/22/2020-28031/addition-of-entities-to-the-entity-list-revision-of-entry-on-the-entity-list-and-removal-of-entities#:~:text=This%20rule%20adds%20SMIC%20and>. Acesso em: 26 ago. 2022.

FEDERAL REGISTER, Securing the Information and Communications Technology and Services Supply Chain, 2019. Disponível em: <https://www.federalregister.gov/documents/2019/05/17/2019-10538/securing-the-information-and-communications-technology-and-services-supply-chain>. Acesso em: 26 ago. 2022.

GOH, Brenda; SUN, Yilei. China leads auto industry recovery as sales top expectations. **Reuters**, 11 dez. 2020. Industrials. Disponível em: <https://www.reuters.com/article/us-china-autos/china-leads-auto-industry-recovery-as-sales-to-p-expectations-idUSKBN28L06P>. Acesso em: 26 ago. 2022.

GOODRICH, Jimmy; VARADARAJAN, Raj; VARAS, Antonio; YINUG, Falan. Government Incentives and US Competitiveness in Semiconductor Manufacturing. **Boston Consulting Group; Semiconductor Industry Association (SIA)**. Set. 2020. Disponível em:

<https://www.bcg.com/publications/2020/incentives-and-competitiveness-in-semiconductor-manufacturing>. Acesso em: 26 ago. 2022.

HASS, Ryan. This US-China downturn may be difficult for Taiwan. **Brookings**, 24 fev. 2020. Disponível em:

<https://www.brookings.edu/blog/order-from-chaos/2020/02/24/this-us-china-downturn-may-be-difficult-for-taiwan/>. Acesso em: 26 ago. 2022.

KEANE, Sean; REICHERT, Corinne. Huawei says Trump's ban will hurt US 5G deployment. **CNET**, 16 mai. 2019. Disponível em:

<https://www.cnet.com/tech/mobile/trump-effectively-bans-huawei-with-national-security-order/>. Acesso em: 26 ago. 2022.

KETCHEN, David J.; REIMANN, Felix. Power in Supply Chain Management. **Journal of Supply Chain Management**, vol. 53, n.02, mar. 2017. Disponível em:

<https://onlinelibrary.wiley.com/toc/1745493x/53/2>. Acesso em: 26 ago. 2022.

KHAN, Saif M.; MANN, Alexander; PETERSON, Dahlia. The Semiconductor Supply Chain: Assessing National Competitiveness. **Center for Security and Emerging Technology (CSET)**. Jan. 2021. Disponível em:

<https://cset.georgetown.edu/publication/the-semiconductor-supply-chain/>. Acesso em: 26 ago. 2022.

KHANNA, Parag. **Connectography: mapping the future of global civilization**. New York: Random House, 2016.

KHARPAL, Arjun. Pelosi's Taiwan trip puts the world's biggest chipmaker back in the spotlight of U.S.-China rivalry. **CNBC**, 03 ago. 2022. Tech. Disponível em:

<https://www.cnbc.com/2022/08/04/pelosi-taiwan-visit-puts-tsmc-back-in-spotlight-of-us-china-rivalry.html>. Acesso em: 26 ago. 2022.

LAU, Yvonne. Nancy Pelosi's Taiwan trip has intensified the U.S. and China's chips showdown. Now the world's chipmakers may be forced to pick a side. **Fortune**, 07 ago. 2022. China. Disponível em:

<https://fortune.com/2022/08/07/nancy-pelosi-taiwan-us-china-chipmaker-pick-sides/>. Acesso em: 26 ago. 2022.

MAJEROWICZ, Esther; MEDEIROS, Carlos Aguiar de. Chinese Industrial Policy in the Geopolitics of the Information Age: the Case of Semiconductors. **Revista de Economia Contemporânea**, v. 22, n. 01, p. 1-28, jun. 2018. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rec/a/GbxHXYnb3SwNsWNs6BMjxBp/?lang=en#>. Acesso em: 26 ago. 2022.

MAJEROWICZ, Esther. ICT as a Technological and Machinery System: implications for competitive dynamics. Texto para Discussão. UFRN. DEPEC, Natal, n. 006. jul., 2021. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/355945631_ICT_as_a_Technological_and_Machinery_System_implications_for_competitive_dynamics. Acesso em: 26 ago. 2022.

OLCOTT, Eleanor. TSMC faces pressure to choose a side in US-China tech war. **Financial Times**, Taipei, 16 abr. 2021. Disponível em: <https://www.ft.com/content/b452221a-5a82-4f5d-9687-093b9707e261>. Acesso em: 26 ago. 2022.

ORGAZ, Cristina J. O importante papel do ‘escudo de silício’ que protege Taiwan da China. **BBC News**, 16 jul. 2021. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/internacional-57863789>. Acesso em: 26 ago. 2022.

PROGRESS in Importation of US Equipment Dispels Doubts on SMIC’s Capacity Expansion for Mature Nodes for Now, Says TrendForce. **TRENDFORCE**, 05 mar. 2021. Disponível em: <https://www.trendforce.com/presscenter/news/20210305-10693.html>. Acesso em: 26 ago. 2022.

RICHTER, Felix. These are the top 10 manufacturing countries in the world. **World Economic Forum**, 25 fev. 2020. Disponível em: <https://www.weforum.org/agenda/2020/02/countries-manufacturing-trade-exports-economics/>. Acesso em: 26 ago. 2022.

SCHWAB, Klaus. **The Fourth Industrial Revolution**. World Economic Forum, 2016.

TRANSCRIPT: NPR’s Full Conversation With CIA Director William Burns. NPR, 22 jul. 2021. National Security. Disponível em: <https://www.npr.org/2021/07/22/1017900583/transcript-nprs-full-conversation-with-cia-director-william-burns>. Acesso em: 26 ago. 2022.

U.S. CHAMBER OF COMMERCE, COSTS OF U.S.-CHINA ECONOMIC DECOUPLING. China Center. 2021. Disponível em: https://www.uschamber.com/assets/documents/024001_us-china_decoupling_factsheet_semiconductors_fin.pdf. Acesso em: 06 set. 2022.

WHITE HOUSE, FACT SHEET: CHIPS and Science Act Will Lower Costs, Create Jobs, Strengthen Supply Chains, and Counter China, 09 ago. 2022. 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: 26 ago. 2022.

WHY China is not sanctioning Taiwan’s key chip industry. **Aljazeera**, 4 ago. 2022. Business and Economy. Disponível em: <https://www.aljazeera.com/economy/2022/8/4/why-china-is-not-sanctioning-taiwans-crucial-tech-industry>. Acesso em: 26 ago. 2022.

XI JINPING: Discurso na 20ª Conferência Acadêmica da Academia Chinesa de Ciências, 15ª Conferência Acadêmica da Academia Chinesa de Engenharia e 10º Congresso Nacional da Associação Chinesa de Ciência e Tecnologia. **XINHUANET**, 28 mai. 2021. Disponível em: http://www.xinhuanet.com/politics/2021-05/28/c_1127505377.htm. Acesso em: 26 ago. 2022.