

A posição do Brasil frente à Indústria 4.0: mais uma evidência de rebaixamento para a periferia?

Brazil's position vis-à-vis Industry 4.0: yet another evidence of demotion to the periphery?

PEDRO ANTÔNIO VIEIRA | pavieira60@gmail.com

Professor da Pós-Graduação em Relações Internacionais da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e coordenador do GPEPSM (Grupo de Pesquisa em Economia Política dos Sistemas-Mundo)

HELTON RICARDO OURIQUES | helton.ricardo@ufsc.br

Professor da Pós-Graduação em Relações Internacionais e do Departamento de Economia e Relações Internacionais da UFSC e membro do GPEPSM (Grupo de Pesquisa em Economia Política dos Sistemas-Mundo)

MARCELO AREND | marcelo.arend@ufsc.br

Professor da Pós-Graduação em Economia e do Departamento de Economia e Relações Internacionais da UFSC e membro do GPEPSM (Grupo de Pesquisa em Economia Política dos Sistemas-Mundo)

Recebimento do artigo Outubro de 2020 | **Aceite** Dezembro de 2020

Resumo Recentes alterações nos processos produtivos parecem indicar a emergência de um novo paradigma industrial que vem sendo denominado de 4ª revolução industrial ou “Indústria 4.0” e cuja relevância transparece no fato de que governos, tanto de países do centro da economia-mundo como de outros que buscam se aproximar desse núcleo, lançaram planos estratégicos e implantaram políticas públicas para a inserção ativa de seus estados e empresas nacionais nesse novo contexto produtivo. O objetivo deste artigo é fundamentar a hipótese de que por não ter conseguido acompanhar as inovações industriais que vem ocorrendo desde os anos 1980, o Brasil encontra-se despreparado para acompanhar o emergente paradigma produtivo, já que o Brasil nem mesmo ingressou na indústria 3.0 (microeletrônica), que emergiu na década de 1970. Este despreparo ou debilidade estrutural será evidenciado através do comportamento de quatro dimensões da economia brasileira: estrutura produtiva, padrão de comércio exterior, políticas industriais recentes e sistema de ciência, tecnologia e inovação. A conclusão a que chegamos é que a falta de reação frente à Indústria 4.0 é um forte sinal de que a posição semiperiférica pode estar sendo ameaçada. **Palavras-Chave** Brasil; indústria 4.0; semiperiferia; ciência, tecnologia e inovação.

Abstract Recent changes in production processes seem to indicate the emergence of a new industrial paradigm that has been called the 4th. industrial revolution or “Industry 4.0” . The relevance of these changes is reflected in the fact that governments of both core countries of the world economy and others that seek to approach this nucleus have launched strategic plans and implemented public policies aimed to insert of their states and companies nationals in this new productive context. The purpose of this article is to substantiate the hypothesis that because it has not been able to keep up with industry 3.0 (microelectronics), which emerged in the 1970s, Brazil is unprepared to follow the emerging productive paradigm. The structural weakness will be evidenced through the behavior of four dimensions of the Brazilian economy: productive structure, foreign trade pattern, recent industrial policies and science, technology and innovation system. The conclusion we reached is that the lack of reaction to Industry 4.0 is a strong sign that the semi-peripheral position may be under threat. **Keywords** Brazil; Industry 4.0; semiperiphery; Science, Technology and Innovation.

1. INTRODUÇÃO

A economia-mundo capitalista (E-MC) é o sistema social histórico que surgiu na Europa no século XVI e que hoje abarca todo o globo terrestre. Esse sistema é formado basicamente pelo subsistema interestatal (composto pelos estados nacionais) e pelo subsistema econômico, formado pela miríade de cadeias mercantis que perpassam todos os estados nacionais. A luta pela acumulação de poder pelos Estados nacionais e pela acumulação incessante de capital pelos capitalistas e mais a luta capital-trabalho podem ser consideradas as três principais forças transformadoras da E-MC. Por sua vez, os conflitos interestatais, a competição intercapitalista e os conflitos capital-trabalho se fertilizam mutuamente para impulsionar a Ciência, a Tecnologia e a Inovação (CT&I) de uma maneira nunca antes vista pela humanidade (Vieira, 2010). É preciso notar que sendo parte do funcionamento da própria E-MC, a CT&I reproduzem as diversas formas de desigualdade (raça, gênero, classe, região) inerentes à E-MC. Para os propósitos desse artigo merece destaque a desigualdade de poder e riqueza no interior do sistema interestatal, que dá lugar à segmentação Centro – Semiperiferia – Periferia, e que em uma representação circular poderia ser descrita da seguinte maneira: no centro está um pequeno grupo de países que concentram grande poder e riqueza, os Estados centrais; no perímetro intermediário, um número maior de países de riqueza e poder medianos, os Estados semiperiféricos¹; no perímetro externo está um grande número de países débeis econômica e politicamente, os Estados periféricos. Essa hierarquia, que tem uma forte correlação com a capacidade de cada estado para gerar e liderar inovações científicas e tecnológicas, tem permanecido ao longo desses 500 anos de existência da E-MC. Embora defenda que o chamado desenvolvimento não é possível para todos, a Economia Política dos Sistemas-Mundo admite – até porque há evidências históricas – mobilidades ascendentes e descendentes de alguns países.

Um desses países foi o Brasil, que no período 1930-1980 conseguiu ascender da periferia para a semiperiferia, o que em grande parte se deveu à internalização das técnicas das indústrias metal-mecânica e química, que compõem a segunda revolução industrial, ou indústria 2.0 (AREND, 2013). Mas como esse avanço foi conseguido sem desenvolver as competências e instituições necessárias para desenvolver ciência, tecnologia e inovação, a partir da década de 1980 foi se tornando explícita a incapacidade para acompanhar a terceira revolução industrial², posta em marcha pela microeletrônica a partir dos anos 1970³.

Na atualidade os processos produtivos estão passando por alterações que levam pesquisadores a falar de uma quarta revolução industrial ou “Indústria 4.0”. Como a microeletrônica está na base desta mudança, será muito difícil que o Brasil consiga ter agora o sucesso que teve com a indústria 2.0, o que provavelmente significaria o retrocesso referido na pergunta que dá título a este artigo. A inércia tecnológica do Brasil é uma ameaça ainda mais grave à sua posição semiperiférica

1 Já no primeiro volume de sua obra magna, Immanuel Wallerstein identificou a existência dessa posição intermediária na economia-mundo. Ver: Wallerstein (1979, 1998, 2004, 2011 e 2015). Em Arrighi (1997) a semiperiferia recebeu uma fundamentação empírica. Ouriques e Vieira (2017) apresentam evidências da posição semiperiférica do Brasil. Brussi (2015) analisa a semiperiferia como categoria econômica e política.

2 Na classificação de Perez (2004:35), a era da informática e das telecomunicações configuraria a 5ª. Revolução Tecnológica, cujo marco inicial foi o anúncio, em 1971, do microprocessador Intel.

3 Ao analisar a posição do Brasil na atual conjuntura científico-tecnológica da economia-mundo capitalista, Vieira e Ferreira (2013) procuram mostrar porque a inovação tecnológica não é parte constitutiva da economia brasileira.

porque, com o objetivo de fortalecer ou mesmo melhorar seus posicionamentos no sistema interestatal, vários países estão implementando políticas para definir, liderar e/ou acompanhar as inovações tecnológicas que compõem a indústria 4.0, que serão descritas mais adiante.

Frente a este quadro, nosso objetivo é oferecer uma explicação abrangente à indagação apresentada no título do artigo, o que exige entender o atraso relativo do Brasil em termos de: a) estrutura produtiva; b) padrão de comércio exterior; c) participação nos fluxos de investimentos estrangeiros; d) políticas industriais recentes e o atual estado do sistema nacional de ciência, tecnologia e inovação (CT&I). Deve-se ter em mente que na produção de CT&I também vigora a divisão mundial do trabalho e que, em grande medida, é a posição de um país nessa divisão que vai determinar se ele se insere no Centro, na Semiperiferia ou na Periferia do sistema-mundo capitalista.

Os argumentos mobilizados para comprovar a dificuldade de o Brasil manter a posição semiperiférica estão distribuídos em três seções, além desta introdução e das considerações finais. Na segunda seção, além de uma breve caracterização da Indústria 4.0, será apresentada uma síntese das políticas que Estados Unidos, Alemanha, França, Reino Unido, Japão, Coreia do Sul e China estão implementando para liderar ou pelo menos acompanhar o paradigma da quarta revolução industrial. Na terceira seção será analisada a reação do Brasil à emergência da “indústria 4.0”. Através do comportamento das quatro dimensões listadas no parágrafo anterior (estrutura produtiva; padrão de comércio exterior; participação nos fluxos de investimentos estrangeiros) ficará evidenciada a defasagem estrutural do nosso país, que muito provavelmente não conseguirá acompanhar minimamente esse novo paradigma industrial. Para reforçar esse argumento, e também para ressaltar o contraste com os países analisados na segunda seção, na quarta seção serão discutidas as políticas industriais, de tecnologia e inovação implantadas no Brasil desde o início deste século, quando ficarão evidentes suas lacunas e limitações.

2. A EXPERIÊNCIA MUNDIAL RECENTE NA “INDÚSTRIA 4.0”

Desde 2017, o IEDI (Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial) vem publicando estudos sobre a “Indústria 4.0”, inclusive fazendo relato das experiências dos Estados que estão nas posições centrais na economia mundo capitalista (EUA, Alemanha, Reino Unido, França, Japão e Coreia do Sul) e mesmo de Estados ascendentes, como China⁴.

A Indústria 4.0 vem sendo considerada como uma Quarta Revolução Industrial, baseada em sistemas ciber-físicos (NEUGEBAUER *et al*, 2016, p.1; XU *et al*, 2018). Hermann *et al* (2015) destacam três componentes fundamentais da Indústria 4.0: a internet das coisas, os sistemas ciber-físicos (CPS) e as fábricas inteligentes (p.5). Salkin *et al* (2018) relatam detalhadamente as nuances do termo, que abrange uma ampla gama de aspectos, incluindo incrementos na mecanização e automação, digitalização, rede e miniaturização. A Indústria 4.0 é baseada em oito avanços tecnológicos fundamentais: robótica adaptativa; análise de dados e inteligência artificial

4 Uma síntese dessas experiências está em IEDI (2018e).

(análise de *big data*); simulação; sistemas incorporados; comunicação e rede, como internet industrial; sistemas em nuvem; manufatura aditiva e tecnologias de virtualização (SALKIN *et al*, 2018, p.5).

Esse conjunto de inovações está levando analistas a argumentarem que essa quarta revolução industrial difere das revoluções tecnológicas anteriores porque foi “previst[a] e anunciad[a] a priori” (IEDI, 2017a, p.3). Outra diferença importante, destacada pelo estudo do IEDI é o fato de a direção do desenvolvimento ser pré-definida e sua velocidade influenciada por políticas públicas. Portanto, empresas e países podem, conscientemente, tentar definir o curso das mudanças. Essa peculiaridade da Indústria 4.0, vale dizer, o fato de estar sendo fortemente influenciada e incentivada pelas políticas públicas, explica porque, na segunda década do Século XXI, os países citados anteriormente tenham elaborado políticas para melhorar e/ou fortalecer suas posições na corrida em torno da criação e implementação das tecnologias que compõem a quarta revolução industrial.

A Alemanha, onde em 2011 surgiu o termo Indústria 4.0, foi também pioneira na adoção de uma estratégia para assumir a liderança na corrida mencionada no fim do parágrafo anterior. (KAGERMANN *et al*, 2016). De acordo com o IEDI (2017b), o objetivo da Iniciativa Estratégica Indústria 4.0, lançada em 2011 pelo governo alemão, é “manter a posição da Alemanha como líder mundial em indústrias e exportações de alta tecnologia” (p. 1). Desde então, o governo alemão introduziu um amplo pacote de políticas e programas de financiamento, com o objetivo de liderar o mercado mundial de sistemas ciber-físicos em 2020.

Merece ser destacado que a Iniciativa Estratégica Indústria 4.0 de 2011 se insere num processo que vem pelo menos desde 2006, quando foi lançada a Estratégia de Alta Tecnologia, que já tinha como meta a liderança da Alemanha nas tecnologias do que se chamou depois Indústria 4.0. Na sequência do plano de 2006, em 2010 foi lançada a Estratégia Alta Tecnologia 2020, que pretendia “tornar a Alemanha o principal fornecedor de soluções de base científica e tecnológica nas seguintes áreas ou domínios: clima/energia; saúde/nutrição; mobilidade; segurança e comunicação” (idem, p. 5). ***No caso alemão, cabe destacar, que os meios empresarial e acadêmico tornaram-se atores fundamentais na iniciativa da indústria 4.0***⁵.

Com relação ao Japão, foi elaborado em 2016 o “Quinto Plano Básico de Ciência e Tecnologia”, que propôs a “Sociedade 5.0”, que seria uma sociedade superinteligente, na qual as novas tecnologias integrariam o ciberespaço e o espaço físico (KINOSHITA, 2018). No ano seguinte, o governo estabeleceu a estratégia “Investimentos para o Futuro”, com uma visão progressiva da implantação da indústria 4.0. O IEDI (2018c) destaca que a política industrial japonesa tem focado cada vez mais em inovação e que “a agenda do governo japonês em resposta à Quarta Revolução Industrial é um roteiro de médio e longo prazos, firmemente baseado na cooperação e na parceria com o setor privado e que combina estratégias focadas no desenvolvimento de domínios tecnológicos específicos (robótica, tecnologia de informação, inteligência artificial, entre outros) com estratégias de disseminação dos seus resultados nas diferentes atividades econômicas e sociais” (p.1). A atuação do Estado é digna de nota. Para acelerar o desenvolvimento de tecnologias de Inteligência Artificial (IA), “...o governo do Japão criou, em abril de 2016, o Conselho Estratégico de Tecnologia de Inteligência Artificial”, presidido pelo então primeiro-ministro Shinzo Abe” (idem).

5 Para detalhes sobre as iniciativas do governo alemão a respeito da alta tecnologia, ver Dautz & Willcox (2016).

Para acelerar a implementação da indústria 4.0, o Ministério da Economia, Comércio e Indústria preparou planos detalhados para a nova estrutura industrial, intitulados “Future Vision towards 2030s”, que especifica quatro prioridades: mobilidade, cadeia de suprimentos, saúde e moradia (KINOSHITA, 2018). Em sintonia com o que vem fazendo pelo menos desde o final do século XIX quando se transformou em Estado nacional moderno e centralizado, o governo japonês responde ao atual acirramento da competição interestatal no campo científico-tecnológico estabelecendo metas ambiciosas (renascimento do Japão, sociedade superinteligente), aportando recursos e institucionalizando a política em planos quinquenais.

Passando para a reação da Coreia do Sul à Indústria 4.0, o que logo salta aos olhos é sua semelhança com o Japão, o que não deveria ser uma surpresa, pois na política industrial o Estado coreano parece emular o Estado japonês, como o fez ao criar os grandes conglomerados empresariais nacionais. De fato, do mesmo modo que no Japão, na Coreia do Sul também vamos encontrar presença ativa do Estado, planejamento de longo prazo, metas ousadas e continuidade. No período mais recente, desde os anos 1990 são definidas e estimuladas as tecnologias consideradas estratégicas e com potencial para transformar a Coreia em um país baseado na inovação.

Em 2002 foi aprovada a Lei Marco de Ciência e Tecnologia, que forneceu os fundamentos jurídicos dos Planos Quinquenais Básicos de Ciência e Tecnologia (2003-07, 2008-12, 2013-17). A título de exemplo, em fevereiro de 2008, no contexto do Plano Quinquenal Básico 2008-2012, foi lançada a “Estratégia da Economia do Conhecimento”, que selecionou 17 setores e tecnologias como novos motores de crescimento. Em dezembro de 2016, o governo sul coreano lançou o Plano de Médio e Longo Prazo para uma Sociedade de Informação Inteligente, com o objetivo de preparar o país para a Indústria 4.0. Segundo Kagermann *et al* (2016), está sendo dada especial atenção às pequenas e médias empresas, como comprova o projeto “Manufacturing 3.0” no qual o governo sul-coreano prioriza ajudar essas empresas a aumentarem suas capacidades produtivas através do uso de tecnologias inteligentes.

Concluindo essa síntese sobre o caso sul coreano, deve-se mencionar que uma das metas do plano estratégico acima mencionado é “completar o *catching up* tecnológico em relação às economias mais avançadas, eliminando o *gap* de 25% existente em 2013” (IEDI, 2018b:24). Para tanto, o governo sul coreano estabeleceu um conjunto de tarefas de médio e longo prazos, das quais destacamos três: a criação de uma base de tecnologias de inteligência artificial; a criação de ecossistema da indústria de Tecnologia da Informação Inteligente e facilitação da inovação do setor privado; a inovação digital da indústria de transformação.

É importante mencionar que os esforços do Japão, Coreia do Sul e também da China devem ser compreendidos do ponto de vista *regional*. Em outras palavras, a inserção ativa desses países na “indústria 4.0” deve ser colocada na perspectiva da ascensão do Leste Asiático como epicentro dos processos de acumulação de capital (ARRIGHI, 1997). Trata-se, portanto, de um movimento mais geral da região, na qual as diversas jurisdições políticas (Japão, Coreia do Sul, Tigres Asiáticos e, mais recentemente, China) vem ascendendo na hierarquia da riqueza global.

Com relação aos EUA, o governo deste país divulgou, em fevereiro de 2012, uma estratégia ampla “para orientar os investimentos federais em P&D de tecnologia avançada, incorporando sugestões e recomendações de representantes da indústria e das universidades” (IEDI, 2017c, p.1). No entanto, somente no final de 2014, o governo de Barack Obama conseguiu aprovar no Congresso o “*Revitalize American Manufacturing Act*”, para avançar na criação de uma

“Rede Nacional de Inovação Industrial, composta por 15 institutos regionais, **que receberão recursos federais por um período de cinco anos**, complementados com aportes de parceiros do setor privado e dos governos estaduais e/ou locais” (idem, p. 1, grifos nossos).

Importante mencionar que a iniciativa dos EUA é uma resposta à perda de competitividade daquele país nos produtos industriais de tecnologia avançada e à vulnerabilidade em vários setores industriais estadunidenses (IEDI, 2017c:3-4). Frente a este quadro, um grupo de trabalho composto por várias agências governamentais e coordenado pelo Conselho Nacional de Ciência e Tecnologia (NSTC) formulou o Plano Nacional Estratégico de Manufatura Avançada, publicado em fevereiro de 2012.

O NSTC parece desempenhar papel importante na proposição de políticas públicas para a “retomada” americana na inovação. Em 2016, através do documento *Advanced manufacturing: a snapshot of priority technology areas across the Federal Government*, esse Conselho sugeriu áreas prioritárias para as pesquisas tecnológicas com financiamento federal: produção de materiais avançados; biologia de engenharia para acelerar a bioprodução avançada; bioprodução para medicina regenerativa; fabricação avançada de bioprodutos e fabricação contínua de produtos farmacêuticos.

Dautz e Willcox (2016) enfatizam as preocupações e ações do governo dos EUA no tocante à manufatura avançada, particularmente, o papel desempenhado pelo Departamento de Defesa:

Claramente, o Departamento de Defesa (DOD) tem um papel predominante e cada vez maior. **Atualmente, ele responde por metade dos gastos federais em P&D** e opera por meio de programas e agências importantes – como ManTech e Defense Advanced Research Projects Agency (Darpa). No caso dos EUA, a preocupação com a segurança nacional permeia diversas iniciativas, **sendo a de manufatura avançada uma delas**. A visão é de que, tendo em vista suas implicações únicas, DARPA e o DOD são fundamentais para o sucesso da Advanced Manufacturing Initiative. Assim, o governo federal atua como um propulsor de novas tecnologias (Dautz; Willcox, 2016, p. 22, grifos nossos).

Para esses autores, “para além de conferir demanda efetiva estável, o governo exerce papel particular como coordenador e mobilizador de recursos e dos demais agentes” (Dautz; Willcox, 2016, p.23). Em síntese, e ainda nas palavras desses dois autores, “percebe-se uma lógica de atuação voltada à resolução de problemas, a partir de uma abordagem *mission-oriented* e do estímulo a projetos específicos que solucionem desafios nacionais ou globais em benefício da indústria norte-americana” (idem, ibidem), demonstrando, também nos EUA, a centralidade do Estado na liderança da inserção e mesmo reinserção do país na manufatura avançada, ou indústria 4.0.

Com relação à França, em 2013 o governo do então presidente François Hollande lançou a iniciativa Nova França Industrial (NFI), que pretende construir o novo futuro industrial do país. Nas palavras do próprio presidente:

Nosso objetivo é sermos líderes em inovação e avançar na fronteira tecnológica para criar os produtos e os usos de amanhã. Nosso objetivo é aproveitar as oportunidades criadas pela revolução industrial que está

varrendo nossas economias. Isso exige um esforço sem precedentes em termos de pesquisa e investimento. O governo manteve o crédito tributário para pesquisa e introduziu o subsídio de depreciação mais alto para investimentos industriais, um incentivo fiscal único para apoiar o investimento. Essa última medida foi uma adição aos € 2 bilhões em empréstimos disponibilizados pelo Banco Público de Investimentos (Bpifrance) para empresas que investem em projetos da Indústria do Futuro (New Industrial France, 2017:2).

Como desdobramento dessa iniciativa, em 2014 foi anunciada a criação do programa Indústria do Futuro, um consórcio que envolvia empresas, universidades, centros de pesquisa de diversas regiões da França. Segundo o documento New Industrial France, essa iniciativa é transversal e tem como propósito modernizar toda a indústria francesa. Em 2016, mais de 500 especialistas treinados deram apoio a 3.400 pequenas e médias empresas em todo o país. Foram disponibilizados 2 bilhões de euros pelo Bpifrance para o financiamento do programa Indústria do Futuro (NEW INDUSTRIAL FRANCE, 2017, p.3).

Deve-se mencionar ainda que o programa Nova França Industrial prioriza nove soluções industriais⁶, com a meta de preparar as empresas francesas para um cenário no qual a tecnologia digital está apagando a fronteira entre indústria e serviços. O programa Indústria do Futuro atinge todas as etapas da cadeia de valor, seja design, pós-venda, logística ou produção, independente do tamanho ou setor da empresa. Esse programa tem cinco pilares: desenvolvimento de tecnologias, apoio às empresas para se adaptarem ao novo paradigma, qualificação dos trabalhadores, mostrar a indústria francesa do futuro e fortalecer a cooperação europeia e internacional (idem, p. 15). Em resumo, o Estado francês assumiu a coordenação e liderança, direcionando recursos e capacidades para a reestruturação industrial nos moldes exigidos pelo novo paradigma da Indústria 4.0.

No Reino Unido, o Estado também atuou na promoção da Indústria 4.0. Em 2010, foi anunciado pelo próprio primeiro ministro David Cameron o Plano de Criação dos Centros Catapulta de Tecnologia e Inovação, “com dotação orçamentária de 439 milhões de libras para o período 2011-2014/15” (IEDI, 2018d:1). De acordo com o documento Catapult Network (2017), que fez uma avaliação dos cinco primeiros anos de funcionamento da iniciativa, foram criadas e estão ativas em 24 países ao redor do mundo mais de três mil colaborações entre academia e indústria, as quais dão apoio às empresas do Reino Unido nos mercados globais, incrementando assim as capacidades de P&D do país (CATAPULT NETWORK, 2017, p. 2).

Em janeiro de 2017, o governo de Theresa May lançou um documento de consulta e debate sobre uma nova estratégia industrial que envolvia dez pilares: 1) investir em ciência, pesquisa e inovação; 2) desenvolver habilidades; 3) modernizar a infraestrutura; 4) estimular as empresas a iniciar atividades e a crescer; 5) fazer uso estratégico das compras governamentais; 6) incentivar o comércio e o investimento direto estrangeiros; 7) fornecer energia acessível e crescimento limpo; 8) cultivar os setores líderes mundiais e ajudar novos setores a florescer;

6 As nove soluções industriais são as seguintes: economia de dados, objetos inteligentes, confiança digital, produção inteligente de alimentos, novos recursos, cidades sustentáveis, eco-mobilidade, medicina do futuro e transporte do futuro (NEW INDUSTRIAL FRANCE, 2017, p.3).

9) impulsionar o crescimento em todo o país; 10) criar instituições certas para reunir setores e locais, avaliando as melhores estruturas para apoiar pessoas, indústrias e lugares (IEDI, 2018d, p.19-20). Após receber contribuições de mais de 2.000 empresas e organizações de todas as partes do Reino Unido, o governo britânico lançou, em novembro de 2017, o documento *Industrial Strategy: Building a Britain Fit for the Future*, que listou quatro grandes desafios nas áreas em que o Reino Unido poderia liderar a revolução tecnológica mundial: inteligência artificial e *big data*; crescimento limpo; mobilidade; sociedade em envelhecimento. A proposta é ambiciosa, na medida em que pretende aumentar o investimento em P&D para 2,4% do PIB até 2027 (contra os 1,6% atuais) e investir 275 bilhões de libras esterlinas em um novo fundo, chamado Fundo Industrial de Mudança Estratégica (INDUSTRIAL STRATEGY, 2017, p.15). Segundo este documento, o governo se comprometeu a lançar e implantar acordos setoriais, através de parcerias entre governo e indústria, com o objetivo de aumentar a produtividade setorial.

Desses relatos dois aspectos merecem ser destacados: a) há estratégias explícitas para preservar a liderança industrial (como as colocadas em prática por Alemanha, Coreia do Sul e Japão), e outras de revitalização industrial (caso dos EUA, França e Reino Unido); b) o ponto comum, em todos os casos e em maior ou menor grau, é que o Estado lidera os projetos ligados à implantação da chamada Indústria 4.0⁷.

Contudo, o protagonismo do Estado não se restringe aos países do centro da economia-mundo capitalista, como mostra a China, que abordaremos a seguir. Em maio de 2015, foi lançado o plano estratégico *Made in China 2025* (MIC 2025), inspirado parcialmente na iniciativa da Alemanha e que tem como objetivo final transformar a China em um poder manufatureiro mundial até 2049, ano do 100º aniversário da fundação da República Popular da China (MA *et al*, 2018).

De acordo com o estudo de Li (2018), o paradigma “Made In China” já se expressa em vários bens de alta tecnologia, o que configura uma trajetória ascendente no desenvolvimento de capacidade de fabricação, em P&D e no investimento em capital humano. Expressando a tradição de planejamento do Estado chinês, o plano contempla três fases: a primeira cobre o período 2015-2025, quando a China aparece na lista dos países com os maiores centros manufatureiros globais; a segunda fase vai de 2026 a 2035 e nesse tempo a China deverá subir para o nível médio na produção industrial mundial. A fase três compreenderá o período 2036-2049, no qual a China planeja se tornar o centro manufatureiro do mundo (LI, 2018; MA *et al*, 2018).

Obviamente que entre o plano e a realização os obstáculos não serão pequenos. De acordo com o IEDI (2018a), o próprio Plano *Made In China 2025* reconhece que a indústria manufatureira chinesa enfrenta uma dupla pressão: de países industrializados e de outros países em desenvolvimento. Dos primeiros, pelo conteúdo tecnológico; dos segundos, pela disputa na vantagem de custos decorrente da força de trabalho barata. Para enfrentar esse duplo desafio,

7 Aqui estamos enfocando a atuação estatal como fundamental para a implantação de políticas ligadas à indústria 4.0 nos países referenciados. No entanto, deve-se frisar que o setor empresarial também se destaca como agente importante e decisivo, como apontado por Moreira Jr. (2020), ao tratar da experiência alemã: “Grandes grupos como a Bosch e a SAP já incorporaram esse paradigma a seus processos produtivos, e outras empresas dos setores de tecnologia de automação, fabricação de máquinas para a indústria de transformação, produção automobilística, fármacos e química já trabalham em cooperação com laboratórios de universidades e agências governamentais para desenvolver projetos que otimizem suas unidades com sistemas ciber-físicos e estabelecimento de fábricas inteligentes” (p.85). Portanto, Estado e capital estão associados na corrida pela liderança da indústria 4.0. Os trabalhadores e suas organizações talvez não sejam mencionados porque desde os anos 1980 sua capacidade de resistência vem sendo minada pela transferência de empregos para outras regiões do mundo e pela automatização. Nesta conjuntura, não é esperado que eles se constituam em oposição aos avanços da indústria 4.0.

o governo chinês aposta na manufatura avançada: “as empresas chinesas de alta tecnologia, em particular as campeãs nacionais, devem adquirir as capacidades para criar soluções tecnológicas inovadoras independentes e substituir seus concorrentes estrangeiros no mercado interno e cada vez mais nos mercados globais” (IEDI, 2018a:9). A ênfase é no “desenvolvimento impulsionado pela inovação” (idem, ibidem). Como se vê, *o Estado chinês está direcionando toda sua capacidade política, técnica e financeira* – cuja eficiência vem sendo demonstrada pelo sucesso do processo de reforma e abertura iniciado em 1978 – para o objetivo de acompanhar de perto o desenvolvimento da indústria 4.0.

3. O CASO DO BRASIL: SEM UMA INDÚSTRIA 3.0, COMO INGRESSAR NA 4.0?

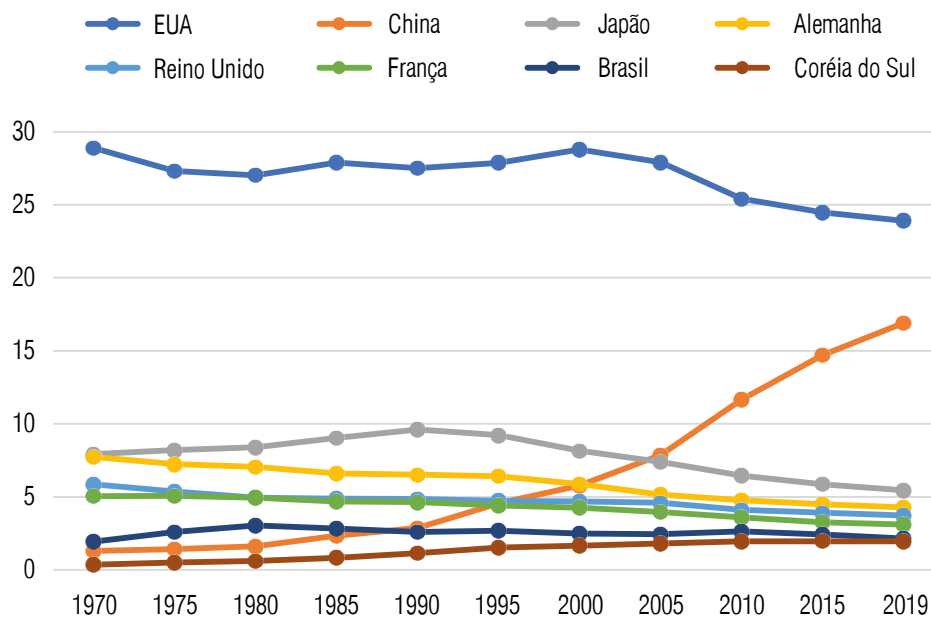
Para responder à pergunta do título desta seção, será necessário primeiramente mostrar que a economia brasileira não ingressou de forma dinâmica na Revolução Industrial 3.0, possibilitada pelas tecnologias que compunham o paradigma tecnológico microeletrônico, que irrompeu na economia mundial entre as décadas de 1970 e 1980. Como decorrência, o país terá extremas dificuldades para internalizar em sua estrutura produtiva atividades tecnológicas da nascente indústria 4.0, que derivam de um processo rápido e intenso de avanço nas fronteiras do conhecimento e de mudanças técnicas impostas pelas tecnologias da informação e comunicações (TICs), que há décadas vem automatizando os processos produtivos. Mostraremos na sequência que a estrutura produtiva, o padrão de comércio exterior, os fluxos de investimento externo direto revelam uma inércia em setores e atividades característicos da Revolução Industrial 2.0 (metal-mecânica), ampliando a defasagem tecnológica da economia brasileira em relação às economias avançadas que, como vimos, vem direcionando esforços e ações governamentais e privadas na direção da indústria 4.0.

3.1. A estrutura produtiva brasileira pós 1980

Desde 1980, constata-se uma diminuição paulatina do peso da economia brasileira na economia mundial, conforme apresentado nos Gráficos 1 e 2, que evidenciam a participação do nosso país no Produto Interno Bruto (PIB) mundial (entre 1970 e 2019) e no Valor Adicionado Manufatureiro Mundial (entre 1970 e 2018). Em 1970, o PIB brasileiro representava 1,93% da economia mundial, chegando a 3,03% em 1980. Desde então, há uma trajetória de declínio, chegando a 2,6% em 1990; 2,48% em 2000; um pequeno aumento em 2010, chegando a 2,63%; e chegando a 2,14% em 2019. No Gráfico 2, evidencia-se que a participação da indústria de transformação brasileira na indústria mundial também é decrescente, expressando o forte processo de desindustrialização prematura pelo qual passa o país desde a década de 1980.

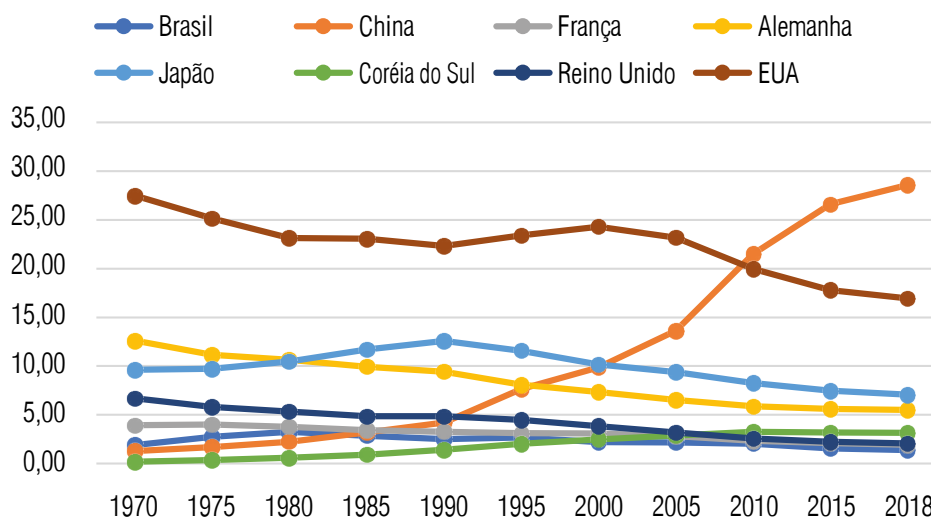
Após ter aumentado sua participação na manufatura mundial entre 1970 e 1980 (passando de 1,9% para 3,25%), a série mostra o progressivo declínio da participação do país na manufatura global, chegando a 1,37% em 2018. Portanto, em quatro décadas (1980-2020) o Brasil perdeu mais de 50% de participação relativa na indústria de transformação mundial. Na última década, o país passou a ter uma participação até inferior ao patamar que tinha em 1970 (1,90% em 1970 e 1,37% em 2018), exatamente no momento em que surge a indústria 4.0 nas economias centrais.

Gráfico 1 - Participação de Países Selecionados no PIB Mundial (1970-2019), em %



Fonte: UNCSTAD. Em U\$ constantes de 2015. Elaboração dos autores

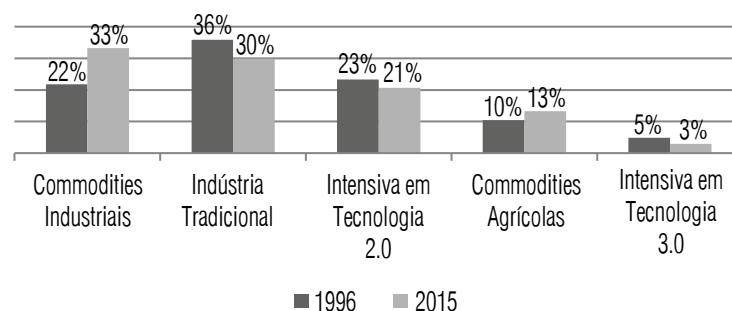
Gráfico 2 - Participação de Países Selecionados no Valor Adicionado Manufatureiro Mundial (1970-2018), em %



Fonte: UNCSTAD. Em U\$ constantes de 2015. Elaboração dos autores.

Para além da queda relativa acima mencionada, há o problema do perfil da estrutura produtiva brasileira em si. Na década de 1970, no bojo da terceira revolução industrial, novas trajetórias tecnológicas surgiram, principalmente nas economias dos Estados Unidos, Alemanha e Japão, aproximando segmentos emergentes como microeletrônica, telecomunicações, biotecnologia e novos materiais dos setores-chave do paradigma metal-mecânico e químico, que entrou em declínio e deixou de proporcionar as mesmas oportunidades de investimentos lucrativos. Contudo, deve ficar claro que as indústrias da segunda revolução industrial (metal-mecânico e químico) continuaram sendo extremamente importantes, apesar de seu auge de investimentos e vantagens oligopolistas⁸ já terem sido alcançados. Por isso, foram deslocadas do topo da matriz industrial e deixaram de ser responsáveis pelos maiores lucros e pela dinâmica de crescimento industrial das economias centrais. Segundo Laplane (1992), a partir dos anos 1980, o eixo dinâmico da atividade industrial nos países mais desenvolvidos deixou de ser o setor automobilístico (característico do paradigma metal-mecânico-químico) para ser o complexo eletrônico.

Gráfico 3 - Estrutura Industrial do Brasil (1996 e 2015), segundo grupos industriais de acordo com especificidade tecnológica



Fonte: IBGE. Pesquisa Industrial Anual (PIA). Elaborado pelos autores

O Brasil não acompanhou essa mudança, como se pode perceber no Gráfico 3, que mostra a evolução da estrutura industrial do país no período 1996-2015, organizada por grupos de atividade econômica segundo sua especificidade tecnológica⁹. Em 2015, o grupo *commodities* industriais era o de maior peso na estrutura industrial brasileira (33%), o que contrasta com os 22% de 1996. Na segunda posição encontrava-se a indústria tradicional intensiva em força de trabalho (30%). Juntamente com o grupo das *commodities* agrícolas (13%), em 2015, estes três grupos industriais correspondiam a 76% do parque industrial brasileiro, indicando elevada especialização produtiva do país em setores intensivos em força de trabalho e em recursos naturais. O grupo que corresponde aos setores intensivos em tecnologia típicos da indústria 2.0 (metal-mecânico-químico), chega ao

8 A literatura acerca do desenvolvimento regional observou esse fenômeno nos anos 1970 e 1980: os deslocamentos industriais para as semiperiferias e periferias de atividades que deixaram de ser as indutoras dos superlucros e das inovações. Como bem ressaltou Arrighi, “[...] o foco na industrialização é uma outra fonte de ilusões desenvolvimentistas [...] a expansão da industrialização aparece não como desenvolvimento da semiperiferia, mas como periferação de atividades industriais” (ARRIGHI, 1997, p.231).

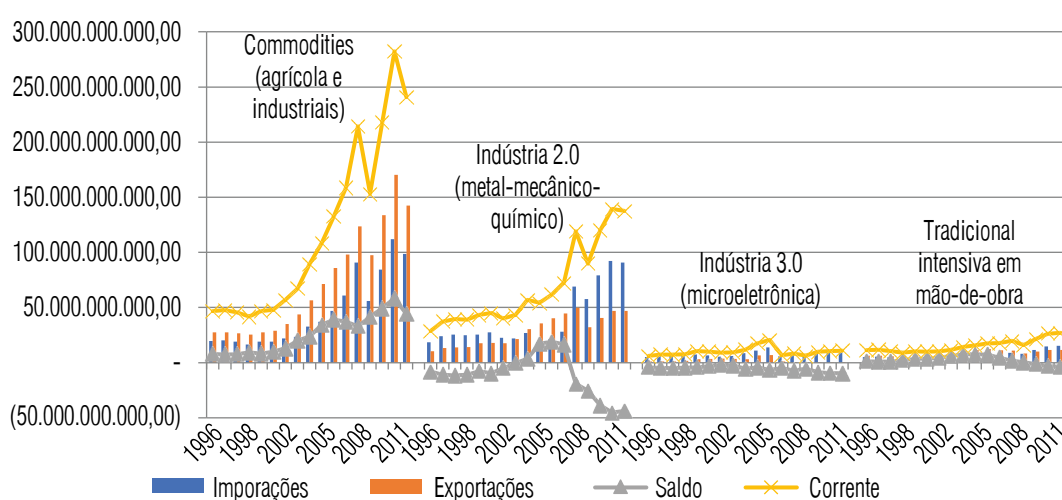
9 Os autores agradecem ao professor David Kupfer pela gentileza em disponibilizar a metodologia utilizada pelo Grupo de Indústria e Competitividade do Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (GIC-IE/UFRJ) para análise da estrutura produtiva brasileira. A diferença neste estudo foi incorporar o complexo do petróleo e dividir o grupo intensivo em tecnologia em dois: indústria 2.0 (metal-mecânica e química) e indústria 3.0 (microeletrônica).

ano de 2015 com uma participação de 21%, contra os 23% de 1996. Já o grupo que corresponde aos setores industriais intensivos em tecnologia da indústria 3.0 (microeletrônica) diminuiu sua participação na estrutura produtiva, caindo de 5% em 1996, para 3% em 2015.

3.2. O padrão do comércio exterior

A análise do padrão de comércio exterior da indústria e dos investimentos externos diretos também corrobora o argumento dessa seção, acerca da defasagem tecnológica brasileira. No Gráfico 4, que mostra a evolução do comércio exterior da indústria brasileira no período 1996-2012, constata-se que os maiores superávits comerciais ocorreram no grupo da indústria intensivo em recursos naturais. Em geral, ao longo do período, foram os sucessivos e crescentes saldos comerciais desse grupo que sustentaram o desempenho positivo do comércio exterior da indústria brasileira em sua totalidade, pois principalmente a partir do ano 2007 todos os demais grupos industriais registraram saldos negativos em seu comércio exterior.

Gráfico 4 - Evolução do Comércio Exterior da Indústria Brasileira (1996-2012) - Em R\$



Fonte: AliceWeb. Elaboração dos autores.

O grupo dos setores industriais intensivos em tecnologias da microeletrônica (indústria 3.0) que em 2010 participação com apenas 2,4% na estrutura produtiva do país, é o único que apresentou saldo comercial negativo em todos os anos do período 1996-2012. Ressalte-se que dentre os grupos constantes do Gráfico 3, este é o que apresenta a mais baixa corrente de comércio, constituída em sua quase totalidade pelas importações, dado que as exportações brasileiras em microeletrônica são praticamente nulas.

O atraso na microeletrônica traz prejuízos incalculáveis porque, junto com a química fina, ela é a tecnologia-base da Indústria 4.0. Contudo, como vimos acima, quando o paradigma tecnológico da microeletrônica emerge na década de 1970 e se difunde nas seguintes, o sistema industrial brasileiro não havia internalizado a inovação como parte de seu funcionamento, nem o

Estado brasileiro estava em condições de promover o desenvolvimento de capacidades nacionais na área da microeletrônica. E dado que as empresas e capitais estrangeiros não estavam ainda dispostos a trazer a nova tecnologia, a microeletrônica não se desenvolveu no Brasil.

Para Rivera *et al* (2015) apesar do surgimento de iniciativas de produção microeletrônica no país, a partir do início dos anos 1970, a conjuntura do início dos anos 1990 foi impactante negativamente:

A partir do início da década de 1990, com a abertura comercial abrupta, a incipiente indústria de semicondutores perdeu competitividade por razões relacionadas a fatores como defasagem tecnológica, reorganização produtiva mundial, questões políticas, econômicas e financeiras, e também gerenciais. Iniciou-se um processo rápido de esvaziamento desse elo crítico da cadeia produtiva. O fechamento, em meados dos anos 1990, da única fábrica de difusão no país, a SID, poderia ser considerado o término simbólico desse período. Outrossim, a Lei de Informática (Lei 8.248/91) concentrou os estímulos econômicos na etapa final de montagem, estipulando processos produtivos básicos (PPB) que, de forma geral, restringiam-se à montagem de componentes e *kits* importados, com toda microeletrônica já embarcada no exterior (p. 358).

Importante mencionar que, apesar das poucas experiências exitosas em segmentos da microeletrônica arroladas por Rivera *et al* (2015), a constatação é que não se consolidou em nosso país uma indústria microeletrônica orgânica, difusora de inovações¹⁰. Como resultado, o Brasil tem “uma das poucas grandes economias do mundo ainda sem produção local na etapa de difusão em microeletrônica” (idem, p. 347) Por conta disso,

...o Brasil tem registrado déficits comerciais crescentes em semicondutores– subestimado pelo fato de não serem contabilizados os *chips* embarcados em produtos, partes e peças importados. A tendência para os próximos anos é de agravamento de déficit comercial à medida que se proliferam os dispositivos eletrônicos em novos mercados, como o da Internet das Coisas (IoT – Internet of Things). O esvaziamento da cadeia eletrônica tende ainda a se estender a outros setores em que o país tem participação relevante na indústria mundial, como de bens de capital, automotivo, equipamentos médicos etc. (idem, *ibidem*).

As consequências desse esvaziamento da cadeia eletrônica são tangíveis, segundo esses autores, pois “a produção local de semicondutores recuou de U\$ 200 milhões em 1989 para U\$ 54 milhões em 2008, a cadeia de suprimentos local encolheu, houve fuga de técnicos e o

10 Para mais detalhes, ver Ibrahim (2015).

gap tecnológico do país com para o restante do mundo ampliou-se consideravelmente” (p. 358). E como vimos, o comércio exterior expressa essa defasagem.

Em resumo, o comércio exterior confirma o baixo grau de inserção da indústria brasileira nas tecnologias da indústria 3.0, o que fortalece nossa tese a respeito das dificuldades de o país se inserir ativamente na corrida pelas inovações ligadas à indústria 4.0, descritas na seção anterior.

3.3. Investimento Externo Direto

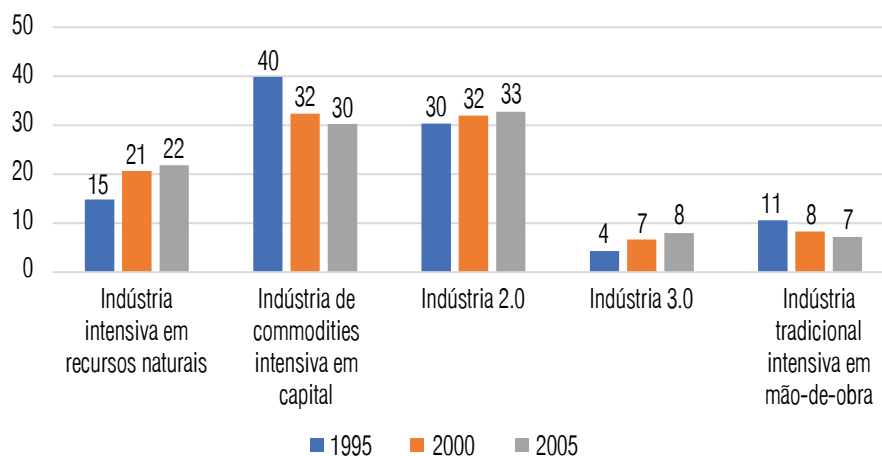
Com relação à participação do Brasil nos fluxos de Investimentos Externos Diretos (IED) mundiais, deve-se ter em mente que o capital estrangeiro exerceu grande influência na industrialização via substituição de importações (ISI). Para Cassiolato e Lastres (2005), ao estimular a entrada de capital estrangeiro, a ISI fez do Brasil um dos destinos mais importantes para o IED até o início dos anos 1980. Segundo esses autores, entre 15 países em desenvolvimento, incluindo os chamados tigres asiáticos, o Brasil apresentava as menores restrições à entrada de capital, investimento e tecnologias estrangeiras. Em 1980, o Brasil tinha o maior estoque de IED entre os países em desenvolvimento e o sétimo maior entre todos os países do mundo. Esse quadro mudou drasticamente entre 1980 e 1993, pois neste último ano o Brasil estava na 14ª posição entre os países em desenvolvimento receptores de investimentos externos, quando em 1980 era o 1º. O Brasil, que ao longo dos anos 1970 recebia em média 22% de todo o fluxo mundial de IED, passou em pouco tempo a uma posição quase insignificante na recepção desses investimentos (CASSIOLATO; LASTRES, 2005).

Na década de 1990, o Brasil voltou a ser destino importante de IED no setor de serviços, com grande parcela desses investimentos destinando-se à aquisição de ativos já existentes, como foi o caso das privatizações. O Gráfico 5 mostra que o estoque de IED na indústria brasileira (2005, 2000 e 2005) não estava concentrado nos setores intensivos em tecnologia da indústria 3.0 (microeletrônica), evidenciando que o capital estrangeiro pouco contribuiu para alterar a estrutura produtiva nacional nas últimas décadas¹¹. O estoque de IED no Brasil concentra-se sobretudo nos setores da indústria 2.0 (metal-mecânica e química), nas *commodities* intensivas em capital e na indústria intensiva em recursos naturais. Portanto, a ausência de investimentos externos na indústria 3.0 no Brasil também foi e é um fator para a defasagem industrial e tecnológica do país. Essa conclusão é reforçada pelo fato de os fluxos desses investimentos concentrarem-se na indústria 2.0 e nos recursos naturais¹².

11 Analisando a trajetória do IED no Brasil entre 2003 e 2014, Silva Filho (2015) constatou o predomínio dos setores tradicionais: “Embora tenha persistido ao longo da última década um predomínio do investimento estrangeiro destinado a setores de exploração de bens primários, outros setores industriais também responderam por uma parcela significativa desses fluxos. Projetos de mineração e siderurgia foram responsáveis pela atração do maior volume de capital estrangeiro tendo alcançado mais de US\$ 76 bilhões investidos, ou o equivalente a mais de 20% do total de IED *greenfield* recebido pelo país no período. Se somado aos montantes investidos em carvão, petróleo e gás natural (US\$ 27 bilhões) e alimentos e tabaco (US\$ 26,4 bilhões), temos uma concentração de mais de 36% do total de projetos de investimento estrangeiro em atividades de exploração de *commodities* no país” (p. 10-11). A China, nas duas últimas décadas, tornou-se origem importante de IED na América Latina e no Brasil, e esses investimentos ocorreram, predominantemente, em setores estratégicos para aquele país, ligados a *commodities* agrícolas e recursos energéticos (OURIQUES, 2019).

12 A associação desses IED em “setores do passado” com a predominância de tecnologias menos dinâmicas, intensificaram o caráter de uma indústria voltada para dentro. Mesmo a transferência de tecnologia por meio de filiais de empresas estrangeiras não ajudou a indústria brasileira a assimilar, adaptar e melhorar tecnologias mais dinâmicas. Pelo contrário, as antigas práticas produtivas, em meio ao processo de mudança

**Gráfico 5 – Distribuição setorial do estoque de IED no Brasil
(em % do total da indústria. Anos de 1995, 2000 e 2005)**



Fonte: Banco Central do Brasil. Elaborado pelos autores

Para complementar a análise dos problemas estruturais do Brasil que o impedem de se inserir ativamente na indústria 4.0, a próxima seção fará uma retrospectiva das políticas industriais e do sistema de apoio à ciência e inovação nos últimos vinte anos.

4. POLÍTICAS INDUSTRIAIS NO SÉCULO XXI E O SISTEMA NACIONAL DE INOVAÇÃO

Quando enfocamos a posição do Brasil frente à Indústria 4.0, há motivos substantivos para dizer que o país está “ficando para trás”:

Em trajetória de queda desde 2009, a participação do Brasil na produção industrial mundial caiu de 1,24%, em 2018, para 1,19%, em 2019. É o piso da série histórica iniciada em 1990. Com a nova retração em 2019, a indústria nacional mantém perda de relevância no cenário global e passa a ocupar a 16ª posição. Entre 2015 e 2019, ela foi superada pelas indústrias do México, da Indonésia, da Rússia, de Taiwan, da Turquia e da Espanha. Até 2014, o Brasil figurava entre os 10 maiores produtores no ranking mundial (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA - CNI, Agência de Notícias 04.09.2020).

tecnológica, não somente deixaram as empresas locais longe da fronteira tecnológica da indústria 3.0, como aproximaram-nas da obsolescência.

Posto que o Brasil ainda não tem uma estratégia nacional específica para a Indústria 4.0, o mais importante é sabermos quais têm sido as preocupações e ações efetivas dos vários governos brasileiros para promover a inovação industrial neste início de século, quando também estaria se desenvolvendo a 4ª Revolução Industrial. Neste sentido, cabe em primeiro lugar destacar que “iniciativas integradas para a estruturação e funcionamento de um sistema nacional de inovação são recentes no Brasil” (ARBIX, 2016, p. 12), pois somente no final dos anos 1990, no governo de Fernando Henrique Cardoso, foi definida a engenharia dos Fundos Setoriais e a criação do Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT), que só foi regulamentado em lei em 2007.

Em 2004, o governo Lula lançou a Política Industrial Tecnológica e de Comércio Exterior (PITCE) e, efetivamente, os recursos investidos em C&T&I aumentaram significativamente (ARBIX, 2016). Mesmo assim,

...a PITCE não alcançou efetividade plena em seu desempenho e muitos de seus desdobramentos ficaram sem desenlace positivo. **Fragil do ponto de vista de sua dotação orçamentária** e dos instrumentos para a implementação de seus planos, a nova política teve o mérito maior de colocar a inovação no centro dos desafios da indústria brasileira. Com a PITCE, **ainda que tardiamente**, o país procurava entrar em sintonia com as novas tendências tecnológicas mundiais (ARBIX, 2016, p. 13 grifos nossos)

O mesmo autor menciona que a PITCE “carecia de definição clara de instrumentos, recursos e de governança para sua implementação” (p.19). Em 2008, surgiu a Política de Desenvolvimento Produtivo (PDP), que entre outros objetivos pretendia “sustentar o crescimento econômico iniciado em 2004, [e] elevar a capacidade de inovação” (idem, p. 20). Arbix comenta que as dificuldades de sucesso desse plano decorreram da “multiplicidade de ações e objetivos, o que diminuiu sua identidade política e aumentou as dificuldades de governança (...). Por seu caráter abrangente e com **tratamento marginal da inovação** (grifos nossos), a PDP foi uma variante de ativismo estatal que, em larga medida, **baseou suas propostas em desonerações, contando com redução da carga tributária e aumento de incentivos fiscais**” (idem, p. 21, grifos nossos).

Em 2011, o governo Dilma Roussef lançou o Plano Brasil Maior (PBM – 2011-2014). Para Arbix (2016), em termos práticos se tratava de um plano para manter o funcionamento da economia. Em outras palavras, uma política anticíclica. Por isso, “...ainda que o PBM anunciasse a inovação e a elevação da competitividade como soluções para acelerar o crescimento da economia, as medidas tomadas tiveram mais características de políticas anticíclicas do que de políticas de inovação” (idem, p.22). Segundo o autor, o PBM acabou tendo o mesmo problema detectado nas iniciativas anteriores: “a abrangência excessiva deu lugar à diluição da atuação pública”. No que tange à inovação, “com exceção das metas tecnológicas do Inovar Auto, os incentivos e isenções oferecidos (...) eram regressivos, pois beneficiavam mais as empresas e setores menos inovadores” (idem, p.23).

Em 2013, ainda no governo de Dilma Roussef, foi lançado o programa Inova Empresa, **“o primeiro na história do país inteiramente voltado para o apoio à inovação tecnológica”** (ARBIX, 2016, p.15, grifos nossos). O programa efetivamente teve como foco a inovação e uma substantiva previsão de recursos, mas a execução se deu em um contexto de forte restrições

financeiras (CORDER *et al.*, 2016). Esses autores mostraram a discrepância entre os valores previstos e executados: “para algumas áreas, o valor contratado foi pouco representativo, caso do Inova Energia, Aerodefesa e Sustentabilidade, com algo em torno de 10% dos projetos contratados, e o Inova Saúde Equipamentos Médicos, Inova Agro e Paiss [Plano BNDES/FINEP de Apoio à Inovação dos Setores Sucroenergético e Sucroquímico], com cerca de 35% dos projetos contratados” (idem, p. 10). A carência de recursos tem ligação com as próprias restrições orçamentárias do FNDCT, cujas dotações em 2016 eram bem menores que as de 2011. Por exemplo, “...os recursos para áreas estratégicas também foram reduzidos à metade entre 2013 e 2014, caindo de R\$ 1,2 bilhão para R\$ 670 milhões, aproximadamente. Houve uma recuperação em 2015, mas que não se sustentou em 2016” (idem, p.14).

Apesar de corretamente partirem de um diagnóstico do baixo crescimento da economia brasileira nas últimas décadas, da especialização regressiva e da desindustrialização, as políticas industriais implementadas no século XXI não arquitetaram explicitamente uma estratégia de desenvolvimento que mostrasse onde se queria chegar e com que instrumentos, como fizeram os países centrais analisados na seção 2. Não foram definidas estratégias para o país ingressar em ramos de maior densidade tecnológica, de modo a reverter a defasagem da indústria brasileira em setores industriais emblemáticos da revolução tecnológica ancorada na microeletrônica, ou mesmo uma política de “campeões nacionais” em setores emergentes da nova manufatura avançada, ou indústria 4.0. Ao contrário disso, programas como o Inovar-Auto¹³ lembram ironicamente um “nacional-desenvolvimentismo às avessas”: apadrinhar uma indústria poluente, multinacional e da 2ª revolução industrial (metal-mecânico-químico) (FONSECA *et al.*, 2020).

Como se pode perceber, a inovação parece não ter sido encarada como uma prioridade na política pública no Brasil. De fato, apesar dos esforços recentes, o problema básico permanece: ausência de uma política de Estado, falta de continuidade, recursos financeiros insuficientes e incerteza na execução orçamentária, como comprovam os orçamentos dos últimos anos das principais agências financiadoras da pesquisa no Brasil. Em 2018, os recursos do FNDCT e do CNPq, as mais relevantes fontes de financiamento da ciência brasileira, foram inferiores em mais de 30% ao executado em 2014 (DE NEGRI, 2018). Como bem constata essa autora, a oscilação orçamentária no fomento à ciência é incompatível “com qualquer previsibilidade de gastos na área e com a manutenção da qualidade da pesquisa científica no país” (DE NEGRI, 2018, p.113). As medidas de corte e contingenciamento orçamentário por parte do governo federal continuaram em 2019 e 2020, afetando profundamente as principais agências de fomento à pesquisa do Brasil, CNPq e CAPES. No caso da CAPES, a dotação orçamentária de 2020 é de R\$ 3,07 bilhões, sendo 26,55% inferior aos R\$ 4,18 bilhões de 2019 e menos da metade dos R\$ 7,01 bilhões de 2015¹⁴. O CNPq, que teve um orçamento executado de R\$ 552 milhões em 2001, foi tendo incrementos anuais significativos, alcançando R\$ 2,78 bilhões em 2014. Desde então, tem havido decréscimos no orçamento executado, que baixou para R\$ 1,44 bilhão em 2018 e

13 O Inovar-Auto (Programa de Incentivo à Inovação Tecnológica e Adensamento da Cadeia Produtiva de Veículos Automotores) foi criado pela Lei n. 12.715/2012 e teve validade para o período 2013-2017.

14 Dados extraídos da página eletrônica da CAPES. A propósito, o valor orçado para a CAPES em 2020 (R\$ 3,07 bilhões) é o menor desde 2012.

R\$ 1,29 bilhão (previstos) para 2020¹⁵. Chegou-se mesmo a aventar a fusão dessas duas agências¹⁶, o que é mais uma evidência da pouca prioridade que a pesquisa científico-tecnológica, pois esse plano avança “em meio a uma crise financeira que ameaça o pagamento de bolsas e a continuidade de grandes projetos científicos, como o acelerador de partículas Sirius, maior empreendimento da ciência brasileira” (FOLHA DE SÃO PAULO, 2019, p.2).

Claro que a ausência de uma estratégia de Estado para ciência, tecnologia e inovação não podia deixar de ter consequências negativas para a indústria brasileira. Nesse sentido, Chaves *et al* (2020), relacionam o atraso produtivo e tecnológico do Brasil à incapacidade do sistema nacional de inovação de provocar mudanças estruturais na indústria no período pós 1980. Processos de convergência bem-sucedidos ancoram-se em um sistema de inovação que conduz a estrutura industrial do país em direção aos novos setores gerados pelas revoluções tecnológicas. Esse não seria o caso do sistema nacional de inovação brasileiro no século XXI. Ao analisarem a produção de patentes e publicações de mais de uma centena de países no sistema interestatal, Chaves *et al* (2020) identificaram um sistema tri-modal em termos de requisitos científicos e tecnológicos na economia internacional, semelhante ao padrão identificado por Arrighi (1997) em meados do século XX (periferia, semiperiferia e núcleo orgânico). Em relação ao Brasil, os autores registram que esse país transitou do regime 1 (periferia) para o regime 2 (semiperiferia) entre 1974 e 1982 e aí permaneceu ao longo dos anos 1990, 1998, 2006, 2012 e 2014. O importante a destacar é que os requisitos científicos e tecnológicos para entrar no regime 3 (núcleo orgânico) em 2014 eram muito superiores àqueles do período 1974-1982. Assim, apesar de o Brasil aumentar em termos absolutos sua produção científica e tecnológica nas últimas três décadas, em termos relativos ele ficou mais distante da fronteira internacional, pois o avanço no núcleo orgânico foi muito mais intenso durante a instalação da indústria 3.0.

Se os grupos dirigentes do Estado não induzem mudanças estruturais na indústria, os próprios empresários também não se transformaram em agentes da inovação, pois o tipo de inovação mais comum no Brasil, de *catching-up* em processos produtivos¹⁷, é típico de países relativamente atrasados, e em se tratando de um processo de emparelhamento, não constitui um motor dinâmico de inovação. Adicionalmente, não obstante um esforço recente no campo de patentes, permanece pequeno o número de empresas que ativamente se dedicam ao patenteamento e, mais importante, são empresas ligadas fortemente ao setor público, como é o caso da Petrobras e da Embrapa. A avaliação de Zuniga *et al* (2017) é que as empresas privadas brasileiras ainda são retardatárias enquanto motores genuínos de progresso científico, cabendo a um número muito exíguo de empresas – a Embraer é um exemplo – o papel de líderes nacionais na inovação.

Além disso, os empresários brasileiros não incorporaram a inovação como elemento importante para seus negócios. A própria Confederação Nacional da Indústria (CNI) publicou um estudo feito com uma amostra de 2.225 empresas sobre a introdução de elementos da Indústria 4.0 nas mesmas. A CNI concluiu que o uso de tecnologias digitais na indústria brasileira é pouco difundido. Uma característica da digitalização da indústria brasileira “é o foco nos processos, ou seja, no aumento da eficiência e da produtividade” (CNI, 2016, p.5). Como

15 Fonte: Moreira (2019). Em audiência pública na Câmara dos Deputados, em setembro de 2019, o Presidente da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência apresentou vários dados em série histórica que dimensionaram os cortes dos últimos anos em ciência e tecnologia no Brasil.

16 Folha de São Paulo (2019): “MEC quer fundir CAPES e CNPq em uma só fundação; Marcos Pontes é contra”.

17 Isto é, apenas ocorrem inovações incrementais, em tecnologias e produtos já existentes.

destacado por Arbix *et al* (2017), “...as empresas brasileiras ainda estão longe da adoção intensiva da automação, prototipagem rápida ou impressão 3D, assim como da utilização de serviços em nuvem, características essenciais para sustentação da manufatura avançada” (p.45). Quer dizer, ainda há poucas aplicações voltadas para o desenvolvimento de produtos e novos modelos de negócios, o que também aparece nas conclusões de Zuniga *et al* (2017), citados anteriormente.

Não obstante, o desenvolvimento da Indústria 4.0 não é totalmente ausente no Brasil, como elencado por Arbix *et al* (2017), IEDI (2018b) e Zapparolli (2018)¹⁸. Este último menciona a rede Institutos SENAI de Inovação (ISIs) iniciativa surgida no âmbito da CNI (Confederação Nacional da Indústria), com “21 unidades em operação, onde trabalham 550 pesquisadores, 40% deles com mestrado ou doutorado, que geraram mais de 500 projetos de pesquisa de interesse da indústria desde 2013, quando começaram a operar as primeiras unidades” (ZAPAROLLI, 2018, p.68). Embora louvável, essa iniciativa não compensa a ausência de uma política estatal consistente e duradoura para dinamizar a indústria e adequá-la às mudanças em curso.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo como marco analítico a Economia Política dos Sistemas-Mundo, este texto se propôs a oferecer uma explicação abrangente para as ameaças que a 4ª Revolução Industrial ou Indústria 4.0 parecem estar apresentando para a posição semiperiférica do Brasil. A busca do lucro pelas empresas e do poder pelos Estados se auto-alimentam para gerar inovações contínuas, cujo controle dão a seus detentores – Estados e empresas – condições de deslocar seus competidores. Por este motivo, as posições de empresas, países e mesmo indivíduos não estão asseguradas, sobretudo em um contexto de mudanças como este que parece estar sendo criado pela 4ª Revolução Industrial ou Indústria 4.0. Exatamente por estarem conscientes das ameaças, um grupo de países está buscando acompanhar e mesmo definir e liderar o processo de mudança.

Dado que o Brasil não é um destes países, a despreocupação com as mudanças não estaria indicando que o Brasil pode descer na hierarquia mundial do poder e da riqueza? Em outros termos, o Brasil não corre o risco de voltar à periferia? A pergunta se relaciona ao fato de que as ações empreendidas por Alemanha, Inglaterra, França, EUA, Japão, Coreia do Sul e China para tomar a dianteira nas tecnologias que constituem a Indústria 4.0 pressionam os outros países a adotar políticas semelhantes, caso não queiram baixar na hierarquia da indústria mundial. No que tange ao Brasil, o correto seria dizer, *se não quiser baixar ainda* mais, pois como vimos na sub-seção 3.1, a participação da indústria brasileira na indústria mundial era de 3,25% em 1980, e desde então começou a declinar, chegando a 1,37% em 2018. Esse relativamente longo (38 anos) processo de debilitamento não seria ele mesmo uma evidência de que o Brasil não responderá ativamente às ameaças advindas da Indústria 4.0? A piora nos 3 indicadores estudados na seção 3 (estrutura produtiva, padrão de comércio exterior, participação nos fluxos de investimentos estrangeiros) e as inconsistências e ineficácia das políticas industriais recentes do

¹⁸ Recentemente, a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), juntamente com o Sindicato Nacional da Indústria de Componentes para Veículos Automotores (Sindipeças), lançaram um edital para apoiar projetos visando a transformação digital do setor produtivo brasileiro no setor de autopeças. Para detalhes, ver www.abdi.com.br

sistema nacional de CT&I, estudada na seção 4, denotam que está em curso um processo de formação de uma assustadora **incapacidade** estrutural da economia e do Estado brasileiros reagirem positivamente à intensificação da CT&I na economia-mundo capitalista.

De fato, ao contrário do que aconteceu entre as décadas de 1930 e 1970, de 1980 para cá o Estado brasileiro não foi capaz de implementar políticas de desenvolvimento da microeletrônica – a tecnologia-chave da indústria 4.0 – como fica patente em vários indicadores apresentados na seção 3, dos quais queremos destacar o saldo negativo no comércio exterior da indústria eletrônica em todo período 1996-2013 (Gráfico 4). Com diferentes graus e ênfases em função das respectivas histórias, em todos os países relatados na seção 2, o Estado tem sido o protagonista das políticas destinadas a atrair e apoiar o setor privado no esforço nacional de definir, liderar e/ou acompanhar o desenvolvimento das tecnologias da indústria 4.0.

Em tal contexto, o Brasil está em grande desvantagem porque: 1) desde 1980, esgotou-se o arranjo político institucional que a partir dos anos 1930 liderou o processo de industrialização e incorporação das tecnologias da 2ª revolução industrial e; 2) as forças políticas que assumiram o controle do Estado aceitaram a recomendação do Consenso de Washington, aí incluída uma certa demonização do Estado, do qual aos poucos foi sendo sendo retirada tanto a legitimidade quanto a capacidade para formular políticas industriais.

A debilidade estrutural do Estado brasileiro, brevemente interrompida nos governos petistas de 2003 a 2016, foi retomada e adquiriu intensidade nos dois governos posteriores e muito provavelmente vai contribuir para o descenso do Brasil na hierarquia da economia-mundo. Isso porque a manutenção da condição de semiperiferia requer um Estado capaz de lutar contra o rebaixamento para a periferia, o que se dá através na internalização no seu território dos processos produtivos intensivos em tecnologia, e, por isso, mais lucrativos e dinamizadores de toda a economia. Se o Estado é mais importante na semiperiferia, ele é também indispensável nos países centrais, como demonstram as estratégias que os sete estados estudados estão implementando desde a primeira década do século XXI para definir e liderar e/ou acompanhar as inovações da Indústria 4.0.

Esta constatação torna ainda mais preocupante o processo de debilitamento a que o Estado brasileiro vem sendo submetido desde a década de 1980 e que tem como uma das suas consequências (outras seriam o aumento da desigualdade, da violência urbana, etc.) a tendência de involução tecnológica e de desindustrialização da economia brasileira (como visto na seção 3), configurando um cenário de distanciamento entre o PIB per capita do Brasil e o da economia-mundo capitalista, talvez rebaixando o país à condição periférica. Obviamente, este cenário não é inevitável, mas pode vir a ser, caso o Estado e a economia brasileira prossigam na atual trajetória por mais uma ou duas décadas, o que tornaria quase impossível estancar o processo de periferização. Nesse caso, presenciaremos uma regressão histórica, que não seria a primeira e provavelmente nem a última a acontecer na economia-mundo capitalista.

REFERÊNCIAS

- ARBIX, G. (2016). 2002-2014: trajetória da inovação no Brasil. In: **Friedrich-Ebert-Stiftung (FES) Brasil**, São Paulo, Análise n. 17/2016, novembro, 28 p.
- ARBIX, G.; SALERNO, M.S.; AMARAL, G.; LINS, L.M (2017). Avanços, equívocos e instabilidade das políticas de inovação no Brasil. In: **Novos Estudos**, CEBRAP, São Paulo, v. 36, novembro, p. 9-27.
- AREND, M. (2013) O Brasil e o longo século XX: condicionantes sistêmicos para estratégias nacionais de desenvolvimento. In: VIEIRA, R.L. **O Brasil, a China e os EUA na atual conjuntura da economia-mundo capitalista**. Marília: Oficina Universitária; São Paulo: Cultura Acadêmica, p. 135-172.
- ARRIGHI, G. (1997) **A ilusão do desenvolvimento**. Petrópolis, Vozes.
- BRUSSI, A.J.E. (2015). **Semiperiferia: uma revisitação**. Brasília, Editora Universidade de Brasília.
- CATAPULT NETWORK (2017). **Forecasting Innovation to Drive Economic Growth**. London. Disponível em: <<http://www.catapult.org.uk/>> Acesso em: 15/05/20
- CASSIOLATO, J. E.; LASTRES, H. M. M. (2005) Tecnoglobalismo e o papel dos esforços de PD&I de multinacionais no mundo e no Brasil. **Parcerias Estratégicas**, Brasília, DF, n. 20, p. 1225-1245, jun.
- CNI (Confederação Nacional da Indústria) (2016). **Indicadores CNI, Sondagem Especial Indústria 4.0**, Ano 17, n. 2, abril.
- _____ (2020). Indústria brasileira é a 16ª em participação na produção mundial do setor, aponta CNI. In: Portal da Indústria. 04 de setembro de 2020 [disponível em <http://www.portalindustria.com.br/>]
- CORDER, S.; BUAINAIN, A.M.; LIMA JR., I. S (2016). Análise preliminar do Plano Inova Empresa. In: **Anais do 1o. Encontro Nacional de Economia Industrial e Inovação**. São Paulo, Blucher Engineering Proceedings, v. 3, n. 4, p. 156-173.
- DAUTZ, G.; WILLCOX, L.D. (2016) Reflexões críticas a partir das experiências dos Estados Unidos e da Alemanha em manufatura avançada. In: **BNDES Setorial**. Rio de Janeiro, n. 44, setembro, p. 5-45.
- DE NEGRI, F. (2018). **Novos Caminhos para a Inovação no Brasil**. Brasília: IPEA/ Wilson Center.
- FOLHA DE SÃO PAULO (2019). MEC quer fundir Capes e CNPq em uma só fundação; Marcos Pontes é contra. São Paulo, 11 de outubro. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/ciencia/2019/10/mec-quer-fundir-capes-e-cnpq>> Acesso em: 20/05/2020
- FONSECA, P. C. D.; AREND, M.; GUERRERO, G.A. (2020). Growth, Distribution, and Crisis: The Workers Party Administrations. **Latin American Perspectives**, v. 47, p. 65-82.
- HERMANN, M; PENTEK, T.; OTTO, B. (2015). Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review. **Technische Universität Dortmund**, Working Paper n. 1.
- IEDI (Instituto de Estudos do Desenvolvimento Industrial) (2018a). Carta IEDI. **Indústria 4.0 - a iniciativa Made in China 2025**. São Paulo, ed. 827, 26.01.2018.
- _____ (2018b). Carta IEDI. **Indústria 4.0: a Coreia do Sul e a Indústria do Futuro**. São Paulo, ed. 831, 16.02.2018.
- _____ (2018c). Carta IEDI. **Indústria 4.0: a Política Industrial no Japão face à Quarta Revolução Industrial**. São Paulo, ed. 838, 16.03.2018.

- _____ (2018d). Carta IEDI. **Indústria 4.0: o Projeto Catapulta e a Estratégia Industrial do Reino Unido**. São Paulo, ed. 847, 11.05.2018.
- _____ (2018e). **Estratégias nacionais para a Indústria 4.0**. São Paulo, julho de 2018.
- _____ (2017a). **Indústria 4.0: a Quarta Revolução Industrial e os desafios para a indústria e para o desenvolvimento brasileiro**. São Paulo, julho de 2017.
- _____ (2017b). Carta IEDI. **Indústria 4.0: a Política Industrial da Alemanha para o Futuro**. São Paulo, ed. 807, 29.09.2017.
- _____ (2017c). Carta IEDI. **Indústria 4.0: o Plano Estratégico da Manufatura Avançada nos EUA**. São Paulo, ed. 820, 11.12.2017.
- IBRAHIM, H.C (2015). A indústria microeletrônica no Brasil e na Coreia do Sul: estudo sobre padrão de desenvolvimento. Florianópolis, Programa de Pós-Graduação em Economia da UFSC, Dissertação de Mestrado, 284 p.
- INDUSTRIAL STRATEGY (2017). **Building a Britain fit for the future**. London, HM Government, White Paper.
- LAPLANE, M. (1992). O complexo eletrônico na dinâmica industrial dos anos oitenta. 1992. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- KAGERMANN, H.; ANDERL, R.; GAUSEMEIER, J.; SCHUH, G.; WAHLSTER, W (eds) (2016). **Industrie 4.0 in a Global Context: Strategies for Cooperating with International Partners (acatech STUDY)**. Munich: Herbert Utz Verlag.
- KINOSHITA, M. (2019). **Japan on the New Industrial Revolution: direction and its global implication for inclusive and sustainable industrial development**. Tokyo, Graduate School Of Public Policy, University of Tokyo, March.
- LI, L. (2018). China's manufacturing locus in 2025: with a comparison of "Made-in-China 2025" and "Industry 4.0". In: **Technological Forecasting & Social Change**, 135, p. 66-74.
- MA, H.; WU, X.; YAN, L.; HUANG, H.; WU, H.; XIONG, J.; ZHANG, J. (2018). Strategic Plan of Made in China 2025 and its Implementations. **Analysing the Impacts of Industry 4.0 in Modern Business Environments**, IGI Global, p.1-23.
- MADE IN CHINA 2025 (2018). Institute for Security & Development Policy. Policy Brief, June. Disponível em: <www.isdp.eu> Acesso em: 09/04/20
- MOREIRA, I. C (2019). **Importância das agências de fomento e seus recursos para 2020: CNPq, FINEP e CAPES**. Brasília, Apresentação em Audiência Pública na Câmara dos Deputados, 11.09.2019.
- MOREIRA Jr., H. (2020). Indústria 4.0 e novas dimensões tecnológicas no entro da economia-mundo capitalista: perspectivas para o Brasil. In: **OIKOS**, Rio de Janeiro, v. 19, n.2, p. 79-91.
- NEW INDUSTRIAL FRANCE (2017). **Building France's Industrial Future**. Government of France. Disponível em: <www.economie.gouv.fr/nouvell-france-industrielle>
- NEUGEBAUER, R.; HIPPMANN, S. LEIS, M.; LANDHERR, M. (2016). Industrie 4.0 - From the perspective of applied research. In: **PROCEDIA CIRP**, 57 (2016), p. 2-7.
- OURIQUES, H. R. (2019). As relações econômicas entre América Latina e China: uma perspectiva sistêmica. In: GU, Tiejun (org.). **Opiniões de acadêmicos brasileiros sobre a China**. Porto Alegre: UFRGS/Instituto Confúcio, p. 51-94.
- PEREZ, C. (2004). **Revoluciones Tecnológicas y Capital Financiero: la dinámica de las grandes burbujas financieras y las épocas de bonanza**. México: Siglo XXI.

- RIVERA, R.; TEIXEIRA, I.; AZEN, C.; MIGUEL, H.; SALES, J.R. (2015). Microeletrônica: qual é a ambição do Brasil. In: **BNDES Setorial. Complexo Eletrônico**. Rio de Janeiro, n. 41, março, p. 345-396.
- SALKIN, C.; ONER, M.; USTUNDAG, A.; CEVIKCAN, E. (2018). A conceptual framework for Industry 4.0. In: USTUNDAG, A.; CEVIKAN, E. (orgs.). **Industry 4.0: managing the digital transformation**. Switzerland, Spring Series in Advanced Manufacturing, p. 3-24.
- SILVA FILHO, E.B. (2015). Trajetória recente do investimento estrangeiro direto e em carteira no Brasil. In: IPEA. **Boletim de Economia e Política Internacional (BEPI)**, n.19, jan./abr.
- VIEIRA, P.A. (2010). Elementos para un análisis de la Ciencia y la Tecnología desde la perspectiva de la Economía Política de los Sistemas-Mundo, in Treviño, L.C. (org) **Inovación ante la Sociedad del Conocimiento: disciplinas y enfoques**. Plaza y Valdes Editores, México, p. 159-181
- VIEIRA, P.A.; FERREIRA, L.M.S. (2013). O Brasil na atual conjuntura científico-tecnológica da economia-mundo capitalista. In: VIEIRA, R.L. **O Brasil, a China e os EUA na atual conjuntura da economia-mundo**. Marília: Oficina do Livro. São Paulo: Cultura Acadêmica, p.247-278.
- WALLERSTEIN, I. (1979). Semiperipheral countries and the contemporary world crisis. In: WALLERSTEIN, Immanuel. **The capitalist World-Economy**. New York, Cambridge University Press, pp. 95-118.
- _____ (2011). Repaso Teorico. In: WALLERSTEIN, I. **El moderno sistema mundial – la agricultura capitalista y los orígenes de la economía-mundo europea en el siglo XVI**. México, Siglo XXI, 2a ed. aum., v. 1, p. 489-502.
- _____ (1998). **El Moderno Sistema-Mundial II: El mercantilismo y la consolidación de la economía-mundo europea, 1600-1750**. México: Siglo XXI.
- _____ (2004). **World System Analysis: An Introduction**. Duke University Press.
- _____ (2015). **Prefácio**. In: BRUSSI, A.J.E. **Semiperiferia: uma revisitação**. Brasília, Editora Universidade de Brasília, p. 9-13.
- XU, L. D.; XU, E. L.; LI, L. (2018). Industry 4.0: state of the art and future trends. **International Journal of Production Research**, vol. 56, n. 8, p. 2941-2962.
- ZAPAROLLI, D. (2018). Novas perspectivas para a indústria. In: **Revista PESQUISA FAPESP**, São Paulo, n. 273, novembro, p. 68-72
- ZUNIGA, P. *et al* (2017). Conditions for innovation in Brazil: a review of key issues and policy challenges. In: IPEA. **Discussion Paper**, n. 218, Brasília, November.