

SEMICONDUCTORES: UM ESTUDO PARA A CHINA E ESTADOS UNIDOS NAS CADEIAS GLOBAIS DE VALOR

Semiconductors: A Study for China and The United States in Global Value Chains

Guilherme Jorge da Silva
Universidade Federal do Rio de Janeiro
guijorge2004@hotmail.com

RESUMO

Objetivo: Com a globalização dos anos 1990 as etapas de produção foram fragmentadas ao redor do mundo, em cadeias de valor que envolvem interações entre diversas regiões que controlam diferentes etapas e processos de fabricação. O presente trabalho Procura compreender o funcionamento das CGVs no setor de semicondutores e a atual posição estratégica dos EUA e da China. **Método:** utilizou-se de dados estatísticos descritivos, bem como a exposição das etapas das cadeias globais de valor para os semicondutores no mundo inteiro, destacando-se o papel americano e chinês. **Resultado:** concluiu-se que ambos os países não estão em uma simples escalada na lógica das cadeias produtivas em busca de maiores valores agregados, e sim numa integralização interna por motivações distintas - sendo do primeiro país uma recuperação da estrutura e mão de obra fabril, enquanto o país asiático almeja o domínio de todas as etapas produtivas para alcançar a fronteira tecnológica com ampla participação das firmas locais e coordenação do estado.

PALAVRAS-CHAVE: China e Estados Unidos. Semicondutores. Cadeias Globais de valor.

ABSTRACT

Objective: With the globalization of the 1990s production steps were fragmented around the world into value chains that involve interactions between several regions that control different stages and manufacturing processes. This paper seeks to understand the functioning of GVCs in the semiconductor industry and the current strategic position of the USA and China. **Method:** used descriptive statistical data, as well as the exposition of the stages of global value chains for semiconductors worldwide, highlighting the American and Chinese role. **Result:** It was concluded that both countries are not in a simple escalation in the logic of productive chains in search of greater added value, but in an internal integration for different motivations - the first country is a recovery of the structure and manufacturing labor, while the Asian country aims to dominate all productive stages to reach the technological frontier with broad participation of local firms and state coordination.

KEYWORDS: China and the United States. Semiconductors. Global Value Chains.

Classificação JEL: F15; L23; L63

Recebido em: 19-09-2022. Aceito em: 02-02-2023.

1 INTRODUÇÃO

O domínio das principais tecnologias eletrônicas do mundo passa obrigatoriamente pela produção dos semicondutores. Componentes elétricos desenvolvidos na segunda metade do século passado são os responsáveis por dinamizar e tornar cada vez mais rápido o processamento de dados e a condução elétrica eficiente. Materiais menores e mais potentes são continuamente desenvolvidos por grandes empresas globais que estão espalhadas ao redor do mundo e que tem papéis distintos na cadeia de geração de valor.

Com a liberalização dos anos 1990 a fragmentação produtiva global se tornou cada vez mais comum - e com ela alguns ônus e bônus. Parte da manufatura concentrada em países desenvolvidos se deslocou para países com custos de mão de obra menor, enquanto que os grandes escritórios das Empresas Transnacionais (ETNs) permaneciam nos seus países centrais de origem, responsáveis pelo projeto e *design* dos semicondutores - parte relevante do sistema de produção.

Países como a China, um dos maiores mercados consumidores de eletrônicos do mundo, percebem a necessidade de integralizar internamente o setor de semicondutores para a criação de padrões tecnológicos nas novas tecnologias 4.0, uma vez que o circuito integrado está presente em todas as camadas econômicas e sociais - potencializando a comunicação e a interatividade.

Por outro lado, os EUA desde o final do século passado vem perdendo relevância na participação fabril de *chips* - devido uma série de eventos desde a própria composição da cadeia produtiva de semicondutores, até mesmo parte de desarticulação do sistema nacional de inovação (SNI) que vem sendo gestado em amplas parcerias entre universidades, instituições privadas e de financiamento pelo estado desde o pós-guerra.

Ademais, os interesses bélicos e geopolíticos de ambos os países envolvem o setor de semicondutores, material básico para os mais novos e avançados armamentos de guerra. O presente trabalho procura expor a formação atual das cadeias globais de valor dos semicondutores e como duas das principais economias do mundo - EUA e China - se posicionam para a integralização de sua base produtiva e não apenas uma corrida por etapas de maior valor agregado nas CGVs. A seção dois apresenta o arcabouço das CGVs, enquanto que a seção três aborda o setor de semicondutores e a seção quatro sua organização setorial e as características da indústria 4.0; As seções cinco e seis, respectivamente, expõe o setor de semicondutores na economia chinesa e americana, e

sua importância para os planos tecnológicos desses dois países; Por fim, temos a conclusão na seção sete.

2 AS CADEIAS GLOBAIS DE VALOR (CGVs)

Os primeiros estudos sobre CGVs surgiram em meados dos anos 1990 para compreender e explicar a transformação de insumos em bens e serviços em diferentes pontos do mundo (FLEURY e FLEURY, 2020). Em trabalho seminal, Gereffi, Humphrey e Sturgeon (2005) apontam como as multinacionais tem papel de destaque nesse tipo de cadeia, estruturando a organização industrial entre fronteiras - e observando duas características das CGVs: *Governance* e *Upgrading*.

Algumas firmas na cadeia produtiva impõem e estabelecem os parâmetros para o seu funcionamento, justificando o termo *governance*. As cadeias de *producer-driven*, isto é, comandadas pelo produtor, tem o *governance* determinado pelas firmas manufatureiras, baseadas em sua superioridade tecnológica. Um exemplo seria o setor automobilístico com empresas líderes como Volkswagen, Toyota e General Motors. Já as cadeias comandadas pelos compradores, as *buyer-driven*, exercem sua *governance* pelo poder da comercialização, onde a força reside nas marcas, rede de distribuição e acesso aos clientes. Seria o caso de empresas como Walmart e Carrefour.

Por outro lado, a noção de *upgrading* é associada a mobilidade dos agentes em uma cadeia de valor, com a possibilidade das firmas avançarem devido suas capacidades. Considera-se uma hierarquia onde empresas de menor capacitação ao longo da cadeia seriam aquelas que realizam a produção (chamadas de *Original Equipment Manufacturers*, *OEM*) e, caso consigam sofisticar suas capacitações em termos de desenvolvimento de produtos e serviços, realizam o *upgrading* para *Original Design Manufacturers*, *ODM*. Mantida a evolução de capacitações, ela pode tornar-se mais autônoma em relação a líder, culminando na *Original Brand Manufacturers*, *OBM*.

Uma série de empresas percorreram esse caminho, notavelmente em países em desenvolvimento. Um dos exemplos é a Hyundai, que iniciou a sua produção de carros de passageiros em 1968 reunindo peças e subconjuntos importados da americana Ford - já em 1975 se tornaria a primeira empresa coreana com fábricas integradas (HAHN, DUPLAGA e HARTLEY, 2000). Por sua vez, o governo coreano adotou uma série de medidas para encorajar e garantir a difusão tecnológica como, por exemplo, a construção maciça de infraestrutura, qualificação dos trabalhadores com subsídios à educação e

treinamento, bem como a promoção de pesquisa e desenvolvimento de qualidade (CHANG, 2003).

Esse é apenas um dos casos de sucesso de firmas que percorreram as CGVs com aumento de suas capacitações. O caso coreano ainda conta com a Samsung, das empresas chinesas pode-se apontar Lenovo e Haier, e o caso brasileiro tem bons exemplos com a Embraer e Natura. Nesse contexto de globalização e hierarquia, surgiu espaço para outro tipo de firma, as *contractors*, que realizam a intermediação nas cadeias comandadas pelo comprador e especialização nas cadeias comandadas pelo produtor (FLEURY e FLEURY, 2020).

Esse tipo de firma se concentra na OEM, dominando a intermediação em grande escala e sendo subcontratadas por gigantes globais. Pode-se exemplificar na cadeia de Telecomunicações, informática e computação as empresas Flextronics e Solectron, especializadas na fabricação de componentes e montagem de sistemas que basicamente todas as multinacionais operam.

Como podemos ver, a globalização diversificou a tipologia e a operacionalização das firmas. Segundo Bauman (1996) esse fenômeno se inicia nos anos 1970, em três impulsos distintos: (i) o primeiro surgiu na computação digital e na liberalização financeira; (ii) o segundo impulso foi da globalização comercial, com políticas liberais refletidas em baixas alíquotas de importações que, em conjunto com as tecnologias da microeletrônica e de navegação, aumentaram a circulação de bens e serviços; (iii) o terceiro impulso é o dos anos 1990 na globalização produtiva, onde as firmas focaram suas estratégias baseadas nas condições comerciais e financeiras em atividades de maior potencial inovativo e valor agregado.

Medeiros (2019) aponta as duas grandes mudanças que ocorreram nos anos 1990: a explosão das TICs e a abertura comercial, financeira e de investimentos em países em desenvolvimento. Esses fatores permitiram ampliar a divisão de tarefas em termos de produção, resultando no IDE tanto para os serviços de comunicação e financeiros quanto para o setor industrial. E, apesar da redução do custo transporte de alguns bens, a distância geográfica e a proximidade de centros econômicos e *clusters* privilegiaram uma construção regional formada pelos EUA, Alemanha e, na Ásia, Japão, sudeste asiático e mais recentemente China.

O controle dos ativos intangíveis para a apropriação das rendas derivadas por parte das ETNs explica o papel do IDE em países em desenvolvimento: a difusão de tecnologias de fabricação, num contexto de ampla concorrência e redução de custos, amplia o controle

das ETNs sediadas em países centrais sobre a propriedade intelectual e as rendas advindas da inovação (MEDEIROS e TREBAT, 2017).

Onde as firmas se concentram e o que realizam dentro das CGVs esta inserido em um lógica estratégica e financeira de composição global que pode, dependendo de fatores políticos e econômicos, facilitar ou prejudicar a escalada no valor agregado e nas capacitações das firmas envolvidas. Ademais, o próprio planejamento nacional depende de questões relacionadas com as CGVs. Segundo Andreoni e Gregory (2013), a partir da crise de 2008, os países industrializados maduros como EUA e parte da Europa e Ásia, tiveram uma perda em manufatura vis-à-vis o crescimento do setor de serviços. Atualmente os EUA são um dos países mais ativos para retomar a sua base fabril, depois de ter perdido cerca de 41% de empregos num intervalo de trinta anos.

O que permite questionar se a base de manufatura ainda tem alguma relevância. Três aspectos a colocam no centro de questões políticas, econômicas e sociais. O primeiro é a fonte de emprego de alta qualidade, com ganhos de cerca de 20% em cima de setores não fabris (ANDREONI e GREGORY, 2013).

Um segundo aspecto é a participação de setores manufatureiros na balança comercial, devido seu papel no comércio global, que em 2017 correspondia mais de 70% das exportações mundiais (WTO, 2018). Já o terceiro e não menos importante aspecto está relacionado com as capacitações tecnológicas e inovativas advindas da manufatura, principal motor econômico em termos de produtividade.

Sobre o último aspecto, Medeiros (2019) acrescenta que a criação de capacidades tecnológicas visando progresso nas CGVs constitui um dos principais desafios econômicos, onde políticas ensejem cenários que permitam um país, através das firmas locais, inserir-se em estágios que envolvam *design* e *marketing* (rendas gerenciais). Essa evolução enfrenta desafios de duas ordens: o primeiro envolve o controle das cadeias e a segunda a evolução de um país dentro dessas cadeias, onde a questão chave esta na distribuição desigual do progresso tecnológico, que beneficia os detentores de marcas globais e grandes ETNs.

Setores como eletrônico e automobilístico - onde o produtor lidera a cadeia produtiva - a distribuição do valor é assimétrica na cadeia entre as firmas detentoras das marcas, as intermediárias que coordenam as firmas terceirizadas, e essas últimas contratadas para diferentes etapas do processo produtivo. Hierarquicamente, a distribuição manufatureira se dá entre o trabalho manual, geralmente barato e difundido pelas empresas terceirizadas em países em desenvolvimento com baixos custos diretos; e o trabalho intelectual, que se

encontra nos países desenvolvidos maduros e é responsável pelas etapas de desenho e comercialização realizadas pelas grandes ETNs (MEDEIROS, 2019).

Quando as CGVs são articuladas sem um Sistema Nacional de Inovação (SNI), reproduz-se a clássica polarização centro-periferia de Raúl Prébisch. Como afirma Cassiolato *et al.* (2015), os casos de sucesso de integração produtiva nas redes de comércio comandadas por grandes ETNs aconteceram onde o setor público promoveu o fortalecimento da posição das firmas, bem como a sua inter-relação na promoção de economias externas numa conjugação liderada pelo estado com participação de instituições públicas, envolvendo estruturas produtivas e capacitações tecnológicas (BELL e PAVITT, 1993) a partir de empresas em um contexto institucional e histórico.

Em outras palavras, a articulação institucional numa visão sistêmica de inovação, com diversos agentes econômicos, com o apoio e liderança do Estado, é essencial para o posicionamento das firmas locais nas CGVs e no avanço no desenvolvimento econômico, norteando em grande parte as políticas industriais dos últimos anos. Para isso, devemos compreender mais a fundo como o setor de semicondutores funciona dentro da lógica das CGVs.

3 O SETOR DE SEMICONDUCTORES

A indústria de semicondutores é uma das mais relevantes e dinâmicas do mundo devido seu papel pervasivo em toda a economia. Os componentes do que denomina-se de indústria 4.0 são alicerçados na interconexão de dispositivos que dependem, primariamente, da capacidade de transportar volumes elevados de informação em um curto espaço de tempo - dependendo, por sua vez, dos avanços no setor de semicondutores.

Os semicondutores são componentes eletrônicos que exploram as propriedades elétricas e eletrônicas de materiais semicondutores, predominantemente o silício. Esses componentes são produzidos por processos físico-químicos como litografia, deposição de materiais, corrosão, dentre outros.

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

- Componentes discretos: diodos, transistores, etc;

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

Essa enormidade de categorias que compõe o setor nos dá um pequeno panorama das suas possibilidades tecnológicas e presença em dispositivos. Carlota Perez (2004) coloca o *Big-bang* da quinta onda das revoluções tecnológicas com o anúncio da INTEL, em 1971, do lançamento do processador 4004. Meia década antes do lançamento, em 1965, o presidente da INTEL, Gordon Earle Moore, profetizou que a quantidade de transistores que poderiam ser colocados numa mesma área dobraria em cerca de 18 meses, mantendo-se o mesmo custo de fabricação. A declaração ficou conhecida como lei Moore (TIGRE e NORONHA, 2013).

A lei em si tem uma série de limitações e se mostrou imprecisa nos últimos anos (CHAVES, 2021), com o crescimento de transistores no tempo sendo mais lento e se esbarrando com limitações do silício em estabilidade - em parte pelos componentes eletrônicos estarem pequenos demais. Jensen Huang, executivo-chefe da fabricante de chips Nvidia, declarou no *Consumer Electronics Show* de 2019: "*Moore's Law isn't possible anymore.*"⁴

Apesar da limitação nos últimos anos da referida lei, durante mais de quarenta anos os semicondutores estiveram alicerçados em três características que o justificam como um componente central na economia e na sociedade, segundo Freeman (1983) e Perez (2004): (i) custos baixos e tendências declinantes nunca vistas nos ciclos econômicos anteriores,

¹ Circuitos analógicos processam sinais que podem assumir quaisquer valores dentro de um intervalo contínuo.

² Circuitos digitais processam, em tempos determinados e discretos, sinais que assumem apenas dois valores discretos, associados a zero e um.

³ As memórias voláteis mantêm a informação armazenada apenas na presença de alimentação elétrica, enquanto as não voláteis mantêm a informação mesmo quando o aparelho está desligado.

⁴ Ver em: <https://www.cnet.com/tech/computing/moores-law-is-dead-nvidias-ceo-jensen-huang-says-at-ces-2019/>

reorientando o comportamento de engenheiros, administradores e investidores; (ii) oferta ilimitada com demanda crescente ao longo prazo, pela abundância da matéria-prima (silício) e utilização em pequenas quantidades e; (iii) difusão pervasiva, com potencial em praticamente todos os setores sociais e econômicos.

Historicamente o Estado norte-americano foi fundamental para os desdobramentos da tecnologia. Mowery e Rosenberg (1998) destacam a evolução dos transistores e semicondutores ao longo do tempo com a participação do departamento de defesa no investimento em pesquisa e desenvolvimento e na criação um um cenário competitivo dinâmico com o surgimento de empresas como a própria intel. Ademais, os setores militares norte-americanos foram os primeiros a demandarem aplicações das novas tecnologias, refletindo a importância da participação do estado na configuração das inovações e de mercados.

O que aconteceu nos EUA os colocam em uma posição singular quando comparados com os demais mercados. Iniciativas como DARPA e DARPAnet foram responsáveis por padronizar uma série de tecnologias e protocolos, como é o caso do TCP/IP - colocado em domínio público para melhorias e que depois seria o padrão das plataformas baseadas em UNIX⁵. Isso abriu espaço para o mercado da internet nos anos 1990, baseado na tecnologia *www* com inserções gráficas e multimídia em linguagem HTML com protocolo de recuperação HTTP (MOWERY e SIMCOE, 2001).

A importância dos semicondutores nos setores militares ao longo dos anos apenas aumentou. Segundo Majerowicz e Medeiros (2018) as TICs, nos últimos cinquenta anos, impulsionaram revoluções no campo militar na fundação de sistemas modernos de gerenciamento de batalha, armamentos e comunicação. Possuir tecnologia de ponta em termos de semicondutores passa a ser assunto de segurança nacional e se adensa quando o setor está no centro estratégico das políticas para manufatura avançada, em componentes da indústria 4.0⁶. Segundo Brixner (2019), boa parte dessas tecnologias estão sendo gestadas ou desenvolvidas ao menos nos últimos 30 anos e dependem dos avanços da microeletrônica e dos semicondutores.

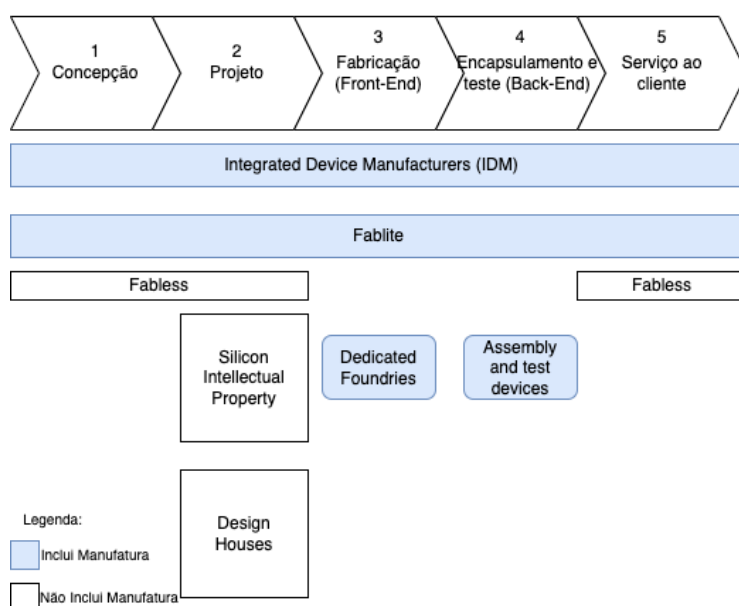
A produção de um circuito integrado (CI), o bem mais representativo do setor, pode ser dividida nas seguintes etapas (GUTIERREZ e LEAL, 2004; FILLIPIN, 2020):

⁵ Unix foi o primeiro SO multitarefa, desenvolvido por engenheiros da AT&T para tornar mais ágil e dinâmico o seu contato com computadores, que até então, eram usados apenas por engenheiros e pesquisadores.

⁶ Em 2011 os Estados Unidos lançaram o *Advanced Manufacturing Partnership*. No caso Chinês o conjunto de políticas voltadas para as tecnologias digitais se chama 'Made in China 2025' (MIC, 2025), lançado em 2015. Contudo, foram as políticas alemãs de 2011 que popularizaram o termo *Industrie 4.0*.

1. A concepção do produto pode ser realizada (ou não) em conjunto com o fabricante, sendo a etapa que define as funcionalidades do *chip*;
2. Projeto ou *design* dos componentes;
- 3 e 4. Etapas de fabricação: (i) *front end*, onde cada dispositivo (transistores, capacitores, etc) são produzidos; (ii) *Back end*, etapa em que os dispositivos são interconectados envolvendo encapsulamento e testagem;
5. Serviço ao cliente.

Figura 1 – Cadeia produtiva e modelos de negócios da indústria de semicondutores



Fonte: Elaboração própria adaptado de Gutierres e Leal (2004).

O intervalo entre concepção e projeto, que abrange a manufatura até a entrega ao consumidor, denomina-se *integrated device manufacturers* (ver figura 1). As *fabless*, empresas sem fábrica, são detentoras da marca e realizam o projeto do produto - terceirizando a fabricação para as *dedicated foundries*, que realizam o processo físico-químico dos produtos e envolvem o encapsulamento e testagem. As *design house* são empresas de projetos, remuneradas pelos fabricantes integrados por tarefa realizada. Já as empresas de propriedade intelectual (IP) desenvolvem células específicas do projeto e as licenciam, sendo remuneradas por *royalties*.

Segundo a SIA (2016) o *Integrated Devices Manufacturers (IDM)* dominou a cadeia de valores até meados de 1980, apresentando em 2014 o maior faturamento da cadeia. As firmas que se concentram como *IDM* realizam todas as etapas da cadeia produtiva e o produto leva a sua marca - sendo como exemplo firmas como a INTEL (EUA) e Samsung Electronics (Coréia do Sul).

Apesar da *IDM* ainda ser significativa para a indústria - e parte da sua concentração nos EUA se justificar exatamente pela presença marcante do país nas TICs desde os anos 1960, o modelo *fabless-foundry* está gradualmente assumindo a maior porção da indústria devido os avanços tecnológicos e aumento de complexidade de novos produtos. As empresas que realizam todas as etapas, exceto a manufatura (*front-end* e *back-end*) que é realizada por terceirização, incluem Qualcomm (EUA), Broadcom (EUA) e AMD (EUA) (SIA, 2016; FILIPPIN, 2020).

Tabela 1 – Principais firmas mundiais conforme a cadeia de produção de semicondutores

IDM	Fabless	Fablites	Dedicated foundries	Assembly and test service providers	SIPs
Intel (EUA)	Qualcomm (EUA)	Texas Instruments (EUA)	Taiwan Semiconductor Manufacturing Company (TSMC) (Taiwan)	Advanced Semiconductor Engineering (ASE) (Taiwan)	Synopsys (EUA)
Samsung (Coréia)	Broadcom (EUA)	NXP (Países Baixos)	Globalfoundries (EUA)	Amkor Technology (EUA)	ARM Holdings (Inglaterra)
Micron Technology (EUA)	AMD (EUA)	Infineon Technologies (Alemanha).	UMC (Taiwan)	Siliconware Precision Industries (SPIL) (Taiwan)	Rambus (EUA)

Fonte: Elaboração própria a partir de Filippin (2020).

Entre 2009 e 2014 as *fabless-foundry* já apresentavam um crescimento maior que as firmas IDM. Dos anos 1980 até 2010, com a liberalização financeira, comercial e de investimentos permitindo que as firmas IDM adquirissem características das *fabless-*

foundry, as empresas com significativo grau de integração vertical começaram a contratar firmas para a fabricação de algumas etapas dos *chips*, denominadas *fablites* e tendo como representantes a Texas Instruments (TI) (EUA), a NXP (Países Baixos) e a Infineon Technologies (Alemanha). A opção por esses repasses foi uma resposta às constantes melhorias necessárias para manter os parques fabris alinhados com as tecnologias mais avançadas.

Aquelas que realizam apenas a etapa de fabricação (*front-end*) são contratadas por outras empresas, sendo as principais do mundo: Semiconductor Manufacturing Company (TSMC) (Taiwan), a Globalfoundries (EUA) e a UMC (Taiwan). As que são responsáveis por uma ou mais etapas do *back-end*, que envolve encapsulamento e teste, são as firmas independentes Advanced Semiconductor Engineering (ASE) (Taiwan), a Amkor Technology (EUA) e a Siliconware Precision Industries (SPIL) (Taiwan).

Algumas firmas contratam outras empresas para realizar a etapa de *design*, as chamadas *Design House (DH)*, porém essas não imprimem sua marca no produto final. Por fim, as *silicon intellectual property companies (SIPs)* desenvolvem bibliotecas de células para a confecção do design, vendendo ou licenciando para outras empresas de IDMs, *fablite*, *fabless* ou *DH*. As principais *SIPs* são a Synopsys (EUA), a ARM Holdings (Inglaterra), a Rambus (EUA) e a MIPS Technologies (EUA).

O ecossistema produtivo e tecnológico apresentado abrange graus de complexidade, especialização e atuação muito mais complexos que os bens finais eletrônicos (BAMPI, 2009). Além disso, a geração de capacidades oriundas da movimentação na cadeia de firmas para a realização de *upgrading* não é uma questão trivial resolvida apenas com o fluxo de investimentos ou a organização das grandes ETNs. As CGVs dos semicondutores apresentam características que necessitam de ações coordenadas e direcionadas para a melhoria do seu posicionamento nas cadeias globais, reafirmando a necessidade de um engendramento que envolva agentes dos SNIs e que consiga fornecer infraestrutura, conhecimento e serviços públicos e de logística - o que, segundo Gutierrez e Mendes (2009), aumenta o potencial de sucesso dos atores envolvidos, numa relação de simbiose e aprendizado entre as firmas produtoras dos componentes e aquelas que projetam o bem final.

4 ORGANIZAÇÃO SETORIAL, POSIÇÃO GEOGRÁFICA E INDÚSTRIA 4.0

A liberalização macroeconômica na segunda metade do século passado, aliada às características produtivas e tecnológicas da produção de semicondutores, fragmentou a produção desse bem em diversas partes do mundo. O segmento não foi o único que mudou nos anos da globalização, mas se torna particular ao ser componente presente em basicamente todos os setores da sociedade.

As duas etapas de maior valor adicionado nas CGVs dos semicondutores são de *design*, responsável por 50%, e a *front end* por 24%. China e EUA, por sua vez, são os dois maiores mercados de semicondutores do planeta, representando 25% do comércio mundial (SIA, 2021). Em termos de origem geográfica, podemos dividir a análise em três critérios; (A) sede dos fabricantes de dispositivos eletrônicos; (B) onde o dispositivo é fabricado; (C) localização dos usuários finais dos aparelhos. Como podemos ver pela tabela 2, EUA e China dominam os três critérios de disposição geográfica com vantagem aos demais países, onde 33% das sedes de dispositivos eletrônicos estão concentradas nos EUA contra 26% da China. Em termos de fabricação a China assume a liderança com 35% das firmas responsáveis contra 19% dos EUA. Em termos de consumo, EUA é responsável por 25% enquanto China 24%.

Tabela 2 – Vendas globais de semicondutores por área geográfica, 2019 (%)

Local	Sede dos fabricantes	Manufatura	Usuário Final
EUA	33%	19%	25%
China	26%	35%	24%
Taiwan	9%	15%	1%
Coréia	11%	12%	12%
Japão	10%	9%	6%
Europa	10%	10%	20%
Outros	-	-	22%

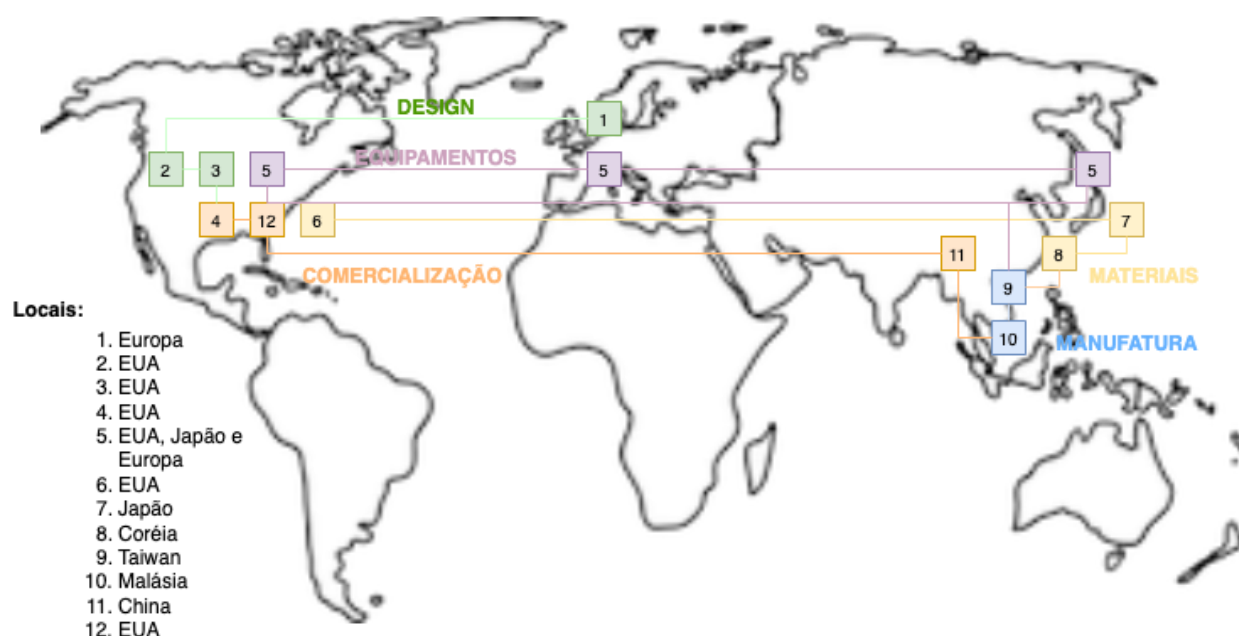
Fonte: Elaboração própria a partir de SIA (2021).

A especialização das capacidades em diferentes áreas geográficas é colocada na figura 2. Divide-se em 5 eixos principais: *design*, equipamentos, materiais, manufatura e comercialização. O primeiro eixo é dominado pelos EUA e pela Europa, concentrando basicamente o licenciamento de propriedade intelectual das firmas européias (1) onde nos EUA uma firma de *design* fornece o software de alta sofisticação para a elaboração e

desenho do *chip* (2) e que a firma *fabless* comercializará o projeto (3). Essas três primeiras etapas concentram a maior parte do valor da cadeia produtiva (SIA, 2021).

As fabricantes de dispositivos eletrônicos projetam os seus produtos e decidem quais componentes usar (4). Uma firma de smartphones sediada nos EUA que decide por um determinado projeto de semicondutores computa, em termos macroeconômicos, uma demanda americana, mesmo que o smartphone em si seja construído em outro país.

Figura 2 – A CGV dos semicondutores com especialização e capacidade em diferentes regiões



Fonte: Elaboração própria a partir da SIA (2021).

A fabricação de equipamentos altamente avançados (5) é desenvolvida por EUA, Europa e Japão, refletindo as décadas de esforço global e P&D bem como as características dos SNIs (CASSIOLATO *et al.*, 2015; MEDEIROS, 2019), mantendo esses países na dianteira tecnológica e regionalizando a própria CGV aos seus participantes mais preparados. Em paralelo, EUA mineram e refinam dióxido de silício (6), que é fundido e

recristalizado em um cristal único no Japão (7), que são fatiados e polidos em várias “bolachas” na Coreia do Sul (8).

Essas “bolachas” se transformam em circuitos integrados em Taiwan (9) numa *dedicated foundries*, realizando parte do *front-end*. Os circuitos são separados e embalados na Malásia (10) por uma *Outsourced Semiconductor Assembly and Test Companies* (OSAT). O *chip* é enviado para um eletrônico que é montado na China (11) e vendido para um consumidor nos EUA (12) e resto do mundo, fechando assim o ciclo global no eixo de comercialização.

Na figura 2 podemos ver o posicionamento dos principais países do mundo em relação a cadeia de valor dos microprocessadores: EUA e Europa se concentrando em *design*, já equipamentos avançados que exigem uma alta capacidade de manufatura estão nos EUA, Japão e Europa. Materiais se localizam nos EUA, Japão e Coreia do Sul, enquanto que a manufatura em Taiwan e Malásia. Por fim, a comercialização é executada na China e nos EUA.

Aqui cabem duas importantes observações: a primeira é a presença dos EUA em basicamente todos os eixos da cadeia global de valor dos semicondutores, exceto a manufatura. Se por um lado o país é capaz de concentrar todas as etapas da cadeia produtiva devido a sua dianteira nas tecnologias desenvolvidas nos semicondutores, a globalização inseriu o país em uma lógica onde os benefícios da manufatura como geração de emprego e capacitações técnica não o beneficiam - mesmo sendo um dos principais países de valor agregado na cadeia.

A relação intra-asiática, como aponta Medeiros (2006), coloca a China como um país que concentra OEMs, apenas adicionando aos eletrônicos os componentes semicondutores. Cabe a países como Malásia e Taiwan etapas que envolvem manufatura, Japão equipamentos de grande sofisticação tecnológica e materiais, em conjunto com a Coreia do Sul. As firmas chinesas tem espaço de *upgrading* para se mover ao longo da CGV dos semicondutores, mas a alta integração produtiva da região devido investimentos internacionais pode se tornar um desafio que posiciona a China como país focal de OEMs de países desenvolvidos com concentração de grandes firmas ETNs.

Diante o exposto, o mercado global vendeu cerca de U\$ 412 bilhões em semicondutores em 2019, sendo 25% para celulares e smartphones, 10% em eletrônicos, 19% em PCs e estruturas das TICs, como *data centers* e redes de comunicação, 12% para a indústria em geral e 10% ao setor automobilístico (SIA, 2021). Essa distribuição reflete a

interconexão e comunicação dos dispositivos em geral, tanto ao usuário final quanto na indústria e nas redes de comunicação.

A manufatura avançada, indústria 4.0, ainda manufatura inteligente ou economia digital são nomes distintos para o mesmo fenômeno que está longe de ser um consenso. Segundo Schwab (2016), essa indústria é conhecida pela digitalização da manufatura atual, sobretudo o que limita componentes físicos e virtuais, apontando três *drivers* fundamentais: (i) itens físicos de fácil visualização, como veículos autônomos, robótica e impressão 3D; (ii) itens digitais, onde o físico se une com o não tangível via *internet das coisas (IoT)*; (iii) avanços biológicos, como tecidos celulares, manipulação farmacêutica, etc.

A UNIDO (2016) percorre caminho semelhante ao apontar que os avanços realizados em áreas que necessitam de um grande processamento de dados e grande armazenamento de informações - computação em nuvem, inteligência artificial, veículos autônomos, etc - estão sendo realizados rapidamente devido os avanços nas tecnologias de *software* e *hardware*. Para BRIXNER *et al.* (2019) os avanços nessa manufatura digital aconteceram ao menos nos últimos trinta anos - com algumas tecnologias desenvolvidas até mesmo antes dos anos 1960. O diferencial recente é a enorme capacidade dos dispositivos físicos e toda a possibilidade mercadológica que se estende desde o comércio até inteligências artificiais em contato com produtores e consumidores, seja em aparelhos de *smartphone* ou *desktops* tradicionais (TIGRE E NORONHA, 2013).

De 13 tecnologias modernas que são características da indústria 4.0 (BRIXNER, 2019), 9 dependem diretamente do desenvolvimento de dispositivos físicos como sensores, codificadores, decodificadores, servidores, robôs, dentre outros. Parte dessas tecnologias dependem de um amplo ecossistema que envolve infraestrutura, investimentos direcionados e participação dos agentes públicos e privados. Os semicondutores e sua organização geográfica tem posição privilegiada no desenvolvimento dessas tecnologias, uma vez que o controle tecnológico de ponta envolve a posição das firmas dentro da cadeia global.

O avanço chinês como uma superpotência mundial, com extensa capilaridade produtiva e consumidora, esbarra nos interesses americanos em manter o controle de posições estratégicas na cadeia - e até mesmo incorporar etapas que envolvam o maior uso de mão de obra, devido seus benefícios em termos de geração de emprego e potencial inovador. As duas próximas seções tratam sobre a posição estratégica dos semicondutores nas preposições chinesa e americana.

5 A CHINA E OS SEMICONDUTORES

A China como uma das principais potências mundiais desse século enfatiza o papel dos semicondutores nas questões estratégicas militares e em padrões tecnológicos. Em termos gerais, o setor de semicondutores e circuitos integrados representa ao país o que outrora fora o setor siderúrgico para o seu desenvolvimento.

O atual sistema industrial, conforme Majerowicz e Medeiros (2018), é composto por semicondutores, bens de capital e computadores. Os países ditos integradores, isto é, que lideram os três setores, são EUA, Alemanha e Japão. Esse países realizaram sua escalada setorial antes do desenvolvimento chinês e das próprias CGVs, tendo suas fabricantes condições de operarem todas as etapas produtivas - as conhecidas IDM. Em 2016, das 20 maiores firmas de semicondutores do mundo, oito se localizavam nos EUA (incluindo a maior do mundo, a INTEL) e Japão e Europa contavam com 3 firmas cada.

A capacidade dos três países em todas as etapas de produção dos semicondutores os colocam em vantagem ao caso chinês, que tem uma indústria autossuficiente porém tecnologicamente atrasada. Um país retardatário nas CGVs para realizar uma integração setorial desse porte deve ter disponível mão de obra qualificada, mercado interno e esforço em P&D (MAJEROWICZ e MEDEIROS, 2018). Como já dito anteriormente, China e EUA são responsáveis por cerca de 25% do comércio global de semicondutores, o que coloca o país em boa posição de ação de integração.

Casos como Coreia do Sul e Taiwan chamam a atenção, onde ambos os países conseguiram subir nas cadeias globais de forma gradativa, deixando de operar apenas como OBM e se tornando países de OEM de relevância mundial - como é o caso da Samsung Electronics. Atualmente, Coreia e Taiwan são responsáveis respectivamente pelos materiais e pela manufatura - a Coreia separa um lingote em várias bolachas que são transformadas em Taiwan em circuito integrado de fato, unificando-as.

Reconhecendo seu atraso, nos anos 2000 a China apresentou em seu décimo plano quinquenal a priorização do desenvolvimento interno de circuitos integrados - manifestando o desejo de deixar de ser apenas um ponto de montagem e comercialização. À medida que se tornou o maior mercado de semicondutores do mundo, bem como de computadores (PCs) e smartphones, empresas como Huawei e Lenovo se desenvolveram (PWC, 2007). Impulsionadas por esforços governamentais, os setores de *design* e *fabless* começaram a se desenvolver, sendo os segmentos principais de receitas em 2016 (MAJEROWICZ e MEDEIROS, 2018).

Nos anos 2010 os objetivos chineses se tornaram mais claros. O país não pretendia realizar o caminho dos países vizinhos Coréia ou Taiwan, que realizaram o *upgrading* na lógica das CGVs, e sim fortalecer todas as etapas produtivas, tal qual os principais países desenvolvidos do mundo - sobretudo os EUA. No lançamento do *Made in China 2025 (MIC 2025)* em maio de 2015, o conselho de Estado elenca circuitos integrados e novas tecnologias da informação e comunicação como um dos dez setores estratégicos do país (EUROPEAN CHAMBER, 2017).

Apesar do nome, o ousado plano apresenta propostas em três etapas: entre 2015 e 2025; entre 2025 e 2035; por fim, de 2035 até 2049. A etapa que compreende a primeira fase do plano, de 2015 até 2025, tem os objetivos de fortalecer a china como principal país fabricante, focar na fabricação inteligente e de qualidade, além de dominar as principais tecnologias da indústria.

Thomas (2015) afirma que a atual iniciativa chinesa se difere das outras em três importantes aspectos: (i) o investimento governamental estipulado é quarenta vezes maior que as metas anteriores; (ii) foco na criação de vencedores em segmentos, via fusão e aquisição e outros movimentos de consolidação; (iii) abordagem de investimento dando as empresas locais de private equity a responsabilidade de alocar fundos públicos.

As firmas de base tecnológica como Huawei, ZTE, Vivo, Oppo, Xiaomi e de semicondutores, como SMIC e Hisilicon, além daquelas que tem destaque em inteligência artificial como Alibaba, Tencent, Iplatek e Megvii são focais para a liderança tecnológica empreendida pela China. O fortalecimento do sistema nacional de inovação é o meio pelo qual a China pretende fomentar e disseminar padrões tecnológicos - e um dos maiores exemplos de sucesso na empreitada é a frente feita aos estados Unidos diante os padrões de internet 5G (IEDI,2021).

A intensidade do esforço empreendido é singular devido o desafio chinês em ser, até 2049, uma superpotência tecnológica de ponta e autossuficiente. Segundo a SIA (2016) o gasto com P&D em relação à receita da indústria de semicondutores é a maior entre todos os setores manufatureiros, na ordem de 18,2% - seguida do setor de farmacêuticos e biotecnologia com 17,1% e software e dispositivos para computador com 13,2%. O negócio de semicondutores é marcado pela rápida mudança tecnológica e o nível alto de investimento em P&D é necessário para a dominação das principais etapas de valor agregado do setor.

Globalmente, o esforço chinês em P&D avançou de 0,89% para 2,4% entre 2007 e 2008, num crescimento de 275%. Relativamente, em termos de paridade de poder de

compra, representa 95% do volume de gastos americano, 4 vezes o da Alemanha e 3,2 vezes do Japão (IEDI, 2021). Os gastos citados tem possibilitado recursos diretos e indiretos aos agentes econômicos chineses, fortalecendo o SNI em diversas dimensões. Para tecnologias 4.0, a China dispõe de 40 centros nacionais de P&D em tecnologias *core* da nova revolução industrial em andamento, de 646 projetos pilotos em *green manufacturing*, 854 em *smart manufacturing*, 388 em *manufacturing & internet integration* (IEDI, 2021). Especificamente, só o *National Integrated Circuit Fund* tem como dotação 19 bilhões de euros.

Além de fomentar o aprendizado e a criação de tecnologia de ponta local, o volume de recursos disponíveis serve como instrumento estratégico das firmas chinesas em busca de fusão e aquisição das concorrentes internacionais - incorporando tecnologia das firmas estrangeiras. Mundialmente, o país não está realizando um movimento que coaduna com o funcionamento das CGVs, mas sim com a incorporação local tecnológica para uma autossuficiência setorial que tem objetivo mais amplo de criar padrões tecnológicos e se tornar um país referência em tecnologia de ponta, numa conjugação institucional e de integração produtiva que repelem os mecanismos viciantes de países centrais e periféricos e fornecem ao país retardatário a possibilidade de criação inovadora e tecnológica com ampla participação do estado na coordenação de instituições públicas, privadas, empresarial e de laboratórios de P&D para além do comando de investimentos verificado nas condições tradicionais das CGVs. Em outras palavras, a lógica de avanço por meio de cadeias não é a atual estratégia adotada pela China - com um olhar mais amplo e global e com pretensões de maior potência do planeta.

O trabalho de Diegues e Roselino (2021) segmenta o destaque relativo tecnológico da China quando o assunto é indústria 4.0: serviços inteligentes - a integração entre inteligência artificial e *big data*. Essa vantagem é justificada pelo pujante mercado interno protegido, pelo imenso volume de dados gerados e utilizados para algoritmos de inteligência artificial, das políticas públicas para a criação de cidades inteligentes e conectadas, bem como a enorme fonte de financiamento.

Das plataformas de serviço inteligente, podemos destacar o caso da WeChat e da Alibaba Cloud. O primeiro tem mais de 900 milhões de usuários interagindo entre sistemas físicos e virtuais e explorando uma miríade de serviços, como pagamentos virtuais. Por sua vez, a Alibaba Cloud tem vasta experiência em projetos de cidades inteligentes com o fornecimento de serviços públicos para melhorar a qualidade de vida da população e sua conectividade (IEDI, 2021; DIEGUES e ROSELINO, 2021)

Além dessas características, a China ainda apresenta grandes possibilidades de desenvolvimento em tecnologias que habilitam os sistemas cyber físicos manufatureiros - como robotização, machine learning e impressão aditiva. A criação de padrões tecnológicos por parte do país procura contornar a dependência de tecnologias externas e dar autonomia ao governo não apenas na criação e no desenvolvimento de inovações, como também em questões estratégicas militares - onde a tecnologia remota e o fluxo e conhecimento de dados são cada vez mais relevantes. Entretanto, os planos da China enfrentam alguns desafios globais. EUA e seus aliados, de forma sistemática, seja por uma dominância de padrão tecnológico ou até mesmo pela baixa confiabilidade do governo chinês, buscam frear a difusão e disseminação dos padrões chineses - como o caso da HUAWEI e da tecnologia 5G.

A distância chinesa da fronteira tecnológica - quando comparada sobretudo com Japão, Alemanha e EUA - não é desprezível. Esses três países, através de elaboradas políticas industriais, empurram a fronteira rumo a adoção de tecnologias 4.0, ao mesmo tempo que conjuntamente impõe restrições ao avanço chinês - um deles, inclusive, advindo da posição do país nas CGVs dos semicondutores, que por hora ainda se reduz em um centro de comercialização. Quando comparado com esses três países, o gigante oriental apresenta uma manufatura bastante heterogênea e muito menos robotizada. Mesmo que os esforços chineses estejam alicerçados na potencialização das firmas locais na criação de padrões tecnológicos para uma futura expansão global, é difícil crer que acontecerá uma universalização no parque fabril em médio prazo.

Estrategicamente, a fragilidade da posição chinesa em semicondutores no mundo - altamente dependente da performance de empresas como TSMC, Qualcomm, Samsung, e ARM - é ainda mais aguda com restrições internacionais de comercialização de firmas tecnológicas chinesas que contenham tecnologia americana embarcada. Em resposta, a China vem avançando agressivamente no investimento de P&D nesse setor e no arquivamento de documentos acadêmicos e patentes consideradas relevantes para a indústria local. Comparativamente, o número médio de citações por patente só dos EUA - num contexto dominado também pela Europa - é três vezes maior do que o de qualquer outro país do mundo (SIA, 2021).

Em suma, as pretensões chinesas em relação ao setor de semicondutores não é o de *upgrading* pelas CGVs, e sim criar todo o ecossistema necessário para a existência de IDMs como os casos dos países da fronteira tecnológica. Para isso aposta, desde meados dos anos 2000, no fortalecimento do SNI com ampla política de acesso ao crédito e

substituição de importações. Nos anos 2010 as pretensões chinesas se tornam ainda maiores - bem como os desafios - com o enquadramento do setor no avanço nas tecnologias de ponta da indústria 4.0, numa substituição de tecnologia externa por geração de capacidades internas com uma firme participação do estado na coordenação dos agentes econômicos, incentivando a interação das firmas locais com um enorme volume de recursos para financiamento em P&D. O desejo chinês de se tornar a maior potência do mundo esbarra com os interesses norte-americanos na sua manutenção inovativa e de destaque como potência hegemônica.

6 OS EUA E OS SEMICONDUTORES

Os Estados Unidos apresentam uma posição única e singular desde o início das tecnologias da informação e comunicação. Segundo Block (2008) o tipo de Estado desenvolvimentista adotado pelos americanos e pelos europeus no pós-guerra é diferente do adotado na Ásia, sendo no primeiro conjunto de países um Estado desenvolvimentista de rede (*developmental network State, DNS*), cujo o objetivo é ajudar as empresas a desenvolverem inovações de produto e de processo que ainda não existam - com recursos vultuosos em educação e pesquisa científica e tecnológica. Já os países asiáticos optaram por uma estratégia burocrática (*developmental bureaucratic State, DBS*), auxiliando as firmas domésticas a alcançar seus principais competidores internacionais, concedendo empréstimos e subsídios para as firmas se inserirem no mercado competitivo internacional.

Se a China atualmente se concentra em criar padrões tecnológicos globais, os EUA já fazem isso ao menos nos últimos cinquenta anos. O desenvolvimento de computadores e redes de computadores - seja no imediato pós-guerra com o ENIAC ou no projeto *Advanced Research Projects Agency Network* (ARPAnet) nos anos 1960 - abriu espaço para uma série de esforços coordenados que envolviam o governo, as universidades e agentes privados. Segundo Mowery e Simcoe (2001) a escala de financiamento e participação do governo distingui os EUA de países Europeus como Reino Unido e França. Um exemplo de padronização tecnológica é o próprio protocolo TCP/IP⁷, desenvolvido pelo *Defense Advanced Research Projects Agency* (DARPA), outros protocolos foram desenvolvidos no setor privado - nos EUA ou em outros países europeus - mas o TCP/IP

⁷ Meio de interconectar um *gateway* (*hardware*) para roteamento de dados

ficou disponível para domínio público, formando o padrão base do sistema operacional UNIX.

França e Reino Unido também tiveram suas próprias redes de computadores no mesmo período - como o caso Cyclades de 1972, na França, ou a National Physical Laboratories (NPL), uma rede para civis desenvolvida por Donald Davies no Reino Unido. Contudo, o ARPAnet se tornou o protótipo mais bem sucedido devido sua escala conectiva interligando instituições militares e de ensino superior, como o caso da UCLA (MOWERY e SIMCOE, 2001).

Políticas antitruste contra empresas como IBM e AT&T, gigantes do setor de computação e telecomunicação, permitiram a difusão de tecnologias como UNIX, programação em C e até mesmo transistores. Isso, em conjunto com políticas de regulação que diminuíram as taxas para serviços de telecomunicação, criou o cenário adequado para o surgimento de firmas como Intel, Microsoft, Apple, dentre outras (MOWERY E ROSENBERG, 1998). O contexto participativo do estado americano em nível federal, com o setor militar demandando novos produtos para equipamentos cada vez mais rápidos e eficientes, alimentou um espaço concorrencial dinâmico e altamente competitivo na polarização da Guerra Fria. Aos poucos, as novas firmas superavam as líderes devido a ausência de rotas tecnológicas (*path dependence*), com maior liberdade para inovarem e criarem novos mercados (TIGRE e NORONHA, 2013).

Portanto, os efeitos do investimento privado no caso americano foram mediados e conduzidos por uma constelação de instituições e políticas dentro do SNI americano, justificando a concentração de IDMs no setor de semicondutores. Os anos 1980 e 1990 expandiram o papel dos agentes privados com disposições regulatórias que ajudaram os empresários a levantar um grande volume de recursos vindos do capital de risco (MOWERY e SIMCOE, 2001). A comercialização e expansão da internet nos anos 1990 coincide com as novas definições mundiais em termos de globalização, com os EUA tendo um poder de caráter estrutural nas tecnologias TICs, segundo Majerowicz (2020), advindo da permanência americana na fronteira tecnológica e no domínio sobre os segmentos e interações de base nas TICs - especificamente supridor de equipamentos para manufatura de semicondutores, produtor de semicondutores e um grande mercado consumidor.

Os EUA na última década começam reaver algumas condições da sua participação nas CGVs para garantir seu posicionamento militar e tecnológico estratégico, bem como potência hegemônica global. O setor industrial americano é responsável por cerca de 72% de todas as despesas de P&D e emprega 60% da mão de obra de atividades de P&D (IEDI,

2017). No final do século passado para o início desse século, a indústria de transformação começou a crescer mais lentamente que setores como de finanças - com o deslocamento cada vez mais intenso das plantas fabris americanas para outros países do mundo com custos menores, com encolhimento da indústria doméstica e na perda de oito milhões de postos de trabalho entre 1987 e 2017 - sendo componente essencial nas eleições americanas da última década.

Esse processo afetou a capacidade inovativa americana ao desarticular o SNI construído no pós guerra refletido na destruição de bens manufatureiros e até mesmo no deslocamento de alguns centros de P&D do país para o resto do mundo - como foi o caso DuPont para a Índia e da IBM na China (IEDI, 2017). Dados de 2009 mostram a participação de setores intensivos em pesquisa no VA da indústria de transformação, com os EUA atrás da Alemanha, Coréia do Sul e Japão e, em termos de progresso no aumento de competitividade e inovação, desde o início desse século a classificação americana caiu para penúltimo lugar (IEDI, 2017).

O forte contraste entre a articulação dinâmica dos agentes econômicos dos EUA da segunda metade do século XX para as duas primeiras décadas do século XXI acendeu o alerta nas autoridades americanas. Estar bem posicionado em termos de VA nas CGVs dos semicondutores e ser, em conjunto com a China, o maior país consumidor, não garante força capacitativa e criativa em um setor dinâmico e complexo. A desarticulação do SNI afeta a geração de inovação via interação ao perder sua base fabril, colocando em risco conhecimento tácito adquirido ao longo do tempo na articulação sistêmica dos agentes econômicos - o que foi realizado com sucesso durante todo o período do pós guerra na América e começou a perder importância com a globalização do final do milênio.

Portanto, é justificável a preocupação americana com a retomada de algumas articulações. O país, diferente de alguns casos de sucesso da Ásia, não necessita realizar *upgrading* nas CGV. Assim como a China, o foco americano não é se movimentar na cadeia de valor agregado, e sim fortalecer a integração da sua base manufatureira e do que foi perdido na globalização produtiva. A vantagem americana em relação ao gigante asiático é exatamente a sua história e trajetória tecnológica, não bastando apenas manter seu predomínio tecnológico, sendo necessário expandir e retomar algumas condições fundamentais.

A *Advanced Manufacturing Partnership* (AMP) foi lançada em 2011 no governo Barack Obama com base nas recomendações do Conselho de Ciência e Tecnologia e do Comitê de Tecnologia e Inovação da Casa Branca, definida como uma esforço nacional

para unir o governo federal, as firmas privadas e a academia no desenvolvimento de tecnologias que preparem o país para a indústria do futuro. Em outras palavras, a iniciativa americana vai além de digitalizar e automatizar, buscando uma maior integração firma-universidade, com direcionamento do governo.

Entre 2012 até 2017 uma série de institutos foram criados sob responsabilidade de agências governamentais americanas para os principais setores de indústria avançada: O National Additive Manufacturing Innovation Institute, o Smart Manufacturing Innovation Institute e o Advanced Robotics Manufacturing Institute, respectivamente, são responsáveis por manufatura aditiva, manufatura inteligente e robótica. Em conjunto, contavam até janeiro de 2017 com um *funding* público e privado de cerca de meio bilhão de dólares (IEDI, 2017).

Especificamente, para o setor de semicondutores, os gastos em P&D nos EUA cresceram, entre 2000 e 2020, numa taxa anual de 7,2%. Historicamente, as taxas de gasto com P&D são altas devido as dinâmicas tecnológicas setoriais, refletindo a importância de investimento em P&D nos semicondutores. No ano 2020 o P&D da indústria americana totalizou U\$ 44 Bilhões de dólares (SIA, 2021).

Todavia, ao longo da última década, a produção de *chips* cresceu cinco vezes mais rápido no resto do mundo que na América - devido programas que os demais países colocaram em prática para atrair a fabricação de semicondutores. O setor responde por mais de um quarto dos empregos americanos, com cerca de 1,6 milhões indiretos ou induzidos (SIA, 2021). A maior parcela desses empregos são muito bem remunerados, uma vez que o país está na mais alta posição de geração de valor.

Diante o declínio na participação americana de fabricação de *chips* - bem como na redução de postos de trabalho nessa etapa da produção - e com financiamento federal longe do suficiente em termos de P&D, uma legislação bipartidária chamada *chips for America* foi promulgada em 2021 autorizando recursos para iniciativas de fabricação e pesquisa, procurando fortalecer o país em termos de empregos bem remunerados, recursos e infraestrutura militar, redução de custo de energia limpa e fortalecimento americano na fabricação de um recurso crítico para o domínio de tecnologias como: computação quântica, internet 5G/6G, inteligência artificial, etc.

Para garantir a liderança global na produção dos semicondutores, os principais desafios americanos resumem-se em 4 pontos, segundo a SIA (2021):

1. Financiar a fabricação doméstica de semicondutores, do design até a comercialização, abrangendo etapas em que o país perdeu força mas que são essenciais em termos tecnológicos;
2. Estratégia nacional - envolvendo educação e agentes públicos e privados - para aumentar o número de mão de obra especializada e retenção migratória de pessoal altamente qualificado;
3. Promover o livre comércio e a proteção de propriedade intelectual - retirando barreiras de mercado e promovendo acordos comerciais;
4. Colaboração com aliados e economias próximas para a promoção do crescimento e resiliência das CGVs.

7 CONCLUSÃO

O presente trabalho apresentou a literatura das cadeias globais de valor e o seu funcionamento no caso do setor de semicondutores. Pode-se observar que, a partir dos anos 1990, com a liberalização financeira e comercial, o setor sofreu um desmembramento produtivo quando diferentes etapas passaram a ser realizadas ao redor do mundo - com predomínio da América, Europa e parte da Ásia.

Esse deslocamento concentrou etapas de *design* e projeto nos países com maior capacitação produtiva, restando mão de obra mais qualificada e bem remunerada, como nos EUA, Japão e parte da Europa. Por outro lado, as capacidades vinculadas a estrutura de chão de fábrica responsável pela manufatura dos *chips* estão sendo perdidas por alguns países, como o caso dos Estados Unidos. Para recuperar parte das vantagens estruturais fabris, o governo americano, desde 2010, conta com políticas para o fortalecimento do setor de semicondutores objetivando uma retomada na integração produtiva local que recupere os postos de trabalho fabril, expanda as competências setoriais e dê vantagens de controle sobre as tecnologias 4.0.

Por sua vez, a China conta com uma estrutura produtiva altamente heterogênea e um setor de semicondutores com alta defasagem tecnológica quando comparado com os demais países desenvolvidos. Na mesma década de 2010, a China expande os planos para se tornar não apenas uma potência tecnológica no setor, mas dominar firmemente padrões tecnológicos da indústria 4.0, como inteligência artificial e *big data*. Diferente de outros casos asiáticos, o país não percorre as CGVs para realizar um *upgrading*, e sim a

integração total dos mecanismos de criação, fabricação e comercialização de semicondutores.

Se o caso americano se concentra em reestabelecer e expandir vantagens que tinha desde o pós-guerra como o país central no desenvolvimento de tecnologias da informação e comunicação via rearticulação do seu SNI com universidades e empresas privadas e apoio governamental, a China tenta estabelecer bases substanciais que permitam a sua presença em um dos setores mais complexos da economia via fortalecimento das firmas locais com uma presença governamental altamente articuladora e com vultuosos recursos financeiros. Em ambos os casos os países se esbarram em questões que vão além dos fatores econômicos, como preocupações militares e geopolíticas. Em todo caso, os dois países não estão caminhando nas CGVs em busca de VA, e sim em integrações produtivas e manufatureiras que permitam aos EUA a permanência como país hegemônico global e dê a China as capacidades tecnológicas necessárias rumo a fronteira.

REFERÊNCIAS

ANDREONI, A. GREGORY, M. Why and How Does Manufacturing Still Matter: Old Rationales, New Realities , in. **Revue d'Économie Industrielle**, forthcoming, 2013

BAMPI, S. Perspectivas do investimento em eletrônica. Rio de Janeiro: UFRJ, Instituto de Economia, 2008/2009. **Relatório integrante da pesquisa Perspectivas do Investimento no Brasil**", em parceria com o Instituto de Economia da Unicamp, financiada pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES). Disponível em: http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/empresa/pesquisa/pib/pib_eletronica.pdf. Acesso em: 30 jan. 2022.

BAUMANN, R. **O Brasil e a economia global**. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1996.

BELL, M.R. PAVITT K. "Technological accumulation and industrial growth: contrasts between developed and developing countries", **Industrial and Corporate Change**, 2,2, pp.157- 210, 1992.

BLOCK, F. Swimming against the current: the rise of a hidden Developmental State in the United States. **Politics and Society**, [S.l.], v. 36, n. 2, p. 169-206, jun. 2008.

BRIXNER, C. et al. Industria 4.0: ¿intensificación del paradigma TIC o nuevo paradigma technoorganizacional? **Centro Interdisciplinario de Estudios en Ciencia, Tecnología e Innovación (CIECTI)**, 2019.

CASSIOLATO, J.; MATOS, M. G. P.; MARCELLINO, I. S.; PODCAMENI, M. I. The myth of upgrading and development through insertion in Global Value Chains: a critique based on the Innovation System Literature". Paper Submitted to 13th **Globelics International Conference** La Habana, Cuba, 2015

CHANG, H-J. **Chutando a escada: a estratégia do desenvolvimento em perspectiva histórica**. São Paulo: Editora Unesp, 2003.

CHAVES, S.A. Tecnologias de eletricidade limpa podem resolver a crise climática. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 43, e20210361 (2021). DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2021-0361>.

DIEGUES, A. C; ROSELINO, J. E. Política industrial, tecno-nacionalismo e indústria 4.0: a guerra tecnológica entre China e EUA. IE/UNICAMP, **texto para discussão 401**. Janeiro de 2021.

EUROPEAN CHAMBER. China manufacturing 2025: putting industrial policy ahead of market forces. **European Union Chamber of Commerce**, 2017

FILIPPIN, Flavia. Estado e desenvolvimento: a indústria de semicondutores no Brasil. Rio de Janeiro: **Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social**, 2020. 438 p. ISBN: 9788587545671. (Prêmio BNDES de Economia; 37).

FLEURY, A. FLEURY, M. T. L. A reconfiguração das Cadeias Globais de Valor (global value chains) pós-pandemia." **Estudos Avançados**, 34 (100), 2020.

FREEMAN, C. (ed.) **Long waves in the world economy**. London: Frances Pinter (Publishers), 1983.

GEREFFI, G.; HUMPHREY, J.; STURGEON, T. The governance of global value chains. **Review of International Politic Economy**, v.12, n.1, p.78-104, 2005.

GUTIERREZ, R. M. V.; LEAL, C. F. C. Estratégias para uma indústria de circuitos integrados no Brasil. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 19, p. 3-22, mar. 2004.

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

HAHN, C. K.; DUPLAGA, E. A.; HARTLEY, J. L. Supply-Chain Synchronization: Lessons from Hyundai Motor Company. **Interfaces** 30, pp. 32-45, 2000. Disponível em: <<https://www.u-cursos.cl/ingenieria/2004/2/IN47B/1/.../46895>>. Acesso em: 27 jan. 2022.

MEDEIROS, C. A. A China como um Duplo Pólo na Economia Mundial e a Recentralização da Economia Asiática. **Revista de Economia Política**, vol. 26, nº 3 (103), pp. 381-400 julho-setembro/2006.

IEDI. Indústria 4.0: O Plano Estratégico da Manufatura Avançada nos EUA. **Carta IEDI** edição 820, 2017. Disponível em: <https://www.iedi.org.br/cartas/carta_iedi_n_820.html#:~:text=Pol%C3%ADtica%20de%20

Inova%C3%A7%C3%A3o%20para%20Manufatura,%C3%A0%20seguran%C3%A7a%20no%20s%C3%A9culo%20XXI.> . Acesso em: 30 jan 2022.

IEDI. Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Social. Indústria 4.0 e a Guerra Tecnológica China-EUA. **Carta IEDI** edição 1088, 2021. Disponível em: <https://www.iedi.org.br/cartas/carta_iedi_n_1088.html> . Acesso em: 30 jan 2022.

MEDEIROS, C. A.; TREBAT, N. Inequality and income distribution in global value chain". **Journal of Economic Issues**, Vol 51, Issue 2, 2017.

MEDEIROS, Carlos Aguiar de. Política Industrial e Divisão Internacional de Trabalho. **Revista de Economia Política**, vol. 39, nº 1 (154), pp. 71-87, janeiro-março/2019.

MAJEROWICZ, E.; MEDEIROS, C. CHINESE INDUSTRIAL POLICY IN THE GEOPOLITICS OF THE INFORMATION AGE: THE CASE OF SEMICONDUCTORS. **Revista de Economia Contemporânea**, 22(1), 2018.

MAJEROWICZ, E. A China e a economia política internacional das tecnologias da informação e comunicação. **Geosul**. 35. 73-102. 10.5007/2177-5230.2020v35n77p73. 2020.

MOWERY, D. C.; ROSENBERG, N. **Paths of Innovation: Technological Change in 20th Century America**. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1998.

MOWERY, D. C.; SIMCOE, T. Is the Internet a US invention?—an economic and technological history of computer networking." **Research Policy** 31 (2002): 1369-1387.

PEREZ, C. **Revoluciones tecnológicas e capital financeiro: la dinámica grandes burbujas financieras y las épocas de bonanza**. México: Siglo XXI, 2004.

PWC – PRICE WATERHOUSE COOPERS. **China's Impact on the Semiconductor Industry 2006 update**. New York: PwC, 2007.

SIA. Semiconductor Industry Association. **Beyond The Borders: The Global Semiconductor Value Chain**, 2016. Disponível em: <<https://www.semiconductors.org/wp-content/uploads/2018/06/SIA-Beyond-Borders-Report-FINAL-June-7.pdf>> . Acesso em: 23 fev. 2022.

SIA. Semiconductor Industry Association. **Strengthening the global semiconductor supply chain in a uncertain era**. Abril, 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 20 Jan 2022.

SIA. Semiconductor Industry Association. **State of the U.S. Semiconductor Industry**, 2021. Disponível em: <<https://www.semiconductors.org/wp-content/uploads/2021/09/2021-SIA-State-of-the-Industry-Report.pdf>> . Acesso em 30 Jan 2022

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

THOMAS, C. A new world under construction: China and semiconductors. **McKinsey on Semiconductors**, [S.l.], n. 5, p. 7-17, 2015.

TIGRE, P. B.; NORONHA, V. B. Do mainframe à nuvem: inovações, estrutura industrial e modelos de negócios nas tecnologias da informação e da comunicação . **Revista de Administração**, [S. l.], v. 48, n. 1, p. 114-127, 2013. DOI: 10.5700/rausp1077. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/rausp/article/view/55835>>. Acesso em: 4 fev. 2022.

UNIDO. Industry 4.0: Opportunities and Challenges of the New Industrial Revolution for Developing Countries and Economies in Transition. **Panel Discussion**. United Nations Industrial Development Organization, Vienna, Austria, 2016.

WTO. **World Trade Statistical Review**, 2018. Disponível em: <https://www.wto.org/english/res_e/statis_e/wts2018_e/wts2018_e.pdf>. Acesso em: 30 Jan. 2022.
suplementar.