

# Disputa tecnológica e reconfiguração industrial: Metamorfose na estrutura dos fluxos de transações globais diante das sanções Norte-Americanas

Raphael de Oliveira Silva<sup>1</sup>

Mabel Diz Marques<sup>2</sup>

Yuri Gonçalves Conrado Dantas<sup>3</sup>

## Resumo

Este estudo analisa transformações estruturais no comércio global do setor de chip e semicondutores (2016-2023), impulsionadas por disputas geopolíticas e reconfiguração produtiva. Utilizando dados do UN Comtrade e a construção dos índices Finger-Kreinin (IFK) e Herfindahl-Hirschman (IHH), os resultados indicam maior especialização produtiva e diversificação dos mercados de destino. A ascensão de economias como Índia, Indonésia, Israel, Malásia e México reflete ajustes nas cadeias globais e estratégias industriais a partir de estímulos governamentais. No atual cenário, as restrições comerciais dos EUA à China remodelam o setor, intensificando disputas e realocações produtivas. Essas mudanças exigem adaptação para garantir competitividade e resiliência na indústria global de semicondutores.

**Palavras-chave:** Semicondutores. Comércio internacional. Mudança Estrutural. Disputa geopolítica. Especialização produtiva.

---

<sup>1</sup> Doutorando em Economia pela UFBA. Consultor de Economia Industrial do SENAI CIMATEC. Email: raphael.silva@fieb.org.br;

<sup>2</sup> Doutora em Economia pela UFBA. Consultora de Economia Industrial do SENAI CIMATEC. Email:mabel.mota@fieb.org.br

<sup>3</sup> Mestre em Economia pela UFBA. Consultor de Economia Industrial do SENAI CIMATEC. E-mail: yuri.dantas@fieb.org.br.

## 1. Introdução

O setor de semicondutores passou a desempenhar um papel cada vez mais crucial na promoção da inovação global e no crescimento econômico, sendo a espinha dorsal da tecnologia moderna e das aplicações industriais (Goldberg et al., 2024; Liao et al., 2025). Esse segmento impulsiona avanços em tecnologias emergentes, como inteligência artificial e computação quântica, bem como exerce uma função crucial na segurança nacional e no comércio internacional.

Embora o setor de semicondutores seja um motor essencial para a inovação e o crescimento econômico, preocupações com práticas monopolistas e tensões geopolíticas podem constranger seu potencial (Ryu, 2025). A disputa tecnológica entre China e Estados Unidos no setor de chips e semicondutores se insere nesse contexto de crescente rivalidade geopolítica entre as duas potências, impactando profundamente a cadeia global de suprimentos do setor.

Os Estados Unidos, historicamente dominantes na indústria de semicondutores, adotaram sanções e restrições para limitar o acesso da China a tecnologias avançadas, visando manter sua posição estratégica. Ao passo que, a China tem investido significativamente no desenvolvimento de sua indústria de semicondutores, alcançando avanços notáveis na produção de chips de 7nm e alcançado avanços notáveis em setores da Economia Digital, tal como a tecnologia de internet 5G e Inteligência Artificial.

Diante desse cenário de interesses conflitantes e pressões geopolíticas, o presente estudo tem como objetivo identificar a existência de mudanças estruturais nos fluxos comerciais do setor de chips e semicondutores na economia global, bem como avaliar a magnitude dessas alterações e a direção que elas tomam. Para isso, a pesquisa emprega técnicas de estatística descritiva aplicada aos dados de comércio bilateral dos bens em análise, a construção de indicadores de mudança estrutural e a construção de indicadores de concentração. Além disso, o estudo incorpora uma revisão sistemática da literatura especializada, bem como a análise de decretos e políticas governamentais, a fim de interpretar os resultados obtidos e compreender seus desdobramentos.

Nesse contexto, torna-se fundamental compreender a magnitude e a direção dessas transformações para avaliar seus impactos na economia global, na competitividade industrial e nas dinâmicas de organização do setor. Além disso, é essencial analisar os desafios e as oportunidades que esses fatores impõem às políticas públicas e ao desenvolvimento industrial, permitindo a formulação de estratégias mais eficazes para a adaptação e o fortalecimento do setor diante das mudanças estruturais em curso.

Para isso, o estudo está estruturado em quatro seções principais, para além dessa introdução e considerações finais. A seção seguinte apresenta uma revisão da literatura, abordando o papel da cadeia de chips e semicondutores na economia global, a dependência da China de tecnologias estrangeiras e seus esforços para desenvolver uma indústria doméstica, além da análise das restrições comerciais e seus impactos. Logo em seguida, é exposta a metodologia adotada, especificando as fontes de dados, os códigos de bens utilizados e a construção dos indicadores empregados na análise. Por fim, nas duas seções seguintes são apresentados os principais resultados obtidos e a respectiva discussão.

## 2. A indústria de semicondutores na geoeconomia global: dependência tecnológica, restrições comerciais e impactos no comércio internacional

Os semicondutores, também conhecidos como circuitos integrados, chips microeletrônicos ou chips de computador, são dispositivos eletrônicos em escala microscópica, compostos por bilhões de componentes capazes de processar, armazenar, detectar e transmitir dados ou sinais. Predominantemente fabricados a partir de silício ou germânio, esses dispositivos tornaram-se essenciais na sociedade contemporânea, sendo amplamente utilizados em uma variedade de equipamentos, desde eletrodomésticos, como micro-ondas e torradeiras, até smartphones, redes de comunicação 5G, automóveis, sistemas avançados de defesa e tecnologias emergentes baseadas em inteligência artificial (Haramboure et al., 2023).

Ademais, o avanço da fronteira tecnológica com a Quarta Revolução Industrial (Indústria 4.0) posiciona os semicondutores como elemento estratégico para o desenvolvimento tecnológico dos países, uma vez que é essencial para o funcionamento de fábricas inteligentes conectadas pela Internet das Coisas (IoT), desenvolvimento de robôs, inteligência artificial e outras tecnologias de ponta. Dessa forma, o país que dominar a produção de semicondutores estará em posição de vantagem na corrida tecnológica global.

Do ponto de vista econômico, entre 2012 e 2022, as vendas globais de semicondutores dobraram, alcançando US\$ 602 bilhões, impulsionadas pela crescente digitalização e conectividade em praticamente todos os setores (McKinsey, 2024). Projeções indicam que esse mercado poderá ultrapassar US\$ 1 trilhão até 2030, impulsionado, principalmente, pela expansão da inteligência artificial e pela adoção crescente de veículos elétricos (Idem, 2024). A indústria de semicondutores caracteriza-se por uma interdependência significativa entre regiões e países, com os Estados Unidos, a União Europeia e a Ásia desempenhando papéis estratégicos. A especialização regional é um fator essencial para a estruturação do setor, com Taiwan e Coreia do Sul concentrando-se na manufatura de chips (*foundries*), enquanto os Estados Unidos e a União Europeia dependem majoritariamente da Ásia para o fornecimento desses dispositivos. Esse modelo reduz a dependência de fornecedores únicos e fortalece a participação de mercado em segmentos específicos (Dorakh, 2024).

Ao longo da cadeia de produção de semicondutores, diversos estágios interdependentes compõem o processo produtivo, com três etapas principais: design, fabricação e montagem. Essas fases dependem de insumos críticos a montante, como matérias-primas especializadas, software avançado e máquinas de alta precisão (Mönch et al., 2018). Sua produção geralmente envolve o uso de cerca de trezentos insumos distintos, como *wafers* brutos, produtos químicos básicos, compostos químicos especializados, entre outros. Ademais, esses materiais são transformados por meio de mais de cinquenta tipos de equipamentos de alta precisão na área de engenharia (Varas et al., 2021).

Os semicondutores, por sua vez, são componentes essenciais para diversas indústrias a jusante, com cada setor demandando chips específicos para suas aplicações, como no desenvolvimento de inteligência artificial e outras inovações tecnológicas (Ou; Yang, 2024). Essa complexidade produtiva faz com que a indústria de semicondutores seja caracterizada por um alto grau de fragmentação da cadeia produtiva e especialização (Pellens; Della Malva, 2018).

Nesse contexto, a especialização vertical desempenhou um papel central no crescimento da indústria de semicondutores na Ásia, sendo impulsionada pela fragmentação da cadeia de valor e pela otimização dos processos produtivos. A separação entre empresas *fabless*, responsáveis pelo *design* de chips, e *foundries*, especializadas na manufatura, proporcionou ganhos expressivos de eficiência e competitividade (Macher; Mowery; Simcoe, 2002). Taiwan e Coreia do Sul consolidaram-se como centros globais de *foundries*, com empresas como TSMC e Samsung Foundry, que passaram a fabricar

semicondutores para clientes internacionais sem a necessidade de operações verticalmente integradas. Esse modelo reduziu custos operacionais, facilitou o acesso ao mercado global e atraiu investimentos estrangeiros, fortalecendo as cadeias produtivas regionais e aproveitando infraestrutura avançada e políticas governamentais favoráveis (idem 2002).

Além disso, a especialização vertical estimulou colaborações estratégicas entre os países asiáticos, resultando na criação de ecossistemas produtivos altamente interdependentes. A China se consolidou como um polo para montagem e testes de semicondutores (*OSAT*), enquanto Taiwan e Coreia do Sul assumiram a liderança na fabricação de chips avançados. Paralelamente, a Malásia e Singapura destacaram-se nos processos de embalagem e testes finais, fortalecendo a integração regional da cadeia produtiva (Macher; Mowery; Simcoe, 2002; Said; Tan, 2024). A adoção de plataformas de automação desempenhou um papel essencial na integração dessas diferentes etapas, otimizando o fornecimento, a logística e a produção (Ehm; Ponsignon; Kaufmann, 2011). Esses elementos resultaram em maior eficiência operacional e economia de escala, consolidando a Ásia como o principal polo tecnológico da indústria de semicondutores e garantindo sua competitividade diante de outros mercados globais (Ryu, 2025).

No contexto da especialização e da desverticalização da indústria de semicondutores, os Estados Unidos beneficiaram-se significativamente da cadeia global ao reduzir custos, ampliar sua competitividade e consolidar sua liderança em inovação. A terceirização da manufatura para instalações *offshore* permitiu que as empresas americanas direcionassem seus esforços para atividades de maior valor agregado, como o *design* e o desenvolvimento de chips, impulsionando, assim, o crescimento do setor *fabless* (Brown; Linden; Macher, 2005). Como resultado, os Estados Unidos se estabeleceram como referência global na concepção de semicondutores, enquanto a fabricação foi predominantemente transferida para *foundries* localizadas na Ásia, reduzindo a necessidade de investimentos expressivos em infraestrutura produtiva (Ryu, 2025; Brown; Linden; Macher, 2005).

Adicionalmente, a presença global das empresas americanas facilitou o acesso a mercados internacionais e talentos especializados, com centros de pesquisa e design em *países* como Índia e China (Goldberg et al., 2024). A colaboração com fornecedores internacionais também desempenhou um papel crucial no avanço tecnológico, permitindo a integração de soluções inovadoras e o desenvolvimento de tecnologias avançadas (Brown; Linden; Macher, 2005). Dessa forma, a inserção dos Estados Unidos na cadeia global de semicondutores fortaleceu sua competitividade, garantindo sua posição estratégica na indústria global de alta tecnologia.

Entretanto, mudanças no cenário global tem imposto a cadeia da indústria de semicondutores diversos desafios e vulnerabilidades, evidenciadas por interrupções recentes, como a pandemia de COVID-19 e as tensões geopolíticas, incluindo o conflito entre Rússia e Ucrânia e as disputas comerciais entre os Estados Unidos e a China (Ryu, 2025). Esses desafios ressaltam a necessidade crítica de reforçar a resiliência e o planejamento estratégico para mitigar crises futuras.

Por exemplo, a pandemia da COVID-19 resultou no fechamento em larga escala de fábricas e atrasos na logística de transporte (Fu et al., 2023). Além disso, o conflito entre Rússia e Ucrânia gerou escassez de suprimentos energéticos e aumento dos preços de *commodities* (Simchi-Levi e Simchi-Levi, 2020). Essas adversidades demonstram que oscilações inesperadas dificultam a adequação da oferta à demanda de forma tempestiva, exigindo tempo para a recuperação das cadeias de suprimentos, que são submetidas a intensos testes de estresse (Collier et al., 2023; Haramboure et al., 2023). Ademais, Ivanov e Dolgui (2022) alertam que a escassez de recursos, causada por choques

extremos e interrupções prolongadas, pode gerar impactos globais significativos nas cadeias de suprimentos dos setores automotivo e eletrônico.

Neste contexto, o fortalecimento da resiliência da Cadeia de Suprimento de Semicondutores (doravante denominado de *Semiconductor Supply Chain* – CSS) tem sido uma prioridade para a academia, a indústria e os governos. As iniciativas incluem a diversificação das bases de produção (Lima et al., 2021), investimentos na produção doméstica, promoção de colaborações internacionais e o uso de avanços tecnológicos, como inteligência artificial e análise de *big data*. Adicionalmente, políticas públicas e incentivos governamentais têm sido desenvolvidos para apoiar a indústria de semicondutores, abordando desafios como a escassez de talentos e a necessidade de inovação para acompanhar as rápidas mudanças tecnológicas (Fu e Chien, 2019).

Neste processo de adaptação das economias, os Estados Unidos têm ampliado uma série de medidas restritivas à China, bem como estímulos de reorganizar sua cadeia da indústria de semicondutores em torno do seu eixo de influência (Goldberg et al., 2023).

Desde 2018, os Estados Unidos impõem sanções à China para restringir seu acesso a tecnologias avançadas e conter seu avanço na indústria de semicondutores. Essas medidas fazem parte de uma estratégia para limitar a influência chinesa no setor e mitigar riscos à segurança nacional dos EUA. Em julho de 2018, foram aplicadas tarifas de 25% sobre semicondutores chineses e restrições à exportação de tecnologias sensíveis, visando reduzir a participação da China na cadeia global e impedir seu acesso a componentes de uso militar (Hamdani & Belfencha, 2024). Já em maio de 2019, a Huawei foi incluída na lista de entidades dos EUA, sob alegações de espionagem, o que restringiu suas operações no mercado americano e o uso de serviços essenciais, como os do Google, afetando sua competitividade global (Hamdani & Belfencha, 2024).

O CHIPS Act, sancionado em 2023, destinou US\$ 53 bilhões para fortalecer a manufatura de semicondutores nos EUA, resultando no anúncio de US\$ 166 bilhões em novos investimentos no setor (Hamdani & Belfencha, 2024; Goldberg et al., 2023). Paralelamente, os EUA obtiveram a colaboração do Japão e dos Países Baixos para restringir a exportação de equipamentos avançados de litografia para a China, fundamentais para a produção de chips de última geração (Hamdani & Belfencha, 2024).

Além disso, a SMIC, maior fabricante de semicondutores da China, foi adicionada à lista de entidades do Departamento do Tesouro dos EUA, sob alegação de vínculos com o exército chinês, dificultando ainda mais seu acesso a tecnologias críticas (Hamdani & Belfencha, 2024).

Mais recente, em dezembro de 2024, o *Bureau of Industry and Security* (BIS) dos Estados Unidos implementou novas regulamentações que ampliam as restrições às exportações e reforçam as sanções a empresas envolvidas na cadeia de semicondutores da China. As medidas restringem o acesso chinês a equipamentos de fabricação de semicondutores e à tecnologia de Memória de Alta Largura de Banda, com o objetivo de limitar sua capacidade de produzir semicondutores avançados empregados em sistemas de armas de última geração, inteligência artificial (IA) e computação avançada (BIS, 2024). Como resposta, a China anunciou restrições à exportação de metais essenciais para a indústria de semicondutores, como gálio, germânio e antimônio, buscando impactar a cadeia produtiva global (Baskaran; Schwartz, 2024).

Diante do exposto, fica evidente que a disputa pelo domínio dos semicondutores é aquecida pelo seu papel estratégico na nova fronteira tecnológica, o que levou os países a adotarem várias políticas de

estímulos para ampliação da capacidade produtiva e internalização da cadeia produtiva (Moreira, 2021). Os desafios recentes, como a pandemia de COVID-19 e as sanções comerciais impostas no contexto da rivalidade geopolítica entre EUA-China, evidenciaram vulnerabilidades e reforçaram a necessidade de estratégias para aumentar a resiliência da cadeia produtiva. Nesse cenário, medidas como a diversificação da produção, estímulos governamentais e avanços tecnológicos emergem como fatores que buscam garantir a competitividade e a estabilidade da indústria de semicondutores no futuro. Essas iniciativas têm o potencial de promover mudanças estruturais nos fluxos de transações globais do setor, redefinindo as dinâmicas de mercado.

### 3. Procedimentos metodológicos da pesquisa

O presente estudo fundamenta-se em dados extraídos do banco de dados das Nações Unidas para o Comércio (*United Nations Comtrade Database* – UN Comtrade). As informações coletadas encontram-se desagregadas ao nível de seis dígitos, conforme a classificação do Sistema Harmonizado de Designação e Codificação de Mercadorias (Harmonized System – HS 6). A base de dados utilizada abrange fluxos de comércio bilateral entre 179 economias exportadoras, termo empregado devido à separação de dados comerciais de regiões autônomas, como Hong Kong e Macau, entre outras.

Todos os indicadores foram calculados com base nos valores totais das exportações expressos em preços *Free on Board* (FOB). No recorte temporal a investigação abrange dois períodos distintos, o período pré-pandemia de COVID-19, compreendido entre 2016 e 2019, e o período pós deflagração da pandemia, que se estende de 2020 a 2023. Os códigos analisados referem-se diretamente à Indústria de semicondutores, englobando componentes como sistema de semicondutores, transistores, lâminas de silício, semicondutor de memória, peças de circuitos integrados, peças de componentes discretos e diodos, perseguindo a classificação proposta por Kim e Cho (2024).

Para examinar as mudanças estruturais ocorridas no comércio desses produtos, foram empregadas técnicas de estatística descritiva, bem como a aplicação de indicadores específicos. Dentre as métricas utilizadas, destacam-se:

- I. **Índice Finger-Kreinin de Similaridade (IFK)**, utilizado para mensurar o grau de semelhança entre a estrutura de comércio em diferentes períodos;
- II. **Índice de Herfindahl-Hirschman (IHH)**, aplicado para avaliar as variações no grau de concentração do comércio, tanto em termos de produtos quanto de destinos.

O Índice de Similaridade de Finger-Kreinin (IFK) é utilizado na análise econômica para mensurar o grau de similaridade entre duas estruturas de comércio, produção ou especialização econômica. Desenvolvido por Finger e Kreinin (1979), o índice é particularmente útil para avaliar mudanças estruturais ao longo do tempo ou comparar padrões entre diferentes países, regiões ou setores. E desde então, o Índice FK tem sido utilizado para analisar a convergência estrutural do comércio exterior, a competitividade entre países e os efeitos de políticas industriais em diferentes contextos econômicos.

A metodologia baseia-se na comparação da participação relativa de diferentes agentes econômicos (exportadores ou produtos) no total exportado, em distintos momentos no tempo, permitindo a análise da evolução da estabilidade da estrutura do comércio exterior ao longo do tempo. O índice é definido conforme a expressão:

$$IFK_t = \sum_i \min(X_{i,t}, X_{i,2016}) \quad (1)$$

onde  $X_{i,t}$  representa a participação do bem ou do exportador  $i$  no total exportado no período  $t$ , enquanto  $X_{i,2016}$  é a mesma variável no período de referência (2016). O índice varia entre 0 e 1, onde valores mais próximos de 1 indicam maior estabilidade na estrutura do comércio e valores mais baixos sugerem uma reconfiguração significativa.

Ao passo que, para a construção dos indicadores de concentração de exportações, baseou-se no Índice de Herfindahl-Hirschman (IHH), amplamente utilizado para medir o grau de concentração industrial. A elaboração desse índice foi conduzida em duas etapas, a primeira para a avaliação da concentração das exportações de cada país em relação aos seus parceiros comerciais, e a segunda para mensuração da concentração das exportações considerando a segmentação por categoria de produto.

A seguir, apresentam-se a equação e a descrição detalhada dos cálculos empregados para a obtenção de cada Índice de Hirschman-Herfindahl (IHH):

$$IHH_{Destino} = \sqrt{\sum \left(\frac{X_{ij}}{X_i}\right)^2} \quad (2)$$

Onde  $X_{ij}$  é o valor das exportações da economia  $i$  para a economia  $j$  e  $X_i$  o valor total das exportações da economia  $i$ .

$$IHH_{Produto} = \sqrt{\sum \left(\frac{X_{ip}}{X_i}\right)^2} \quad (3)$$

Onde  $X_{ip}$  é o valor das exportações da economia  $i$  do produto  $p$  e  $X_i$  o valor total das exportações da economia  $i$ .

O IHH apresenta valores que variam entre 0 e 1. Valores próximos de 1 indicam uma estrutura de exportação altamente concentrada, em termos de produtos ou destinos, o que pode sinalizar uma maior vulnerabilidade econômica a choques externos. Por outro lado, valores próximos de 0 refletem um maior nível de diversificação, sugerindo um setor exportador mais resiliente e menos dependente de mercados ou produtos específicos.

#### 4. Reconfiguração da Oferta Global: Intensidade e Direção da Mudança Estrutural

Os fluxos comerciais globais da indústria de semicondutores têm experimentado uma expansão expressiva, mesmo diante do agravamento das disputas geopolíticas. Entre 2016 e 2022, as exportações do setor cresceram significativamente, passando de US\$ 767,75 bilhões para um pico de US\$ 1.469,14 bilhões em 2022. No entanto, em 2023, observou-se uma redução para US\$ 1.265,05 bilhões ( Gráfico 1).

A retração foi mais pronunciada no caso da China e de sua região autônoma de Hong Kong, as quais, em conjunto, registraram uma redução de US\$ 113 bilhões. Esse valor corresponde a aproximadamente 50% do declínio total das exportações globais da indústria de semicondutores. Tal cenário reflete os impactos das medidas comerciais mais restritivas implementadas pelos Estados Unidos contra a China, particularmente direcionadas ao segmento de semicondutores, que tem sido alvo central das tensões geopolíticas e tecnológicas entre as duas potências.



Gráfico 1 -

Total das exportações globais da Indústria de Semicondutores por categorias, entre 2016 e 2023

Fonte: Elaboração própria com base nos dados brutos do UNCOMTRADE (2024)

Em 7 de outubro de 2022, o Departamento de Comércio dos EUA, por meio do *Bureau of Industry and Security* (BIS), implementou controles mais rigorosos sobre a exportação de tecnologia avançada para a China, alterando a dinâmica do comércio global no setor. Dentre as principais medidas, destacam-se a proibição da exportação de chips avançados utilizados em computação de alto desempenho e inteligência artificial, bem como as restrições ao fornecimento de equipamentos de fabricação de semicondutores para empresas chinesas. Segundo o BIS (2022), essas tecnologias de ponta poderiam ser empregadas para “produzir sistemas militares avançados, inclusive armas de destruição em massa” e “cometer abusos de direitos humanos”.

Os resultados do Índice de Finger-Kreinin (IFK) indicam uma reconfiguração gradual na estrutura do comércio global, tanto em termos da composição dos produtos comercializados quanto dos principais agentes exportadores. Em 2023, os valores do índice foram de 0,91 para produtos e 0,89 para exportadores, evidenciando um afastamento em relação à estrutura inicial de 2016 (Gráfico 2). Observa-se que a maior parte da transformação ocorreu entre 2016 e 2019, com uma desaceleração do ritmo de mudança nos anos subsequentes.

Entre 2016 e 2019, a variação da mudança estrutural foi de 2,0% ao ano para produtos e 2,4% ao ano para exportadores, refletindo um processo mais dinâmico de recomposição do comércio global. Em contrapartida, no intervalo de 2020 a 2023, essa intensidade foi reduzida para 0,6% ao ano e 0,9% ao ano, respectivamente, sugerindo um arrefecimento no ritmo de transformação da estrutura do comércio internacional. No entanto, a continuidade da tendência de queda, especialmente no índice de exportadores, sugere que o processo de reconfiguração ainda está em curso.

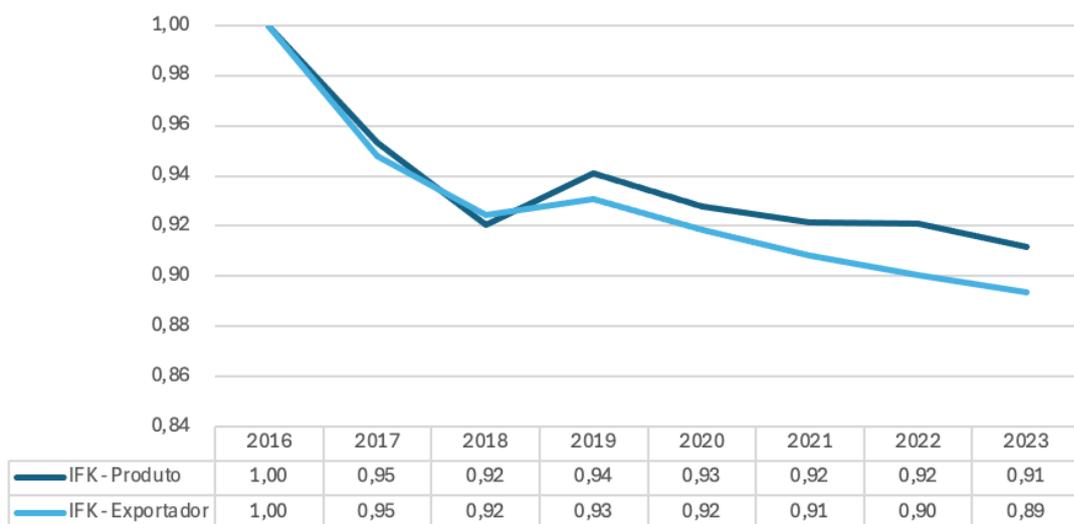


Gráfico 2 -

Índice de Finger-Kreinin (IFK) de produto e exportador, entre 2016 e 2023

Fonte: Elaboração própria com base nos dados brutos do UNCOMTRADE (2024)

No âmbito dos principais atores, a estrutura do comércio global evidencia a predominância dos países asiáticos, tanto em termos de participação quanto de crescimento das exportações. A reconfiguração dos exportadores ocorreu de maneira mais expressiva entre economias que passaram a integrar gradualmente o mercado global, em contraste com os principais atores já consolidados.

Países como China e sua região autônoma de Hong Kong, bem como outras economias asiáticas de destaque, incluindo Taiwan, Coreia do Sul e Singapura, mantiveram sua relevância no comércio internacional. O volume de transações comerciais desses países registrou um crescimento moderado, resultando no aumento de sua participação nas exportações globais, que evoluiu de 67,4% em 2016 para 68,0% em 2019, atingindo 70,8% em 2023.

Mesmo diante das restrições comerciais impostas, China e Hong Kong continuaram a expandir sua presença no mercado global, embora em um ritmo reduzido. Entre 2016 e 2019, o crescimento das exportações da China, que foi de 45,4%, ritmo que desacelerou para 23,6% entre 2020 e 2023, indicando uma redução significativa na taxa de expansão. De forma semelhante, as exportações de Hong Kong apresentaram um crescimento de 29,1% no período de 2016 a 2019, porém essa taxa caiu para 16,8% entre 2020 e 2023. Esses resultados sugerem que, apesar da manutenção da relevância dessas economias no comércio global, as restrições comerciais impactaram diretamente a trajetória de crescimento das exportações, reduzindo sua dinâmica de expansão.

Entre 2020 e 2023, as alterações mais expressivas na estrutura das exportações ocorreram na Ásia, porém com a ascensão de novos atores comerciais. Países como Índia, Indonésia, Israel, Malásia e México registraram taxas de crescimento significativamente elevadas no período, com aumentos de 253%, 120%, 55%, 49% e 39%, respectivamente. Esses resultados coabitam com a diversificação geográfica do comércio de semicondutores, impulsionada tanto pelo redirecionamento das cadeias produtivas quanto pelo fortalecimento de políticas industriais voltadas para o setor nestas economias emergentes.

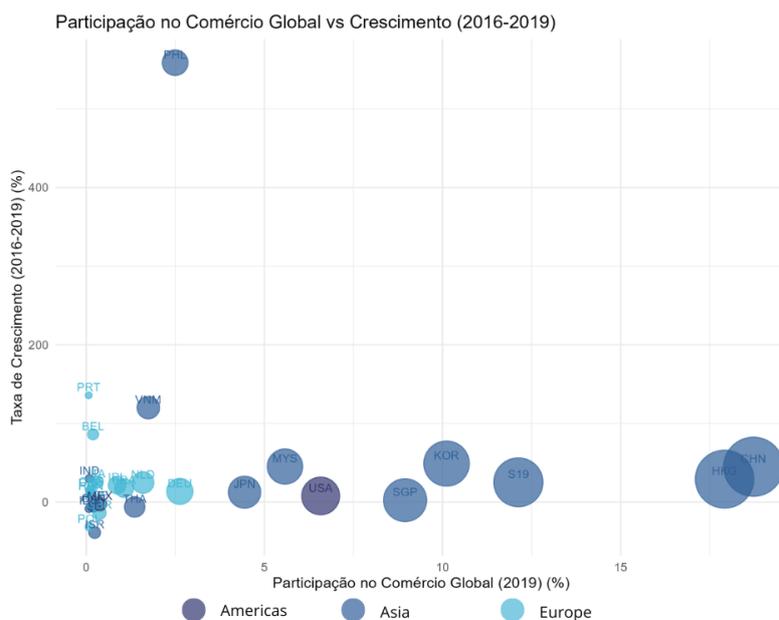


Gráfico 3 - Crescimento (2016-2019) x Participação no Comércio Global (2019) dos 30 maiores exportadores de 2019 (em %)

Fonte: Elaboração própria com base nos dados brutos do UNCOMTRADE (2024)

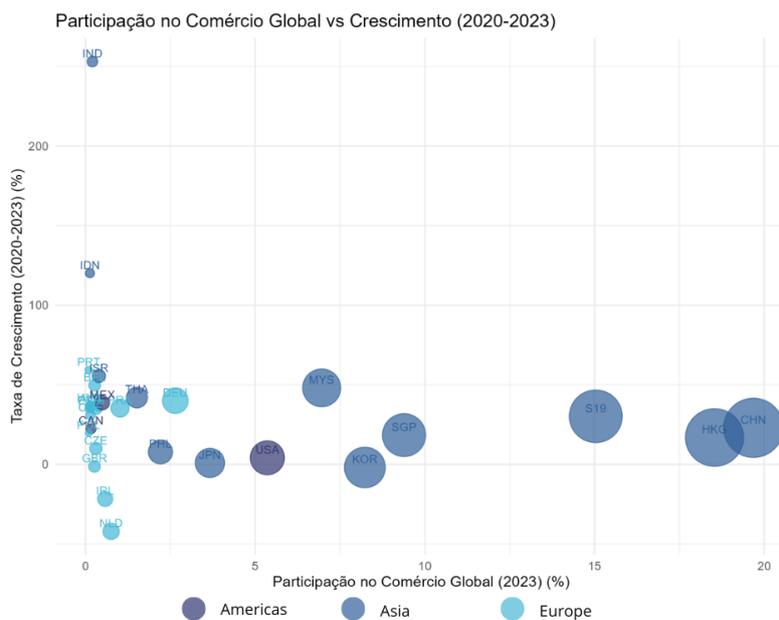


Gráfico 4 - Crescimento (2020-2023) x Participação no Comércio Global (2023) dos 30 maiores exportadores de 2023 (em %)

Fonte: Elaboração própria com base nos dados brutos do UNCOMTRADE (2024)

A ascensão da **Índia** como um novo polo da indústria de semicondutores é impulsionada por uma combinação de iniciativas governamentais estratégicas, incentivos financeiros e um posicionamento global favorável. O programa *Atmanirbhar Bharat Abhiyan* visa fortalecer a produção doméstica e reduzir a dependência das importações, sobretudo da China, enquanto a Missão de Semicondutores, estabelecida em 2022, tem como foco o avanço tecnológico e a inovação no setor (Sadovnikova, 2024). Neste processo, para atrair investimentos estrangeiros diretos (FDI) e incentivar a manufatura local, o governo indiano implementou subsídios e incentivos financeiros (Goldberg et al., 2024), além

de priorizar o desenvolvimento de infraestrutura produtiva e centros de pesquisa, criando um ambiente propício para a consolidação da indústria (Hallur; Ashok, 2023).

No cenário global, a Índia tem buscado se posicionar como uma alternativa à China para empresas de eletrônicos, buscando parcerias com países alinhados aos interesses dos Estados Unidos nas colaborações internacionais, facilitando a transferência de tecnologia e fortalecendo a competitividade do setor, para além de se beneficiar da abundante mão de obra e da classe média em expansão (Hallur; Ashok, 2023). No entanto, desafios como a implementação tardia das reformas e a necessidade de avanços em design e produção de chips ainda representam obstáculos para que a Índia possa competir plenamente no mercado global de semicondutores (Shavlay, 2022).

Nas Américas, os **Estados Unidos** permanecem como o único país com expressiva participação no setor. No entanto, observa-se uma redução gradual da sua representatividade nas exportações globais, que passou de 7,7% em 2016 para 6,5% em 2019 e 5,3% em 2023. Esses resultados indicam uma tendência de consolidação da liderança asiática na indústria de semicondutores, enquanto economias ocidentais enfrentam desafios na manutenção de sua competitividade no mercado global.

Na **Indonésia**, ao menos desde 2004, o país tem implementado políticas de inovação focadas em ciência e tecnologia, por meio da criação de organizações de inovação e programas de financiamento que facilitam a integração entre pesquisa e indústria, permitindo a comercialização de produtos inovadores (Simatupang et al., 2022).

As estratégias de inovação abertas, especialmente no setor de Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC), têm desempenhado um papel fundamental ao fomentar a cocriação entre *startups* e empresas consolidadas, promovendo a redução de custos em pesquisa e desenvolvimento (P&D) e a mitigação de riscos associados à inovação (Yuana et al., 2022). A orientação empreendedora também se destaca como um elemento essencial nesse processo, uma vez que a forte cultura de inovação de produtos e a adoção de estratégias de marketing eficazes têm impulsionado o crescimento e a competitividade das micro, pequenas e médias empresas (MPMEs) do setor (Haedar, 2024).

Para além destes fatores, a Indonésia ocupa uma posição geoestratégica de grande relevância, estando situada entre dois oceanos e duas regiões continentais. Além disso, o país se destaca como a maior economia e a nação mais populosa do Sudeste Asiático, o que o posiciona como um ator central nas rotas marítimas de comércio, bem como um elemento fundamental para a estabilidade econômica e a segurança regional (Amin et al. 2024).

Nesse contexto, diante da intensificação da competição geopolítica entre os Estados Unidos e a China, na região do Indo-Pacífico, a Indonésia ganha destaque por sua relevância estratégica para os negócios no setor. Essa relevância é ainda maior quando somada a tradição da política externa indonésia baseada na neutralidade, que desempenha um papel fundamental na formulação de sua estratégia de relações internacionais, o que permite ao país manter um posicionamento equilibrado entre as grandes potências e ampliar suas oportunidades no comércio global (Amin et al. 2024).

Já em **Israel**, a indústria de semicondutores desenvolveu-se ao longo de quase 50 anos, impulsionada por uma combinação de investimentos governamentais, integração com multinacionais e um ambiente inovador altamente dinâmico (Yeshua-Katz & Efrat-Treister, 2021). Desde a década de 1960, o país adotou políticas para a criação de um centro de conhecimento local, incentivando instituições acadêmicas a desenvolverem expertise em ciência e engenharia de semicondutores

(Juraev, 2024). Esse esforço foi fortalecido no final dos anos 1970 com o estabelecimento de centros de desenvolvimento de empresas como Intel, *National Semiconductor* e Motorola, levando à construção de fábricas locais e ao surgimento de um ecossistema vibrante de startups, muitas delas impulsionadas por fundos de capital de risco e incentivos estatais (Juraev, 2024).

De um modo geral, a geopolítica teve um papel crucial no crescimento da indústria de semicondutores israelense. A estreita relação com os Estados Unidos e a União Europeia permitiu ao país atrair investimentos significativos e transferência de tecnologia, consolidando-se como um exportador estratégico para mercados ocidentais. Empresas como Intel, Nvidia, Apple e Samsung estabeleceram centros de pesquisa e desenvolvimento (P&D) em Israel, se valendo da mão de obra altamente qualificada e a cultura de inovação (Yeshua-Katz & Efrat-Treister, 2021). Além disso, o país se destacou na produção de semicondutores para aplicações militares e de segurança, reforçando sua posição como fornecedor confiável para o setor de defesa dos EUA (Lifshitz, 2024; Juaev, 2024). Ademais, Israel também se consolidou como uma potência mundial no segmento de testes de qualidade para semicondutores, sendo responsável por cerca de um terço do mercado global de equipamentos de controle de produção (Juaev, 2024).

Na **Malásia**, ao menos desde a década de 1970, a Malásia vem implementando um arcabouço de políticas industriais voltadas para o fortalecimento do setor elétrico e eletrônico. De modo que, o país responde por aproximadamente 13% da capacidade global de montagem, testes e embalagem de semicondutores, com projeções para alcançar 15% até 2030 (Said; Tan, 2024). Entretanto, a Estratégia Nacional de Semicondutores (doravante denominada National Semiconductor Strategy - NSS) reforça essa trajetória de expansão ao visar impulsionar a indústria de semicondutores por meio do fortalecimento da infraestrutura existente, avanço na fronteira tecnológica, fomento a inovação e atração de investimentos estratégicos, bem como o desenvolvimento de empresas locais especializadas no design de chips e embalagem avançada (MITEC, 2024).

Diante do cenário geopolítico pautado na rivalidade entre os Estados Unidos e a China e a consequente fragmentação das Cadeias Globais de Valor (CGV), a Malásia emergiu como um destino estratégico para empresas que buscam diversificar sua produção e reduzir a dependência da China (Chin, 2022). Neste contexto, medidas como o *CHIPS Act* dos Estados Unidos e as restrições impostas por Japão e União Europeia à exportação de equipamentos de litografia avançada para a China criaram oportunidades para a Malásia atrair investimentos e ampliar sua participação no mercado global de semicondutores (Said; Tan, 2024).

Por fim, no **México**, a indústria de semicondutores tem se expandido progressivamente, impulsionada por uma combinação de fatores estratégicos, incluindo a proximidade geográfica com os Estados Unidos e os investimentos estrangeiros diretos (IED) se destacando, principalmente, no segmento OSAT (*Outsourced Semiconductor Assembly and Test*), que envolve a montagem, o teste e a embalagem de semicondutores (Chalico; Valásquez, 2023). Embora esse segmento seja de menor valor agregado em comparação à fabricação de chips avançados, ele representa um passo fundamental para a inserção do México na cadeia global de valor.

A presença de empresas multinacionais tem sido essencial para a expansão da indústria de semicondutores no México. Empresas como Intel, *Skyworks Solutions*, *Texas Instruments* e *Infineon* estabeleceram operações no país, promovendo transferência de conhecimento, inovação tecnológica e geração de empregos especializados (Gereffi, 2025). Além disso, as políticas industriais implementadas pelos Estados Unidos, como a *CHIPS Act*, têm direcionado a realocação de

investimentos e o fortalecimento da manufatura regional, consolidando o México como um destino estratégico para a indústria de semicondutores, seja pelo efeito *nearshoring* ou *friedshoring* (Henrichsen, 2024; GEREFFI, 2025).

Diante do exposto, verifica-se que, no período de 2016 a 2023, a indústria global de semicondutores experimentou uma fase de expansão, seguida por uma retração, impactada por tensões geopolíticas e restrições comerciais. A contração dos fluxos comerciais foi acentuada, sobretudo, pela redução das exportações da China e de Hong Kong. Além disso, a reconfiguração do setor beneficiou economias emergentes, como Índia, Indonésia e Malásia, enquanto a participação dos Estados Unidos foi reduzida para 5,3% em 2023. Essas transformações refletem a fragmentação das cadeias globais e a consolidação da Ásia como o principal polo da indústria de semicondutores, em um ambiente comercial cada vez mais complexo e multipolar. No entanto, ainda é necessário investigar se essa tendência resultou em uma maior ou menor concentração de mercados e produtos.

## 5. Dinâmica do Fluxo Comercial: Concentração e Diversificação na Cadeia de Semicondutores

Neste contexto das concentrações dos fluxos comerciais, o IHH de exportadores revela um nível relativamente estável de concentração entre 2016 e 2023, variando de 0,33 para 0,35, o que sugere uma estabilização na distribuição dos mercados exportadores (Gráfico 5).

Por outro lado, o IHH das exportações por destino apresentou uma trajetória de leve aumento da concentração até 2021, passando de 0,36 em 2016 para 0,38 em 2021, refletindo uma redução da diversificação dos mercados de destino. No entanto, em 2022 e 2023, o índice registrou uma queda significativa para 0,36 e 0,34, respectivamente, sugerindo um aumento da diversificação das exportações para um maior número de destinos, possivelmente em resposta a mudanças no cenário geopolítico e à busca por novas oportunidades de mercado.

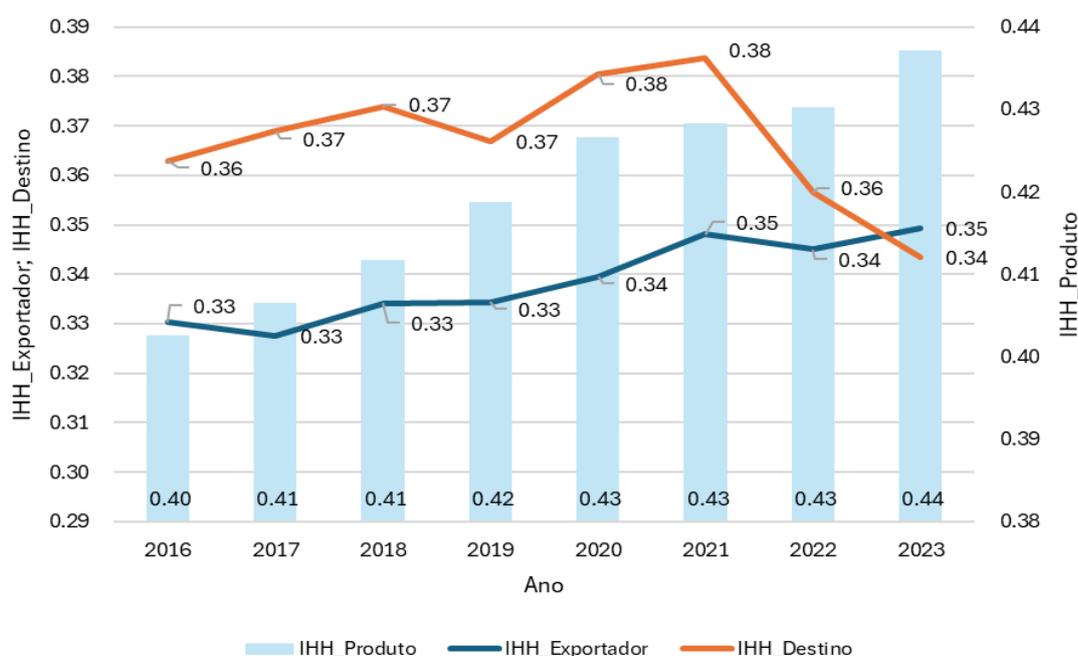


Gráfico 5- IHH de Produto, de Exportador e Destino, entre 2016 e 2023  
Fonte: Elaboração própria com base nos dados brutos do UNCOMTRADE (2024)

A concentração das exportações por produto apresentou uma tendência de aumento ao longo do período analisado. O índice (IHH\_Produto) aumentou de 0,40 em 2016 para 0,44 em 2023, sugerindo uma maior especialização em um conjunto reduzido de produtos exportados, especialmente nas categorias de *system semiconductor* e *memory semiconductor*.

No que diz respeito à concentração individual das economias, ao comparação entre o período 2016-2019 e 2020-2023 revela mudanças significativas nas dinâmicas internas desses mercados (Gráfico 6 e Gráfico 7). Os **Estados Unidos** destacam-se entre os principais países analisados, apresentando uma baixa e estável concentração das exportações por destino, com índice variando de 0,37 para 0,36 ao longo do período. Essa estabilidade também é observada na concentração por produto, indicando uma distribuição relativamente diversificada de suas exportações.

No caso da **China**, houve uma redução na concentração das exportações por destino, que passou de 0,42 no período pré-pandemia para 0,38 no período pós-pandemia. Esse movimento indica uma maior diversificação dos parceiros comerciais, impulsionada pela fragilização do intenso fluxo de comércio com os Estados Unidos. De forma similar, verificou-se uma leve redução na concentração por produto, de 0,40 para 0,38, sugerindo uma ampliação da diversidade da pauta exportadora do país.

**Hong Kong**, cuja estrutura comercial mantém um vínculo intrínseco com a China, posiciona-se como uma das economias mais concentradas. Apesar disso, registrou uma ligeira redução no índice de concentração por destino, de 0,82 para 0,79, sinalizando uma pequena expansão no número de mercados atendidos. Por outro lado, a concentração por produto apresentou um aumento, passando de 0,43 para 0,46, o que indica uma maior especialização produtiva.

A **Índia** seguiu na direção oposta, apresentando um expressivo aumento na concentração por destino, de 0,26 para 0,50, o que sugere uma crescente dependência de mercados específicos no período recente. Essa tendência também se verifica na concentração por produto, ainda que em menor escala, com um aumento de 0,38 para 0,44.

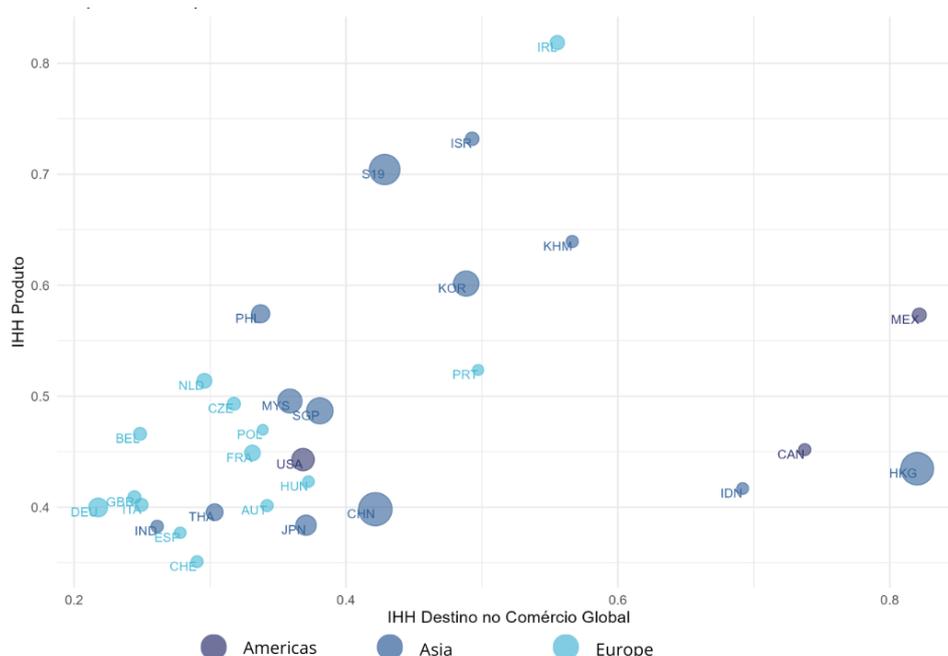


Gráfico 6 - IHH de Produto (2016-2019) x IHH de Destino (2016-2019) dos 30 maiores exportadores de 2019  
Fonte: Elaboração própria com base nos dados brutos do UNCOMTRADE (2024)

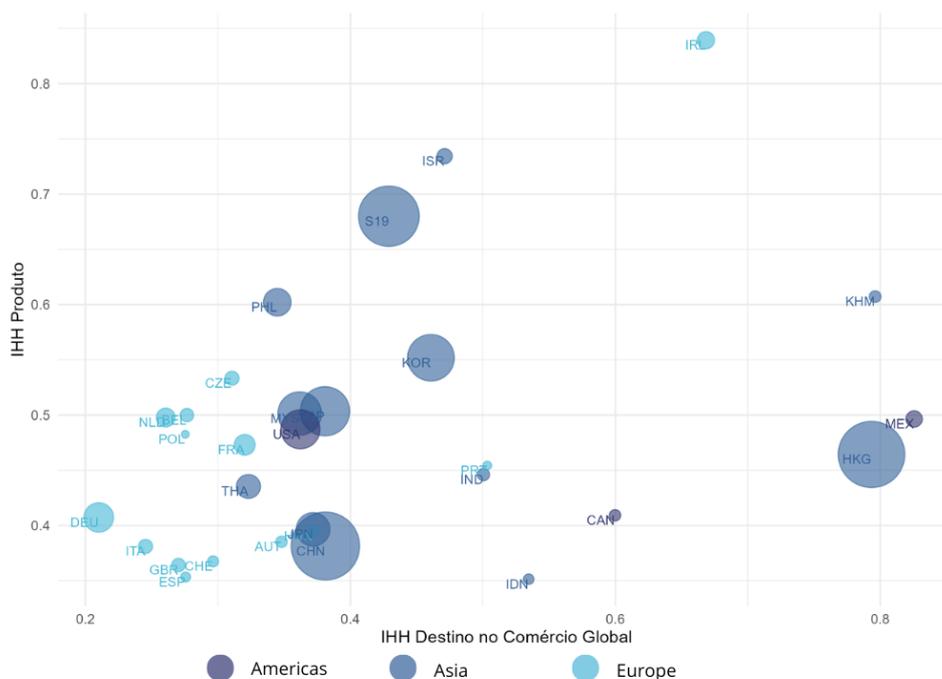


Gráfico 7 - IHH de Produto (2020-2023) x IHH de Destino (2020-2023) dos 30 maiores exportadores de 2023  
 Fonte: Elaboração própria com base nos dados brutos do UNCOMTRADE (2024)

A **Indonésia**, por sua vez, contrastou com essa tendência ao demonstrar um relevante processo de diversificação dos destinos comerciais, refletido na redução do índice de concentração de 0,69 para 0,53. De modo semelhante, a diversificação de produtos exportados também se ampliou, com a concentração diminuindo significativamente de 0,41 para 0,35.

As economias da **Malásia** e de **Singapura** mantiveram níveis estáveis de concentração por destino, próximos de 0,36 e 0,38, respectivamente, refletindo uma estrutura comercial consolidada e diversificada. Esse padrão também se repetiu na concentração por produto, que apresentou aumentos discretos, permanecendo ao redor de 0,50.

**Israel**, apesar de ter adquirido maior relevância no fluxo global de comércio, manteve sua estrutura comercial relativamente inalterada. O país registrou uma leve queda na concentração por destino, de 0,49 para 0,47, comportamento que também se refletiu na pauta exportadora, que preservou um elevado nível de concentração em torno de 0,73.

Tal como Hong Kong desempenha um papel estratégico para a China na indústria de semicondutores, o México exerce função semelhante em relação aos Estados Unidos. As exportações mexicanas mantiveram uma elevada concentração por destino, com um leve aumento de 0,82 para 0,83, evidenciando a continuidade da forte dependência de poucos mercados, especialmente dos Estados Unidos. Em contrapartida, a concentração por produto apresentou uma redução, de 0,57 para 0,49, sugerindo um aumento na variedade de bens exportados. Esse fenômeno pode ser reflexo do movimento de migração de unidades operacionais da China para regiões próximas aos Estados Unidos.

Neste ínterim, torna-se evidente que o comércio global de semicondutores experimentou um crescimento expressivo entre 2016 e 2022, seguida por uma retração significativa em 2023, impulsionada, em grande parte, pelas restrições comerciais impostas pelos Estados Unidos à China.

Os resultados apontam para uma reconfiguração estrutural do setor de semicondutores, caracterizada pelo aumento da participação dos países asiáticos e pela ascensão de novas economias, como Índia, Indonésia, Israel, Malásia e México, favorecidas por políticas industriais e investimentos externos.

Além disso, verificou-se um processo de especialização produtiva, refletido no aumento da concentração das exportações por produto. Em contrapartida, a diversificação dos mercados de destinos apresentou variações entre as economias, com algumas ampliando sua rede comercial, enquanto outras reforçaram sua dependência de mercados específicos. No cenário atual, a competição geopolítica e as transformações nas cadeias de suprimentos seguem como fatores determinantes, criando desafios e oportunidades para os principais exportadores de semicondutores.

## **6. Considerações finais**

Este estudo teve como objetivo analisar a presença e a direção da mudança estrutural no fluxo do comércio global da indústria de semicondutores entre 2016 e 2023. O setor de semicondutores encontra-se em um período de transformações significativas, impulsionado por fatores geopolíticos, econômicos e tecnológicos. Desde 2018, as sanções impostas pelos Estados Unidos à China, incluindo tarifas, restrições de exportação e a inclusão de empresas chinesas na lista de entidades, visam conter o avanço tecnológico da China e proteger os interesses estratégicos dos EUA. Essas medidas resultaram em uma reconfiguração dos fluxos comerciais globais, com uma redução expressiva nas exportações de semicondutores da China e de Hong Kong, além de uma maior diversificação dos mercados de destino, refletida na leve queda do IHH de destino.

A análise do comércio bilateral indica que, apesar das restrições, a China e outras economias asiáticas mantiveram sua posição no mercado global de semicondutores, embora em um ritmo de crescimento mais lento. Paralelamente, a ascensão de novos atores comerciais, como Índia, Indonésia, Israel, Malásia e México, reflete um movimento de diversificação geográfica no comércio do setor, impulsionado por políticas industriais internas e investimentos estrangeiros diretos. Os resultados também apontam para um leve aumento na concentração das exportações por produto e exportador, conforme evidenciado pelo crescimento do HHI nessas categorias, sugerindo uma intensificação da especialização produtiva. No entanto, a diversificação dos mercados de destino variou entre os países, com economias como a Indonésia ampliando sua rede comercial, enquanto outras, como Índia e México, reforçaram sua dependência de parceiros específicos.

Diante desse panorama, a crescente competição geopolítica e as mudanças estruturais nas cadeias globais de suprimentos continuarão a influenciar a dinâmica da indústria de semicondutores, gerando desafios e oportunidades para os principais exportadores. A tendência de reconfiguração estrutural observada nos resultados do IFK reforça a necessidade de adaptação por parte das economias exportadoras, tanto em termos de especialização quanto de diversificação dos destinos comerciais. A resiliência da cadeia produtiva, a diversificação da produção e os avanços tecnológicos emergem como fatores essenciais para garantir a competitividade e a estabilidade do setor no longo prazo. Dessa forma, políticas públicas e estratégias industriais devem ser continuamente ajustadas para mitigar os impactos dessas transformações e fortalecer a posição das economias no mercado global de semicondutores.

## Referências

AMIN, Khoirul et al. Managing Power Rivalry: Indonesia's Perspective and Strategy in Managing Relations with China in the Indo-Pacific. In: **RADITIO, Klaus Heinrich; CHOIRUZZAD, Shofan Banna. Dynamics in the Indo-Pacific: From Geopolitics and Geoeconomics Perspectives**, DKI Jakarta: The Habibie Center. 2024

BASKARAN, Gracelin; SCHWARTZ, Meredith. **China Imposes Its Most Stringent Critical Minerals Export Restrictions Yet Amidst Escalating U.S.-China Tech War**. Center for Strategic & International Studies. 2024. Disponível em: <https://www.csis.org/analysis/china-imposes-its-most-stringent-critical-minerals-export-restrictions-yet-amidst>. Acesso em 15 fev. 2025.

BHANDARI, Konark. **Geopolitics of the Semiconductor Industry and India's Place in It**. Carnegie Endowment for International Peace, 2023.

BIS - Bureau of Industry and Security. **Commerce Strengthens Export Controls to Restrict China's Capability to Produce Advanced Semiconductors for Military Applications**. BIS. 2024. Disponível em: <https://www.bis.gov/press-release/commerce-strengthens-export-controls-restrict-chinas-capability-produce-advanced>. Acesso em 15 fev. 2025.

BIS – Bureau of Industry and Security. **Commerce Implements New Export Controls on Advanced Computing and Semiconductor Manufacturing Items to the People's Republic of China (PRC)**. 2022. Disponível em: <https://www.bis.doc.gov/index.php/documents/about-bis/newsroom/press-releases/3158-2022-10-07-bis-press-release-advanced-computing-and-semiconductor-manufacturing-controls-final/file>. Acesso em 21 de fev. 2025.

BROWN, Clair; LINDEN, Greg; MACHER, Jeffrey T. Offshoring in the semiconductor industry: A historical perspective [with comment and discussion]. In: **Brookings trade forum**. Brookings Institution Press, 2005. p. 279-333.

CHALICO, Danitza Jiménez; VELÁSQUEZ, Samuel ortiz. La inserción de Estados Unidos y China en la cadena global de valor de semiconductores.¿ Y México?. **Norteamérica**, v. 18, n. 2, p. 9-36, 2023.

CHIN, Kok Fay. Malaysia in changing geopolitical economy: Navigating great power competition between China and the United States. *The Chinese Economy*, v. 56, n. 4, p. 321-329, 2023.

COLLIER, Zachary A. et al. Stress Testing for Resilience of Semiconductor Supply Chains. In: **2023 IEEE 14th Annual Ubiquitous Computing, Electronics & Mobile Communication Conference (UEMCON)**. IEEE, 2023. p. 0042-0049.

DAI, Tinglong; TANG, Christopher S. De-risking Global Supply Chains: Looking Beyond Material Flows. **asia policy**, v. 19, n. 4, p. 153-176, 2024.

DORAKH, Alena. Interdependence and specialization in the global semiconductor industry. **Journal of Infrastructure, Policy and Development**, v. 8, n. 6, p. 2436, 2024.

EHM, Hans; PONSIGNON, Thomas; KAUFMANN, Thomas. The global supply chain is our new fab: Integration and automation challenges. In: **2011 IEEE/SEMI Advanced Semiconductor Manufacturing Conference**. IEEE, 2011. p. 1-6.

FINGER, J. Michael; KREININ, Mordechai E. A measure of “export similarity” and its possible uses. **The Economic Journal**, v. 89, n. 356, p. 905-912, 1979.

FU, Wenhan et al. Resilient supply chain framework for semiconductor distribution and an empirical study of demand risk inference. **Sustainability**, v. 15, n. 9, p. 7382, 2023.

FU, Wenhan; CHIEN, Chen-Fu. UNISON data-driven intermittent demand forecast framework to empower supply chain resilience and an empirical study in electronics distribution. **Computers & Industrial Engineering**, v. 135, p. 940-949, 2019.

GEREFFI, Gary. Nearshoring in Mexico: Diverse options for industrial upgrading. **Economic Commission for Latin America and the Caribbean - ECLAC**. 2025. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Gary-Gereffi/publication/388837250\\_Nearshoring\\_in\\_Mexico\\_Diverse\\_options\\_for\\_industrial\\_upgrading/links/67a977b1461fb56424d32872/Nearshoring-in-Mexico-Diverse-options-for-industrial-upgrading.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Gary-Gereffi/publication/388837250_Nearshoring_in_Mexico_Diverse_options_for_industrial_upgrading/links/67a977b1461fb56424d32872/Nearshoring-in-Mexico-Diverse-options-for-industrial-upgrading.pdf). Acesso em 14 fev. 2025.

GOLDBERG, Pinelopi K. et al. **Industrial policy in the global semiconductor sector**. National Bureau of Economic Research, 2024.

HAEDAR, Ahmad Wahidiat. The Silicon Archipelago:: Indonesia's Growing Semiconductor Industry. **Indonesian Engineering and Advanced Science (IdeAS)**, v. 6, n. 2, p. 33-38, 2023.

HALLUR, Giri; ASHOK, P. Semiconductor Sankalp: A Vision for India's Tech Dominance. In: **2023 Intelligent Computing and Control for Engineering and Business Systems (ICCEBS)**. IEEE, 2023.

HARAMBOURE, Antton et al. Vulnerabilities in the semiconductor supply chain. **OECD Science, Technology and Industry Working Papers**, 2023.

HENRICHSEN, Jorge Gonzalez. Future Of Semiconductor Chip Manufacturing: North America's Opportunity With Mexico. **Forbes**. 2024 Disponível em: <https://www.forbes.com/councils/forbesbusinesscouncil/2024/02/14/the-future-of-semiconductor-chip-manufacturing-north-americas-opportunity-with-mexico/>. Acesso em 13 fev. 2025.

IVANOV, Dmitry; DOLGUI, Alexandre. The shortage economy and its implications for supply chain and operations management. **International Journal of Production Research**, v. 60, n. 24, p. 7141-7154, 2022.

JIMÉNEZ CHALICO, Danitza; ORTIZ VELÁSQUEZ, Samuel. La inserción de Estados Unidos y China en la cadena global de valor de semiconductores. ¿ Y México?. **Norteamérica**, v. 18, n. 2, p. 9-36, 2023.

JURAEV, Shakhboz. Israel's Semiconductor Industry: A Strategic Industry in Israel. **Technology in Global Affairs**. 2024. Disponível em: <https://technologyglobal.substack.com/p/israels-semiconductor-industry>. Acesso em 20 jan. 2025.

KIM, Hanhin; CHO, Jaehan. The impact of US export controls on Korean semiconductor exports. **KDI Journal of Economic Policy**, v. 46, n. 3, p. 1-23, 2024.

KOTASTHANE, Pranay; GARGEYAS, Arjun. Harnessing trade policy to build India's semiconductor industry. **Hinrich foundation report**, 2022

KURRAHMAN, Taufik et al. Sustainable development performance in the semiconductor industry: A data-driven practical guide to strategic roadmapping. **Journal of Cleaner Production**, v. 445, p. 141207, 2024.

LIAO, Zhenwei et al. Exploring resilience in the downstream supply chain of the semiconductor industry: The mediating roles of risk mitigation, process simplification, and flexibility. **International Journal of Production Economics**, p. 109530, 2025.

LIFSHITZ, Roni. The Israeli Semiconductor Industry: General Review. **Isra-Tech**. 2024. Disponível em: <https://www.isra-tech.net/the-israeli-semiconductor-industry/>. Acesso em 15 fev. 2025.

LIMA, Alexandre et al. A sampling-based approach for managing lot release in time constraint tunnels in semiconductor manufacturing. **International Journal of Production Research**, v. 59, n. 3, p. 860-884, 2021.

MACHER, Jeffrey T.; MOWERY, David C.; SIMCOE, Timothy S. e-Business and disintegration of the semiconductor industry value chain. **Industry and Innovation**, v. 9, n. 3, p. 155-181, 2002.

MAGGOR, Erez. The politics of innovation policy: Building Israel's "neo-developmental" state. **Politics & society**, v. 49, n. 4, p. 451-487, 2021.

McKinsey. **McKinsey on Semiconductors**: Creating value, pursuing innovation, and optimizing operations. McKinsey & Company, nº 9, 2024. Disponível em: [https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/industries/semiconductors/our%20insights/mckinsey%20on%20semiconductors%202024/mck\\_semiconductors\\_2024\\_webpdf.pdf](https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/industries/semiconductors/our%20insights/mckinsey%20on%20semiconductors%202024/mck_semiconductors_2024_webpdf.pdf). Acesso em 18 fev. 2025.

MENON, P. Sushitha; MAJLIS, Burhanuddin Yeop. Semiconductor and Electron Devices Awareness via EDS-ETC, STEM, and Humanitarian Programs: The Malaysian Experience 2015–2023. **IEEE Electron Devices Magazine**, v. 2, n. 3, p. 44-51, 2024.

MITEC - MALAYSIA INTERNATIONAL TRADE AND EXHIBITION CENTRE. National Semiconductor Strategy (NSS): Bridging Technology for Our Shared Tomorrow. MITEC, 2024 Disponível em: <https://www.pmo.gov.my/wp-content/uploads/2024/05/YAB-PM-Speech-Semicon-SEA-28052024-Final.pdf>. Acesso em 15 fev. 2025.

MÖNCH, Lars et al. Modelling and analysis of semiconductor supply chains. **International Journal of Production Research**, v. 56, n. 13, p. 4521-4523, 2018.

MOREIRA, U. **Catch-Up Tecnológico e Superação da Armadilha da Renda Média: O Caso da China no Setor de Semicondutores**. Texto para Discussão 2789. Rio de Janeiro: IPEA, 2022.

OU, Suhua; YANG, Qingshan; LIU, Jian. The global production pattern of the semiconductor industry: an empirical research based on trade network. **Humanities and Social Sciences Communications**, v. 11, n. 1, p. 1-13, 2024.

OU, Suhua; YANG, Qingshan; LIU, Jian. The global production pattern of the semiconductor industry: an empirical research based on trade network. **Humanities and Social Sciences Communications**, v. 11, n. 1, p. 1-13, 2024.

- PELLENS, Maikel; DELLA MALVA, Antonio. Corporate science, firm value, and vertical specialization: Evidence from the semiconductor industry. **Industrial and Corporate Change**, v. 27, n. 3, p. 489-505, 2018.
- RYU, Yongwook. Chips on the Deck: US-China Rivalry and Reorganizing the Supply Chains of Semiconductors. In: **The South China Sea: The Geo-political Epicenter of the Indo-Pacific?**. Singapore: Springer Nature Singapore, 2025. p. 93-101.
- SADOVNIKOVA, Yana O. India in the Global Microelectronics Market. **Asia & Africa today**, n. 11, p. 5-13, 2024.
- SIMATUPANG, Togar M. et al. Indonesia's Innovation Policies: Evolution and Institutional Structure. **STI Policy and Management Journal**, v. 7, n. 2, 2022.
- SIMCHI-LEVI, David; SIMCHI-LEVI, Edith. We need a stress test for critical supply chains. **Harvard Business Review**, v. 28, 2020.
- VARAS, A. et al. **Strengthening the global semiconductor supply chain in an uncertain era**. Washington: SIA; Boston: BCG, Apr. 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](https://www.semiconductors.org/wp-content/uploads/2021/05/BCG-x-SIA-Strengthening-the-Global-Semiconductor-Value-Chain-April-2021_1.pdf)>. Acesso em: 21 fev. 2025
- YESHUA-KATZ, Daphna; EFRAT-TREISTER, Dorit. 'Together in the tech trenches': a view of Israel's innovation culture. **Innovation**, v. 23, n. 3, p. 337-353, 2021.
- WONGLIMPIYARAT, Jarunee. Government policies towards Israel's high-tech powerhouse. **Technovation**, v. 52, p. 18-27, 2016.
- YUANA, Rivira et al. Open Innovation Strategy in Indonesia ICT Industries. **International Research Journal of Business Studies**, v. 15, n. 1, 2022.