

Semicondutores e soberania nacional: inovação como vetor do desenvolvimento

Diuary de Mélo Santos¹

Resumo

O estudo presente no artigo foca no processo de desenvolvimento econômico por meio do setor de semicondutores, que é uma referência em termos de inovação tecnológica, presente na fronteira tecnológica internacional. O objetivo é enfatizar o processo de inovação no mesmo e seus impactos no desenvolvimento econômico. Em termos metodológicos, trata-se de uma pesquisa descritiva e bibliográfica, com base na teoria econômica da tecnologia. Inicialmente, são tratados os aspectos teóricos da inovação, em seguida os aspectos conceituais da tecnologia e, por fim, trata do setor de semicondutores. Com esta breve pesquisa verificou-se que as inovações nesse setor são de extrema importância para o desenvolvimento das manufaturas nacionais e um destaque na fronteira tecnológica internacional. A conclusão indica que o referido setor é benéfico para a soberania nacional e que os países, na contemporaneidade, devem buscar realizar políticas públicas que incentivem a formação de uma industrial nacional que o fortaleça.

Palavras-chave: Tecnologia. Inovação. Semicondutores. Desenvolvimento.

1. Introdução

Durante o século XX surgiram diversas inovações tecnológicas que mudaram para sempre o modo que os indivíduos interagem em sociedade. Muito disto se deu graças à eletrônica e aos modernos sistemas de informação, mais particularmente ainda com o surgimento dos transistores, por volta de 1950, dos circuitos integrados e dos microprocessadores. Estas inovações revolucionaram o mundo, diminuindo os custos e o tamanho de muitos bens, a exemplo dos computadores. Essas pequenas peças transformaram a indústria dos bens eletrônicos, os semicondutores é um dos insumos principais dessa indústria, sendo importante tanto na fabricação de rádios e, com o tempo, de televisores e videocassetes, até mais adiante na produção de computadores e telefones celulares (Freeman; Soete, 2008).

¹Graduando em Ciências Econômicas pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). E-mail: diuarycg@gmail.com

O setor de semicondutores tem tomado proporções de maior grandeza no correr do século XX até o século XXI, ao se perceber que grande parte de tudo que move o mundo contemporâneo trata-se de dispositivos eletrônicos, e alguns ainda mais sofisticados como o *hardware* presente nos computadores, satélites, carros, *smartphones* e até sistemas bélicos.

Ao tratar da importância do setor de semicondutores para a economia, deve-se reconhecer que é um dos mais dinâmicos em termos de inovação. Para tanto, tomou-se como referência as principais teorias que explicam a inovação tecnológica na economia, partindo-se tanto de Marx (1985) quanto de Schumpeter (1985) e consolidando-se com a abordagem dos neoschumpeterianos. Para tal, tem-se como base o trabalho de Tigre (2014), como também Freeman e Soete (2008). Com isto, buscar-se-á entender a importância do setor de semicondutores para o desenvolvimento econômico.

Assim, questiona-se como a indústria de semicondutores é importante para o desenvolvimento econômico e qual seu comportamento, no que tange ao processo de inovação industrial e a integração no mercado internacional de insumos industriais. E ainda, como peças tão pequenas podem ser tão importantes para o funcionamento da economia e até mesmo o grau de importância dessa indústria para a soberania nacional (Lima, 2022).

No final do século anterior diversos foram os posicionamentos que defenderam que a melhor política industrial vai ser a ausência de política industrial, como o economista Gary Becker (1985) e este posicionamento afetou a América Latina negativamente, essa teoria foi posteriormente foi demonstrado ser ineficaz na realização do processo de industrialização (*apud* Medeiros, 2019, p. 71).

Não há dúvidas da importância da política industrial para o desenvolvimento desse setor dinâmico, e de que as manufaturas nacionais são importantes para a soberania nacional e o processo de desenvolvimento, conforme atesta List (1983). Porém, a forma como as tecnologias de ponta da fronteira tecnológica é importante para esse processo configura-se como um caso mais particular, e o caso dos pequenos componentes em questão mostra-se mais específico ainda. Esta simples pesquisa bibliográfica buscou investigar o debate que gira em torno dessa questão.

A partir de Freeman e Soete (2008), tem-se como diretriz que a inovação ocorre, muitas vezes, por meio de políticas públicas de subsídio e financiamento industrial, que buscam incentivar a pesquisa e desenvolvimento (P&D), essencial a esse processo.

O breve trabalho encontra-se dividido em três partes, além da introdução e conclusão. A primeira versa sobre os aspectos teóricos da inovação, com base em seus autores mais célebres. A segunda trata de aspectos conceituais da inovação, à guisa de um referencial

empírico sobre o assunto. Por fim, apresenta-se o caso estudado, qual seja, a inovação no setor de semicondutores e sua relevância para o desenvolvimento econômico.

2. Aspectos teóricos da inovação

Ao tratar de inovação, é mister fazer referência à Revolução Industrial, marco de mudanças fundamentais para o desenvolvimento do capitalismo. No decorrer do século XIX, surge a segunda Revolução Industrial, com diversas mudanças como as máquinas a vapor, o surgimento do sistema ferroviário, do telégrafo e o uso de carvão e ferro. Neste contexto, surge Karl Marx (1985) com suas ideias e análises a respeito do capital, e no seu bojo, destaca o papel da tecnologia na economia, quando discorre sobre a maquinaria e a grande indústria no sistema capitalista.

Marx (1985), ao tratar da tecnologia observa como ocorre essa interação no sistema capitalista, não ficando preso a uma observação estática, mas sim dinâmica, embasado no materialismo dialético, como aponta Rosenberg (2006). A tecnologia é vista como algo endógeno no modelo de Marx (Tigre, 2014) e as inovações consideradas como a alavanca da produtividade e, conseqüentemente, da taxa de lucro dos capitalistas. O setor de bens de capital assume grande importância, uma vez que produz máquinas para os demais setores na economia. Com a inovação ocorre a formação de monopólios temporários, criando taxas de lucro extraordinárias até que o monopólio desapareça, com a concorrência dos demais produtores da mesma inovação (Marx, 1985).

Segundo Marx (1985), com o avanço do capital, ocorreu o avanço científico e tecnológico, bem como o aumento da produtividade e dos lucros. Ele apreendeu estes avanços como sendo endógenos à empresa, pois esta internalizou a tecnologia da qual se utilizaria, seja em termos de equipamentos, como também por seus trabalhadores especializados. Marx considerou a inovação tecnológica em seu todo, e não como um processo de um indivíduo isolado, vendo-a como uma mudança na estrutura capitalista, como um processo social. Ainda em termos das alterações sociais decorrentes da inovação, ele percebeu que a substituição de força humana pela força das máquinas diminuiu a demanda por trabalhadores e, como conseqüência, o salário dos operários (Tigre, 2014; Rosenberg, 2006; Marx, 1985).

No contexto, da segunda metade do século XIX, em que Karl Marx desenvolveu suas teorias sobre o capital e o capitalismo, surge a teoria neoclássica em contraste. Esta última abordagem, ao contrário da marxista, negligencia a tecnologia no processo de crescimento e

desenvolvimento econômico, tratando-a como exógena à empresa (a tecnologia e o conhecimento vindo dos trabalhadores especializados não eram exclusivos da empresa, mas adquirido no mercado) e focando sua teoria no equilíbrio e formação de preços. A tecnologia não teria tanta importância na produção das mercadorias, tampouco as suas inovações (Tigre, 2014).

Outrossim, a teoria neoclássica é estática, não vislumbra o processo dinâmico da economia como na visão de Marx (1985). Logo, essa teoria não se atenta aos impactos da inovação e seus efeitos correlatos, vendo empresas de modo isolado, sem possibilidade de alterar o mercado (Tigre, 2014).

Seguindo adiante na história, na fase do capitalismo "trustificado", época da energia elétrica e da indústria siderúrgica, surgem os laboratórios de pesquisa, o sistema fordista como uma nova forma de organização da produção, associado ao taylorismo, sob a influência do emergente setor automobilístico. Em decorrência, diversas empresas inovaram na área de transportes, além da indústria do petróleo, que apresenta diversas mudanças de paradigma sobre as demais indústrias, mostrando-se uma época de forte mudança tecnológica, e uma época de inovação. Neste contexto, aparece Joseph Schumpeter, que baseou sua teoria na teoria marginalista e na teoria marxista (Tigre, 2014). Schumpeter toma como ponto de partida o estado estacionário walrasiano para desenvolver a sua teoria do desenvolvimento econômico (Napoleoni, 1979), em que a inovação é o fator chave para o desenvolvimento econômico, uma vez que sua pesquisa gira em torno da mudança de paradigma na economia (Schumpeter, 1985).

Na perspectiva de Walras, Schumpeter (1985) parte do fluxo circular da vida econômica, que busca o equilíbrio, que seria alterado pela inovação. As inovações seriam desenvolvidas pelo empresário, figura destacada em sua teoria do desenvolvimento. Desta maneira, as mudanças ou inovações no fluxo circular quebrariam o estado de equilíbrio, proporcionando maiores lucros para a empresa, conforme atestara Marx anteriormente (Schumpeter, 1985).

Schumpeter (1985) define cinco tipos de inovação: (a) o surgimento de um novo bem; (b) o advento de um novo método de produção; (c) o aparecimento de um novo mercado; (d) uma nova fonte de matéria-prima e (e) uma nova forma de organização industrial (Schumpeter, 1985). O Manual de Oslo, que determina as diretrizes internacionais da inovação, atualiza esta tipificação de Schumpeter na forma de: inovação de produto, inovação de processo, inovação organizacional e inovação de marketing (OCDE, 2005), a ser tratado adiante.

Dessas inovações descritas por Schumpeter (1985) surge uma nova concorrência, não mais em termos de preços, mas a que as novas empresas "esmagam" as antigas com seus novos produtos e arranjos empresariais, além do seu poder de mercado.

Na visão de Schumpeter (1985) a figura do empresário merece destaque, pois é quem conduz a firma às inovações, enquanto o capitalista é o dono dos meios de produção. Os economistas clássicos não faziam distinção entre empresário e capitalista, pois em sua época a mesma pessoa ocupava ambas as funções. Para Schumpeter (1985), as inovações são responsabilidade do empresário, seja ele o dono da firma ou apenas o seu dirigente.

Outro aspecto importante desenvolvido por Schumpeter diz respeito ao financiamento das inovações. Segundo o mesmo, existe duas maneiras de financiar a inovação: primeiro, com uma poupança privada própria da firma, mas seria necessário a firma ter capital suficiente para tal, até mesmo as empresas de grande porte; a segunda opção, e a mais relevante, é através do crédito (Schumpeter, 1985; Napoleoni, 1979).

Importa ressaltar que na visão de Schumpeter o capitalismo apresenta um caráter evolutivo. Neste sentido, há que se mencionar o conceito de destruição criativa, em que Schumpeter (2017) observa a dinâmica capitalista, e não o movimento estático da firma, oriundo da visão walrasiana. Ele se atenta ao presente, ao passado e ao futuro. Pode-se dizer que o autor se distingue bastante, em sua teoria, ao observar que a inovação realiza um processo de criação de algo novo e destrói algo que se torna obsoleto ou pode até mesmo se recriar. Este processo dinâmico é denominado de "destruição criativa", cujas mudanças ocorrem de maneira cíclica dentro do capitalismo, não se restringindo a um período determinado. Essa destruição criativa dá origem ao lucro empresarial, derivado do processo de inovação realizado pelo empresário, e será a expressão das suas realizações e dos seus arranjos (Schumpeter, 1985).

Em decorrência dessa destruição criativa surge uma nova forma de concorrência, não uma concorrência perfeita como descrito na teoria econômica dominante de sua época, mas uma concorrência por meio da inovação, e ela resultará na criação de monopólios, que estão destinados a desaparecer por conta da dinâmica capitalista, mesmo que possa se assemelhar a um monopólio permanente (Napoleoni, 1979).

Como continuadores da visão schumpeteriana da tecnologia, surge, em meados do século XX, os neoschumpeterianos ou evolucionistas. Na mesma perspectiva tem-se ainda a visão neoinstitucionalista, também derivada da visão de Schumpeter. Essas teorias surgiram em um momento em que a sociedade capitalista rumava para a globalização da economia,

que buscou a integração das várias regiões do mundo, aproximando as relações econômicas entre os países.

Dois grandes lados nas teorias da inovação surgem no mundo contemporâneo, primeiro, os neoschumpeterianos representados por Freeman (1974), Nelson e Winter, entre outros, que traz a ideia de ciclos econômicos de Schumpeter e observa como a inovação se comporta nesses movimentos; com as oportunidades de negócios iniciadas por meio de inovações, consideram as mesmas não como algo contínuo, mas sim como algo que se firma em períodos de auge e de queda; segundo, a teoria neoinstitucionalista, cuja base também repousa em Schumpeter, Simon e Penrose, que usa a biologia evolucionista para entender as inovações tecnológicas nas novas teorias da firma (Tigre, 2014).

Os neoschumpeterianos se baseiam no paradigma de Thomas Kuhn, derivando as ideias de paradigma tecnológico e de paradigma técnico-econômico, marcados pelas inovações tecnológicas extremas. Seus teóricos rejeitam o equilíbrio de mercado, aceitam diversas estruturas de mercado e diferentes inovações e processos de arranjos tecnológicos (Tigre, 2014). Esta abordagem aprofunda as ideias de Schumpeter em determinados aspectos, como a questão do monopólio, que seria um incentivo para a inovação segundo Schumpeter. Para os neoschumpeterianos, a estrutura do mercado se relaciona com a evolução tecnológica dos bens. Na perspectiva da firma, vai ocorrer um processo de aprendizado cumulativo, podendo o conhecimento se dividir em um conhecimento codificado que será possível de se obter livros, manuais, periódicos científicos, e o conhecimento tácito que é específico da empresa em questão (Tigre, 2014).

A quebra do paradigma da produção em massa deu origem ao modo flexível de produção, também denominado de Toyotismo, como também, mais tarde, a adoção de novas formas de comunicação. As tecnologias da informação se aprimoraram com os computadores, bem como a biotecnologia com a genética, a nanotecnologia com o estudo dos átomos e a ciência cognitiva no campo dos neurônios. Em meio à mudança de paradigmas e muitas mudanças nunca antes imaginadas, como a codificação do DNA humano, as redes de computadores trazem à tona a ideia de bens intangíveis, uma economia do conhecimento e não apenas de processos físicos (Tigre, 2014). Peter Drucker observa isso e vê o conhecimento como o fator primordial do processo produtivo (Tigre, 2014). A sociedade da informação contará com bites e troca de informações no processo produtivo, tendo diversas novas tecnologias como e-mail, software, telefones celulares, cartões de créditos, originando uma economia da informação que conta com bens virtuais e um mercado tecnológico emergente (Tigre, 2014).

3. Aspectos conceituais da economia da inovação

Desde o início da Revolução Industrial até a contemporaneidade é perceptível que as difusões tecnológicas são essenciais às indústrias, uma vez que são responsáveis pelo aumento da produtividade e lucratividade. Além disso, pode originar novos ramos empresariais, setoriais ou até mesmo regionais, como também novas possibilidades de mercado ou até mesmo a criação de um novo mercado (Tigre, 2014).

Segundo o Manual de Oslo (OCDE, 2005), existe diferentes categorias de inovação, definidas como: (a) inovação de produto, um bem ou serviço novo ou um bem melhorado em seus aspectos e usos, em particularidades técnicas, novos softwares ou insumos e materiais; (b) inovação de processo, a realização de um novo ou melhoramentos nos métodos já existentes de produção ou distribuição, podendo se caracterizar como mudanças técnicas ou alterações em ferramentas e softwares; (c) inovação organizacional, a instauração de novos métodos de organização na realização de negócios empresariais, nas relações externas ou até mesmo no local de trabalho; (d) inovação de marketing, a realização de um novo processo de marketing que apresentará alterações relevantes a respeito do produto ou da embalagem de um bem ou outra alteração que impacta a imagem deste produto (OCDE, 2005).

Freeman (1997) classifica ainda as inovações como: (a) inovação incremental, cujas modificações ocorrem em bens já existentes no mercado, em termos de melhorias e aperfeiçoamentos, dando-se de diferentes formas, como resultado de aprendizados internos ou experiências dentro da firma, a partir de investimentos em P&D ou não; (b) inovação radical, quando ocorre o surgimento de uma tecnologia totalmente nova, quebrando o caminho das tecnologias presentes no mercado, advinda principalmente de grandes investimentos em P&D (Tigre, 2014).

O autor supracitado ainda destaca o conceito de novo sistema tecnológico, que se trata de uma alteração ampla que pode mudar diversos setores da economia e criar mercados, a partir da criação de um novo campo de estudo, mudando as firmas e a sua relação com os demais agentes econômicos, a exemplo do surgimento da internet. Além deste, tem-se o conceito de novo paradigma técnico-econômico, representando uma mudança que altera toda a economia, podendo mudar os métodos empresariais, criar novos mercados e novos rumos de inovação, podendo ser definido como uma revolução já que ocasiona inovações radicais e incrementais, afetando praticamente todos os setores da economia, como foi o surgimento de energia elétrica (Tigre, 2014).

Na perspectiva deste trabalho, importa ressaltar as tecnologias da informação e comunicação (TIC) que estão alterando a economia contemporânea no que se refere à produtividade e à indústria, proporcionando um aumento de informações da produção, e ainda realizando mudanças no mercado por conta das novas tecnologias (Tigre, 2014). As inovações vindas das TIC geram maiores possibilidades para diversos setores da economia, possibilitando uma maior troca de informações entre as economias e as firmas. Além disso, segundo Tigre (2014), vão existir possibilidades de inovação por meio das TIC, como a *big data*. Por meio destas últimas, as firmas têm acesso a um grande conjunto de dados, aumentando o acesso à informação, com vistas a acompanhar as tendências do mercado, armazenando os dados dos consumidores pelas inteligências artificiais para serem usados pelas firmas. Sob este aspecto, a internet veio proporcionar um grande espaço em termos de inovação, por possibilitar a criação de mercados digitais e estruturas de comércio totalmente virtuais, armazenando dados na rede e transmitindo-os entre os usuários. Ainda se destacam as telecomunicações, que vai além da telefonia, cuja força maior é a troca de dados realizada entre diversos dispositivos eletrônicos, em que muitos deles necessitam de semicondutores em sua fabricação, cada vez mais presentes no cotidiano das pessoas (Tigre, 2014).

A união das TIC com outras tecnologias gera uma maior oportunidade de inovação, que proporciona um maior crescimento econômico para a nação por meio dos aumentos de produtividade e diminuição dos custos de produção, além do desenvolvimento econômico (Tigre, 2014).

Tigre (2014) toma o exemplo dos chips, que têm menos de 5% do seu preço composto por custos diretos do processo da fabricação, uma vez que a maior parcela que forma este preço são os investimentos em P&D e a venda dos produtos, demonstrando como o capital intangível tem tomado maior importância no mercado, sendo traduzido na fabricação de tecnologias de ponta.

No entanto, para alcançar todas essas inovações e mudanças estruturais no mercado da nação, é necessário, muitas vezes, ações externas ao mercado. Com o objetivo de incentivar essas mudanças radicais, o governo tem papel fundamental, através do sistema nacional de inovação (SNI) de cada país, seja por meio de subsídios, incentivos, programas educacionais, infraestrutura, isenções fiscais para o setor de inovação (Freeman; Soete, 2008). Um país terá a sua capacidade de inovar atrelada ao seu sistema nacional de inovação, definido como a relação entre os agentes econômicos, sociais e políticos, além dos fatores institucionais e culturais do país (Lastres *et al.*, 2005).

É de extrema importância a ação estatal no fomento da pesquisa básica, principalmente em países subdesenvolvidos, que têm preocupações quanto à importação, à imitação e até mesmo ao aprimoramento de inovações externas, sendo imprescindível o financiamento público em pesquisa básica ou outros tipos de pesquisa para que a nação possa alcançar a fronteira tecnológica internacional (Freeman; Soete, 2008).

Assim, para alcançar essa inovação e desenvolver a indústria de manufaturas, é de extrema importância que a nação construa o seu SNI, que pode ser formado através das organizações e instituições ligadas tanto à produção quanto às instituições de ciência e ensino, com o Estado transferindo tecnologia e realizando políticas públicas de longo prazo, importando tecnologias estrangeiras com o objetivo de desenvolver a indústria (Freeman; Soete, 2008). Dessa forma, o país tem mais possibilidades de alcançar as condições fundamentais para a inovação e o desenvolvimento econômico.

4. O setor de semicondutores e a inovação

Na contemporaneidade, entre as inúmeras inovações que surgem no mercado, seja um novo produto ou serviço, ou até mesmo uma TIC, que potencializa a produtividade da empresa ou cria um novo setor industrial, está o mercado de semicondutores, composto por pequenos chips. Estes dispositivos estão na fronteira do conhecimento *high tech* e são essenciais para a fabricação de diversos aparelhos eletroeletrônicos, com vistas a potencializar os bens vendidos no mercado e baratear os seus custos de produção. Essas pequenas peças são usadas em diversas indústrias, seja na automobilística, na indústria de defesa, na de eletrodomésticos, na automação industrial, na fabricação de *smartphones*, além de servidores online (Lima, 2022).

O setor industrial de semicondutores é tido como a estrutura fundamental da Indústria das TIC, tendo em vista que é uma peça essencial para o processo de fabricação de diversas manufaturas. Com o aumento do consumo de bens eletrônicos desde a década de 1980, a produção de semicondutores foi elevada em resposta a este consumo (Deng; Deng, 2021). Desse modo, tais componentes proporcionam um maior fluxo de informações no mundo e até mesmo a criação de setores de bens intangíveis, seja desde o mercado de jogos digitais até transações monetárias de modo online.

Para realizar essa evolução tecnológica foi necessário integrar circuitos inteiros em uma única peça de circuito integrado, a exemplo de um semicondutor que terá o mesmo funcionamento de um circuito com diversos outros componentes, diminuindo o tamanho e os

custos de fabricação. Mas para realizar todas essas inovações é necessário um alto investimento em P&D e capital, caracterizando-se como um dos setores que inovam continuamente, pois envolve diversas tecnologias de alta complexidade, desde *big data* até o alto conhecimento em microeletrônica. Esse alto grau de complexidade na sua produção cria barreiras à entrada no mercado de semicondutores, o que faz com que exista um número limitado de produtores, constituindo-se numa cadeia de suprimentos global concentrada, principalmente, nos Estados Unidos, Europa, Coreia do Sul, Japão, China continental e Taiwan (Lima, 2022)

Além disso, a fabricação desses pequenos componentes é um processo de alta complexidade e requer um elevado grau de conhecimento na área, necessitando mais de cem distintas fases de fabricação, e muitos desses conhecimentos são em sua maioria tácitos, e não necessariamente científicos (Freeman; Soete, 2008).

No final do século passado ocorreu a fragmentação do mercado mundial em Cadeias Globais de Valor (CGV), o que se deu devido à globalização, fazendo com que diversas etapas da fabricação e processos fossem espalhados ao redor dos continentes (Silva, 2023). É importante destacar a posição da China e dos Estados Unidos, pois o gigante asiático está buscando integrar o setor de semicondutores à sua produção nacional. Enquanto os americanos, com a fragmentação dos mercados por conta da globalização e outra série de fatores, como a desarticulação do SNI, levaram à perda da importância na fabricação de chips (Silva, 2023).

No contexto hodierno, no setor de semicondutores, etapas de design e projeto permanecem em países com maior capacitação dos trabalhadores, como os Estados Unidos, enquanto a linha de produção foi deslocada para outras regiões. Por conta disso, desde a década de 2010, os americanos vêm realizando políticas que visem fortalecer o setor (Silva, 2023).

Já o gigante asiático, a China, apesar de ter um setor de semicondutores defasado tecnologicamente em comparativo a nações desenvolvidas, começou a realizar na década de 2010 uma expansão dos planos para potencializar esse setor, não recorrendo às CGV como muitos países, mas indo pelo caminho da integração produtiva, unindo em sua nação os processos de criação, manufatura e transações (Silva, 2023).

Os Estados Unidos buscam dominar esse setor industrial devido a sua importância estratégica, não só para a fabricação de aparelhos comuns ao dia a dia, mas também devido a utilização desses componentes na indústria bélica. A dominação da indústria bélica é de

extrema importância para a hegemonia norte americana, garantindo o avanço tecnológico e a inovação constante das armas estadunidenses (Deng; Deng, 2021).

O mercado de semicondutores mundial está passando por uma escassez e, como se mostra um mercado de difícil entrada, não é fácil superar essa adversidade. Muitos países encontram-se integrados na cadeia global que dependem dos semicondutores como insumos básicos para a fabricação de grande parte dos seus bens de alta complexidade. Neste sentido, surge a questão da soberania nacional, no que tange à fronteira tecnológica (Lima, 2022).

List (1983) já havia alertado para as dificuldades que surgem com a dependência de uma nação em relação a manufaturas estrangeiras para a fabricação dos produtos nacionais ou, até mesmo, da dependência estrangeira de manufaturas propriamente ditas. O autor clássico aponta, para um melhor abastecimento da indústria nacional, em especial aquela que necessite de insumos para a produção de suas manufaturas, a criação de uma produção nacional do referido componente. É importante destacar que Friedrich List já tinha esta percepção em meados do século XIX, vindo a forjar o conceito de SNI, que mais tarde foi mais bem desenvolvido pelos autores evolucionistas.

Entretanto, compreendendo as dificuldades para a criação de uma indústria de semicondutores, conforme Lima (2022), pode-se fazer necessário uma cooperação internacional ou a criação de políticas públicas destinadas a incentivar a formação desse mercado nacional, com vistas a alcançar a fronteira tecnológica e a alta complexidade presente nesse setor (Lima, 2022).

A produção unitária de semicondutores aumentou significativamente. Conforme Lima (2022), a sua relação com o crescimento do faturamento do mercado internacional, apenas no ano de 2020, a cifra neste setor foi de US\$ 436 bilhões. Sua relevância foi ampliada no final de 2020 e em 2021, quando verificou-se uma escassez na sua produção e, com isto, ocorreu um aumento da demanda internacional por semicondutores e das políticas de estoque, em especial a da China por conta das sanções norte americanas (Lima, 2022).

Fica claro a importância comercial e geopolítica desse mercado de peças tão pequenas, cuja inovação é constante e contínua, cuja importância, como mostra Schumpeter (1985), é primordial para o processo de crescimento e desenvolvimento econômico. Também fica patente a necessidade de as nações possuírem um forte investimento neste setor para alcançar autonomia nacional e produzir seus aparelhos eletrônicos a baixos custos e com alta lucratividade. Para isto, as inovações são fundamentais para fazer com que suas indústrias alarguem a fronteira tecnológica internacional. Esse setor tem uma importância essencial para a indústria bélica, não se restringindo apenas às TIC.

Os semicondutores apresentam alto grau de inovação, e por isso as inovações nesse setor podem produzir outros ciclos e ondas de inovação, que não possuem limites definidos. Os semicondutores, por mais que tenham sido inventados há algum tempo, não foram explorados em todo o seu potencial imediatamente após a invenção (Freeman; Soete, 2008). Desse modo, com os semicondutores que são inventados hoje, pode-se chegar a atingir seu potencial inovativo décadas após entrarem no mercado, uma vez que este setor gera outras inovações à medida que inovam a partir de sua difusão, sendo vital para o progresso tecnológico de todos os demais setores tecnológicos que se tem conhecimento.

Para alcançar a soberania nacional no referido setor faz-se necessário o fortalecimento de políticas públicas industriais, viabilizadas pelo Estado, para o desenvolvimento de P&D tão fundamental à inovação no mesmo. Assim, a existência de um SNI bem articulado, que agregue as várias instituições do país, privadas e públicas, pode proporcionar a criação de uma indústria nacional forte e preparada para abastecer a demanda doméstica e realizar exportações para o mercado internacional, demonstrando a influência e o poder das TIC na cadeia global e no processo de inovação tecnológica (Tigre, 2014).

A ação do Estado é de extrema importância, já que as empresas não estão dispostas a assumir determinados riscos em pesquisas, que a ação governamental pode abarcar. As firmas vão optar por pesquisas que tragam retorno de curto prazo, não investindo em pesquisas de longo prazo, buscando os financiamentos públicos conjuntamente com privados. Desse modo, pode ser possível a criação de uma robusta indústria nacional de semicondutores (Freeman; Soete, 2008). O Estado ainda pode oferecer subsídios e ajuda às firmas para que estas realizem pesquisas de longo prazo que tragam benefícios à sociedade, pois muitas dessas inovações não beneficiam apenas as firmas de modo isolado, mas sim o conjunto da sociedade. Neste sentido, destacam-se as instituições de ensino e pesquisa, sobretudo as públicas, cuja missão é produzir avanços científicos e tecnológicos para a sociedade (Freeman; Soete, 2008).

Criando condições favoráveis para o desenvolvimento da indústria de semicondutores, pode-se, enfim, firmar condições para a realização de P&D que possibilitará a nação que implantar estes investimentos alcançar inovações de produtos nos semicondutores e atingir a ponta do mercado, aumentando os ganhos das firmas e o produto da nação (Tigre, 2014).

5. Conclusão

Fica evidente, com o que foi exposto, a importância do setor de semicondutores para o processo de crescimento e desenvolvimento econômico, para a soberania nacional de uma nação, e até mesmo como ameaça ao controle do poder global, tendo em vista que o avanço dessa tecnologia pode não apenas criar novos ramos das TIC, mas também pode desenvolver o setor bélico.

A inovação é de suma importância, assim como as tecnologias que dela se originam. As informações expostas neste trabalho corroboram essa narrativa e trazem à tona um debate sobre como incentivar a P&D e desenvolver o sistema nacional de inovação em uma nação. O fato de um país como os Estados Unidos buscar a fronteira tecnológica desse mercado e mover esforços para isso só deixam evidente a necessidade de criar condições para a inovação tecnológica, em especial nesse setor.

Por fim, é imensurável os ganhos que a sociedade pode obter por meio da TIC e das inovações decorrentes do setor. Desse modo, apenas especulado pela nossa imaginação, quais seriam as invenções que poderiam surgir no mercado nas próximas décadas. Tudo isso só pode ser possível graças aos semicondutores, como peças-chave de grande parte das inovações observadas nos séculos XX e XXI. Acredita-se que as nações que tiverem o domínio dessa tecnologia serão as detentoras das inovações que vão surgir, sobretudo da sua apropriabilidade.

6. Referências bibliográficas

DENG, Ben Lian; DENG, Ben Shen. A economia política da indústria de semicondutores e o recente desenvolvimento limitado da república popular da China. **Revista de Economia Contemporânea**, Rio de Janeiro, p. 1-25, 28 out. 2021. DOI <http://dx.doi.org/10.1590/198055272601>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rec/a/kL5HqMqCf8KFb5wRmYzxxRC/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 2 jan. 2023.

FREEMAN, Chris; SOETE, Luc. **A economia da inovação industrial**. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2008.

LASTRES, H. M. M.; CASSIOLATO, J. E.; ARROIO, A. Sistemas de inovação e desenvolvimento: mitos e realidade da economia do conhecimento global. In: LASTRES; H. M. M.; CASSIOLATO; J. E.; ARROIO, A. (orgs.). **Conhecimento, sistemas de inovação e desenvolvimento**. Rio de Janeiro: UFRJ; Contraponto, 2005. p.17-50.

LIMA, Uallace Moreira. Catch-up tecnológico e superação da armadilha da renda média: o caso da China no setor de semicondutores. **Textos para Discussão - CEPAL/IPEA**, Rio de Janeiro, p. 1 - 132, 12 ago. 2022. Disponível em: <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/48061>. Acesso em: 29 dez. 2022.

LIST, Georg Friedrich. **Sistema nacional de economia política**. São Paulo: Abril Cultural, 1983.

MARX, K. **O Capital**. 2. ed. São Paulo: Nova Cultural, 1985. (Os Economistas). (Livro I, Cap. XIII).

ORGANIZAÇÃO PARA COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO – OCDE. **Manual de Oslo**: diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação. 3. ed. [Brasília, DF]: OCDE/FINEP, 2005.

RICARDO, David. **Princípios de economia política e tributação**. 2. ed. São Paulo: Nova Cultural, 1985. (Os Economistas).

ROSENBERG, N. **Por dentro da caixa preta**: tecnologia e economia. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2006.

SCHUMPETER, J. A. **A teoria do desenvolvimento econômico**. 2. ed. São Paulo: Nova Cultural, 1985. (Os Economistas).

SCHUMPETER, J. A. **Capitalismo, socialismo e democracia**. São Paulo: Editora da Unesp, 2017.

SMITH, Adam. **A riqueza das nações**. 2. ed. São Paulo: Nova Cultural, 1985. (Os Economistas).

SILVA, Guilherme Jorge. Semicondutores: um estudo para a China e Estados Unidos nas cadeias globais de valor. **TEC Textos de Economia Número Especial**: Propriedades e Políticas de Inovação no Brasil Contemporâneo, Florianópolis, ano 2022, v. 25, ed. 2, p. 01-28, 2023. DOI <https://doi.org/10.5007/2175-8085.2022.e90995>. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/economia/article/view/90995>. Acesso em: 10 mar. 2023.

MEDEIROS, Carlos Aguiar de. Política Industrial e Divisão Internacional de Trabalho. **Revista de Economia Política**, v. 39, ed. 1 (154), p. 71-87, 2019.

NAPOLEONI, C. **O pensamento econômico do século XX**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1979.

TIGRE, Paulo B. **Gestão da inovação**: a economia da tecnologia no Brasil. 2. ed. rev. e atual. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.