

## **INOVAÇÃO TECNOLÓGICA NA INDÚSTRIA 4.0: Uma discussão sobre as oportunidades e desafios a partir de seus efeitos sobre a estrutura do emprego.**

**ADRIANA ROSALEM ANDRIETTA**

UFABC- UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC

**ANAPATRICIA DE OLIVEIRA MORALES VILHA**

UFABC- UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC

**CATARINA DE OLIVEIRA CANO**

**KATIA NACHILUK**

**CARLOS GAMBOA**

### **Introdução**

O emprego ocupa uma posição na vida das pessoas que vai muito além de gerar seu sustento. De acordo com o *The Work of the Future: Shaping Technology and Institutions (WoF)*, “O emprego é uma atividade humana central, crítica para a autorrealização e coesão social” (Mindell; Reynold, 2019, p. 8, tradução dos autores). As transformações geradas através das inovações tecnológicas trouxeram profundas modificações nos hábitos, cultura e no dia a dia dos seres humanos.

### **Problema de Pesquisa e Objetivo**

O objetivo dessa pesquisa é discutir como a automação pode realizar rearranjos dentro do mercado de trabalho e da estrutura do emprego, com ênfase na Indústria 4.0, é analisada a relação de substituição entre o homem e a máquina, como profissionais com diferentes níveis de educação são impactados pela automação, as economias de plataforma que surgiram através do avanço digital e o papel do Estado, não somente como instituição capaz de garantir direitos dos trabalhadores, mas também como tomadora de riscos para grandes inovações, adquirindo a figura schumpeteriana de empreender.

### **Fundamentação Teórica**

INOVAÇÃO COMO PROCESSO, DINÂMICA E BASE TECNOLÓGICA DA 4ª. REVOLUÇÃO INDUSTRIAL INOVAÇÃO TECNOLÓGICA E OS REARRANJOS NA MATRIZ DE EMPREGO 4.0 A INDÚSTRIA 4.0 E O CENÁRIO DOS PAÍSES EM DESENVOLVIMENTO

### **Metodologia**

Este trabalho, tem caráter predominantemente teórico, baseado em revisão de literatura acerca das principais ideias da área de Economia da Tecnologia com Schumpeter e os pensadores da Economia Evolucionária.

### **Análise dos Resultados**

As economias emergentes possuem uma dificuldade maior em se adaptar as inovações, devido a problemas estruturais pré-existentes. Embora estudos recentes, como o da WoF (2019), falem que a automação vem no sentido de suprir a falta de mão de obra que o envelhecimento populacional vai causar nas próximas décadas, esse pensamento se aplica muito mais a países de economias avançadas do que os emergentes, que possuem um contingente de mão de obra que não consegue se beneficiar da tecnologia, tendo uma maior dificuldade de se situar diante das inovações.

### **Conclusão**

Os incentivos competitivos em pesquisa e desenvolvimento de áreas chave da Indústria 4.0 também se tornam extremamente necessários para que seja atrativo trabalhar com pesquisa em países subdesenvolvidos. É inegável que o Estado possui um papel crucial no bem-estar que as inovações tecnológicas têm capacidade potencial para trazer para as pessoas. Nesse contexto, o Estado assume um papel chave para orquestrar a Indústria 4.0, criando um plano de desenvolvimento que leve em consideração os problemas preexistentes, principalmente no tocante às economias emergentes.

### **Referências Bibliográficas**

ANDRADE, Israel de Oliveira; LEITE, Alixandro Werneck. ARBIX, Glauco. CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA FREEMAN, Christopher; GEORGIEFF Alexandre; MANYIKA, JAMES et al. MEROE, G.P.S; SANTOS, A.B.A; FAZION, C.B. MINDELL, D; REYNOLDS, NEDELSKOLSKA, L; QUINTINI, G.: OCDE. RISSARDI JÚNIOR, Darcy; SHIKIDA, Pery Francisco Assis; DAHMER, Vanessa de Souza. ROTTA, Fernando. SCHWAB, Klaus. SERVIÇO SOCIAL DA INDÚSTRIA. SOTO, Daniel Alonso. SZMRECSÁNYI, T. TIGRE, P. B. UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION WORLD ECONOMIC FORUM.

### **Palavras Chave**

Indústria 4.0, Inovação tecnológica, Emprego 4.0

## INOVAÇÃO TECNOLÓGICA NA INDÚSTRIA 4.0:

Uma discussão sobre as oportunidades e desafios a partir de seus efeitos sobre a estrutura do emprego.

### 1. INTRODUÇÃO

O emprego ocupa uma posição na vida das pessoas que vai muito além de gerar seu sustento. De acordo com o *The Work of the Future: Shaping Technology and Institutions* (WoF), “O emprego é uma atividade humana central, crítica para a autorrealização e coesão social<sup>1</sup>” (Mindell; Reynold, 2019, p. 8, tradução dos autores).

As transformações geradas através das inovações tecnológicas trouxeram profundas modificações nos hábitos, cultura e no dia a dia dos seres humanos. Iniciadas a partir do momento em que ferramentas são cunhadas para facilitar a execução de trabalhos essencialmente manuais, foram seguidas pela mecanização e automatização ao longo dos períodos das Revoluções Industriais, até chegar na era digital que vivemos hoje. Tivemos incrementos e modificações importantes nas áreas da saúde, transportes, energia, relacionamentos, suprimentos e no que tange ao emprego. E é em relação a esse último tópico que a discussão dessa pesquisa irá se aprofundar.

Segundo dados do *The Future of Jobs Report* (World Economic Forum, 2020), empregos com rotinas manuais vêm se tornando cada vez mais obsoletos, o que levou, por exemplo, a um deslocamento de quase 2,6 milhões de empregados nos Estados Unidos entre 2007 e 2018. São funções nas quais a automação chega de forma mais rápida, como por exemplo, em tarefas administrativas. Através da criação de algumas linhas de código é possível transformar atividades de complexa execução em funções totalmente automáticas, em que a participação humana se torna dispensável.

Como traz Tigre (2006), a relevância atribuída à inovação tecnológica está ligada ao fato de ser um instrumento imprescindível para alavancar tanto a produção como a competição entre as empresas e instituições, servindo como propulsor do desenvolvimento da economia, tanto local como globalmente. É diante desse cenário que se justifica a presente pesquisa. O ambiente de constantes mudanças tecnológicas no qual estamos inseridos demanda uma capacidade de resposta considerável por parte das empresas e, principalmente, dos trabalhadores para se adequarem ao novo panorama. Por isso, esse trabalho se debruça sobre os possíveis impactos da inclusão de inovações tecnológicas na estrutura do emprego.

A hipótese que nos norteia é que a automação, potencializada pelo desenvolvimento gerado diante da indústria 4.0, pode gerar benefícios às empresas, trabalhadores e consumidores, tanto em termos de produtividade como de qualidade dos serviços e produtos ofertados. Por outro lado, em razão do aumento da sofisticação tecnológica, vai se requerendo maior capacitação por parte dos trabalhadores para acompanhar as mudanças do patamar de atividades.

### 2. PROCEDIMENTOS E TÉCNICAS DE PESQUISA

Este trabalho, de caráter predominantemente teórico, baseia-se em revisão de literatura acerca das principais ideias da área de Economia da Tecnologia a partir dos escritos de Schumpeter e dos pensadores da Economia Evolucionária.

---

<sup>1</sup> "Work is a central human activity, critical to self-realization and social cohesion" (Mindell; Reynold, 2020, p. 8.)

Para análise das transformações tecnológicas e sociais da 4ª. Revolução Industrial, bem como de seus impactos e desafios na estrutura do trabalho, esta pesquisa examinou relatórios estatísticos nacionais e internacionais, em especial:

- Relatório do Desenvolvimento Humano – PNUD (CONCEIÇÃO, P. et al 2019).
- *The Future of Jobs Report* (2020) - World Economic Forum.
- Industrial Development Report (2020) – UNIDO.
- Employment and Migration Working Papers: What happened to jobs at high risk of automation (2021) – OECD.
- Employment and Migration Working Papers: Technology and the future of work in emerging economies (2021) – OECD.

### **3. POSICIONAMENTO TEÓRICO A PARTIR DA LITERATURA**

As diversas revoluções industriais tiveram como objetivo subjacente o aumento da eficiência do processo produtivo, pela via da substituição do elemento humano por máquinas. Essa substituição atingia predominantemente a base da estrutura profissional, isto é, a mão de obra menos qualificada, preservando os estratos médios de técnicos e especialistas. O que a literatura pesquisada nos mostrou é que a Indústria 4.0, partindo de uma base tecnológica que integra conhecimento e produção física, atingirá também a mão de obra dos estratos médios da estrutura, isto é, técnicos e especialistas, como impactos sociais e econômicos de grande monta. Sobre essa perspectiva nos debruçaremos a seguir.

#### **3.1 INOVAÇÃO COMO PROCESSO, DINÂMICA E BASE TECNOLÓGICA DA 4ª. REVOLUÇÃO INDUSTRIAL**

Conforme escreveu Szmrecsányi (2006, p. 8), a inovação tecnológica – quando pensada dentro do espectro econômico – diz respeito “à aquisição, introdução e aproveitamento de novas tecnologias (conjunto de conhecimentos técnicos) na produção e/ou distribuição de quaisquer bens ou serviços para o mercado”.

Na outra ponta, “tecnologia pode ser definida como conhecimento sobre técnicas, enquanto as técnicas envolvem aplicações desse conhecimento em produtos, processos e métodos organizacionais” (Tigre, 2006, p.87). Segundo a teoria schumpeteriana, a inovação é fundamental para impulsionar o motor capitalista, sendo responsável por alterar o estado de equilíbrio econômico ao modificar o modo de produção e contribuir para a diferenciação das empresas, favorecendo a competição. Tigre (2006, p.87) relembra que, como versa Schumpeter, conhecimento científico não é um pré-requisito para gerar inovação. Aliás, não é necessário criar algo do zero também, já que grande parte do movimento inovativo advém da junção e/ou combinação de novas tecnologias já existentes.

De acordo com Rissardi, Shikida e Dahmer (2009, p. 118), Richard R. Nelson e Sidney G. Winter (1996) compõem a corrente evolucionista neo-schumpeteriana, baseada na teoria da evolução das espécies. Segundo essa análise, temos o conceito “de rotina que se complementa com as de seleção e busca” (Rissardi; Shikida; Dahmer, 2009, p. 118). Por seleção, podemos entender que, ao longo da execução dos processos, a competência leva a escolher a forma mais eficiente de realização, levando à diferenciação dos processos produtivos das firmas. Quando percebem que as estratégias escolhidas já não fazem mais sentido na conjuntura presente, saem em busca de novos caminhos que façam a empresa voltar a ser competitiva naquele mercado, implantando novas rotinas: “estas rotinas fazem o papel que genes jogam em teoria evolutiva biológica. Elas são uma característica persistente do organismo e determinam seu possível comportamento” (Maciel, 2003, p. 38 apud Rissardi;

Shikida; Dahmer, 2009, p. 118).

Nesse cenário, o progresso técnico se torna endógeno. “Para tanto, recorrem a um mecanismo de seleção *ex-post* pelo mercado das “mutações” tecnológicas (busca) produzidas pelo processo competitivo” (Kupfer, 1996 apud Rissardi; Shikida; Dahmer, 2009, p. 119). Para Nelson e Winter (1996), o mercado atua, fornecendo *feedbacks* acerca das inovações implantadas, ajudando a selecionar as que de fato agregaram valor ao processo/produto (Rissardi, Shikida; Dahmer, 2009). Dessa forma, com o passar do tempo teremos empresas que conseguirão se adaptar às novas tecnologias e outras que cairão na obsolescência.

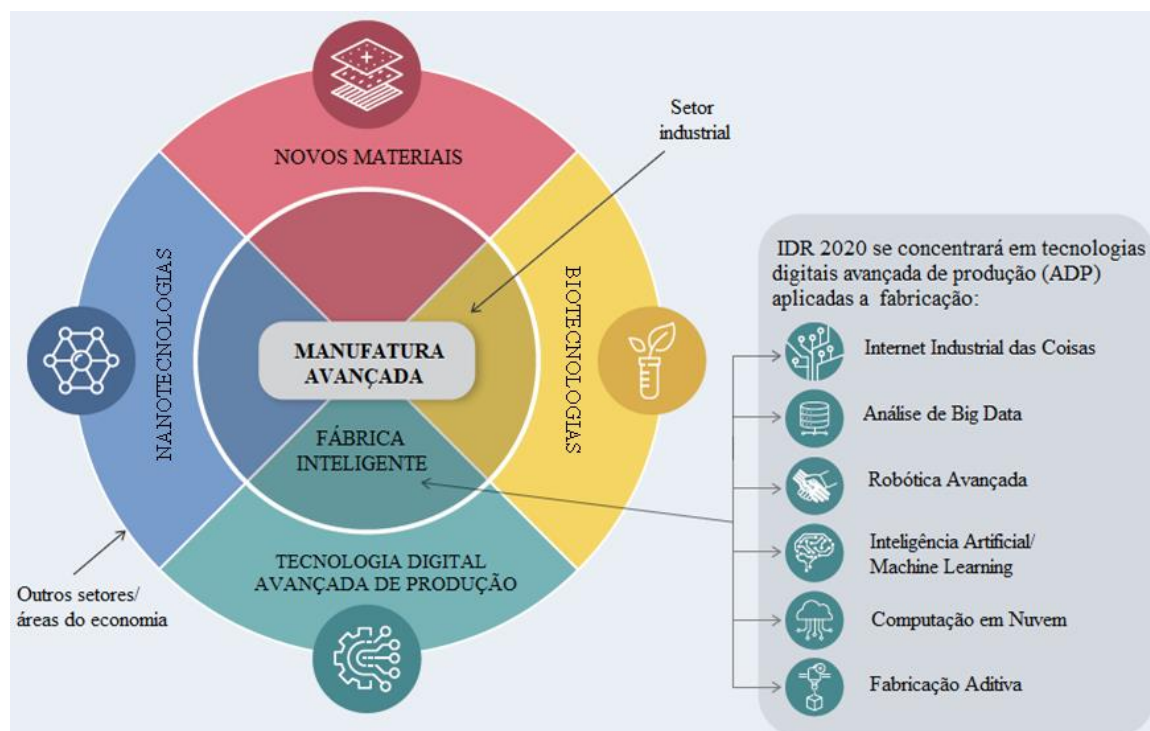
Já Christopher Freeman (1987) concede suma importância ao papel do conhecimento científico como agente de inovação e distribuição dentro das firmas (Rissardi; Shikida; Dahmer, 2009). Ele divide a inovação em quatro categorias: i) incremental, que surge com mais frequência através de “invenções e melhorias sugeridas por engenheiros e outros profissionais envolvidos diretamente no processo de produção ou como resultados de iniciativas e propostas de usuários” (Meroe et al., 2012, p.5); ii) radical, desenvolvida em ambientes de pesquisa localizados tanto em empresas como em centros acadêmicos e tem caráter descontínuo; iii) mudanças do sistema tecnológico, que afetam diversos setores econômicos; e iv) mudança no paradigma tecno-econômico (revolução tecnológica) - “é aquele que afeta a estrutura e as condições de produção e distribuição de quase todo o ramo da economia” (Meroe et al., 2012, p.5).

Como exposto, a ideia de inovação sofreu transformações ao longo do tempo. Contudo, o foco em aumentar a produtividade sempre esteve presente dentro das correntes de pensamento econômico. Dessa forma, será mostrado a seguir o conceito de inovação tecnológica, dessa vez em uma perspectiva histórica baseada nas inovações realizadas durante as Revoluções Industriais até os dias de hoje, complementando a visão dos pensadores econômicos. Além disso, será exibido a visão do Manual de Oslo acerca da inovação dentro das empresas, e como ela se desenvolve nesse ambiente.

A Quarta Revolução Industrial carrega consigo o legado do movimento anterior, com o diferencial de trazer a visão da "fusão dos mundos físico, digital e biológico" (Schwab, 2016, p. 45), gerando uma interligação jamais vista. De acordo com o autor, essa fase teve início na década de 2000, tendo como marcas o aumento da velocidade e mobilidade da internet, automações estilo *machine learning* e inteligência artificial. Através de aplicativos, *smartphones* e microcomputadores, as inovações passaram a ser disseminadas muito mais rapidamente, integrando ainda mais as comunidades globais.

A figura 1 traz as principais tecnologias que são destaque da Quarta Revolução, modificando o modo de produção: novos materiais, biotecnologia, nanotecnologia, tecnologias avançadas de produção digital. Aqui, temos como destaque o conceito de empresa inteligente, que engloba um conjunto de tecnologias que visam trazer otimização para o trabalho das máquinas e das pessoas. Em Schwab (2016), temos a descrição de algumas dessas tecnologias, apresentadas nas próximas subseções.

Figura 1: Principais tecnologias destaque da Quarta Revolução Industrial.



Fonte: Industrial Development Report (2020, p.24, Apud UNIDO elaborado com base em OFCD (2017), Schwab (2018), UNCTAD (2018), UNESCAP (2018) e UNIDO (2017).

Também conhecida como “Indústria 4.0”, nome dado durante a feira de Hannover em 2011, sua pretensão é ligar ainda mais as esferas físicas e virtuais, criando experiências únicas para os consumidores.

Ao permitir “fábricas inteligentes”, a quarta revolução industrial cria um mundo onde os sistemas físicos e virtuais de fabricação cooperam de forma global e flexível. Isso permite a total personalização de produtos e a criação de novos modelos operacionais (Schwab, 2016, p. 19).

### 3.2 INOVAÇÃO TECNOLÓGICA E OS REARRANJOS NA MATRIZ DE EMPREGO 4.0

Nos Estados Unidos, as mudanças no cenário internacional, somadas à automação digital, geraram um deslocamento nos empregos de média qualificação. Isso se deu por eles possuírem rotinas mais fáceis de serem automatizadas em comparação com empregos de baixa e alta qualificação, como traz o WoF (2019, p.22), que aponta que esse tipo de trabalho teve uma mudança de participação do mercado de 38% em 1970 para 23% em 2016. Entretanto, essa mudança acarretou também em uma polarização dentro do mercado de trabalho, pois cargos que exigem alta qualificação são beneficiados pela inclusão de novas ferramentas e *softwares*, enquanto os de baixa qualificação são muito difíceis de automatizar – como, por exemplo, dirigir carros. Desta forma,

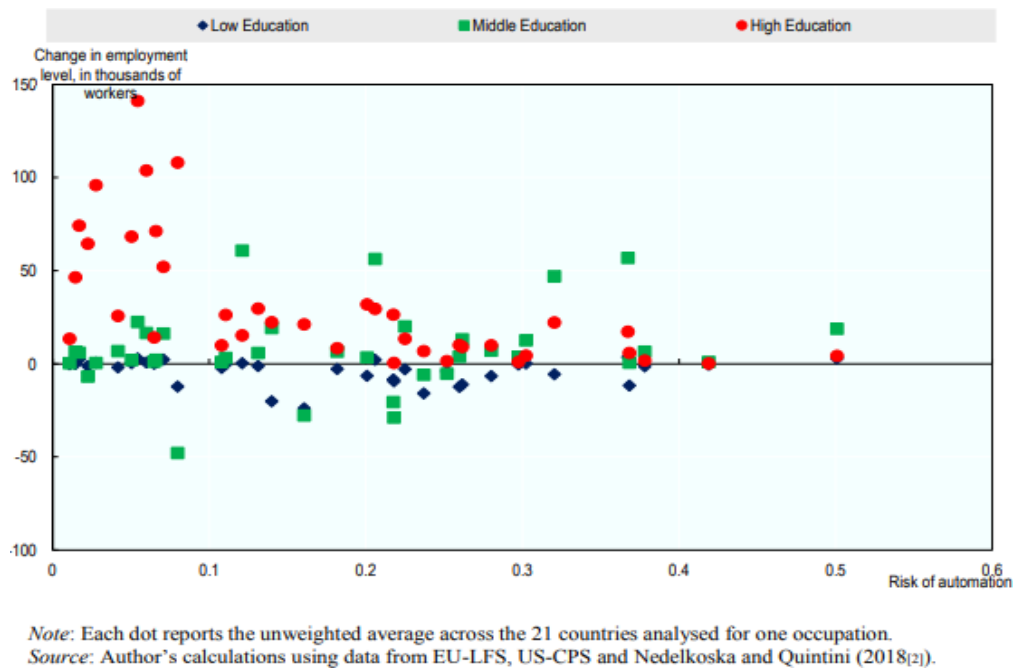
A digitalização teve o menor impacto nas tarefas dos trabalhadores de baixa remuneração e empregos de serviço. Essas posições exigem destreza física, reconhecimento visual, comunicação e adaptabilidade situacional. Tais habilidades permanecem amplamente fora do alcance dos atuais hardware e software, mas são prontamente realizadas por adultos com níveis moderados de educação. À medida

que as ocupações de qualificação média diminuíram, as ocupações manuais e de serviços tornaram-se uma categoria de trabalho cada vez mais central para aqueles com ensino médio ou inferior. (Mindell; Reynold, 2019, p.22, tradução dos autores)<sup>2</sup>.

Isso criou um cenário que levou os trabalhadores de média qualificação a se deslocar para um desses extremos. Sem um cenário institucional favorável, a alternativa foi migrar para serviços de baixa qualificação e, conseqüentemente, baixos rendimentos para os trabalhadores (Mindell; Reynold, 2019, p.22).

Endossando esse cenário, Georgieff e Milanez (2021, p.59) trazem um estudo, ilustrado na figura abaixo, realizado em 21 países, em relação ao aumento da concentração de pessoas com média qualificação (verde) nos setores com maior risco de automação por substituição (Figura 2).

Figura 2: Mudança média entre os países nos níveis de emprego por nível educacional (2012-2019) e risco médio de automação (2012), por ocupação



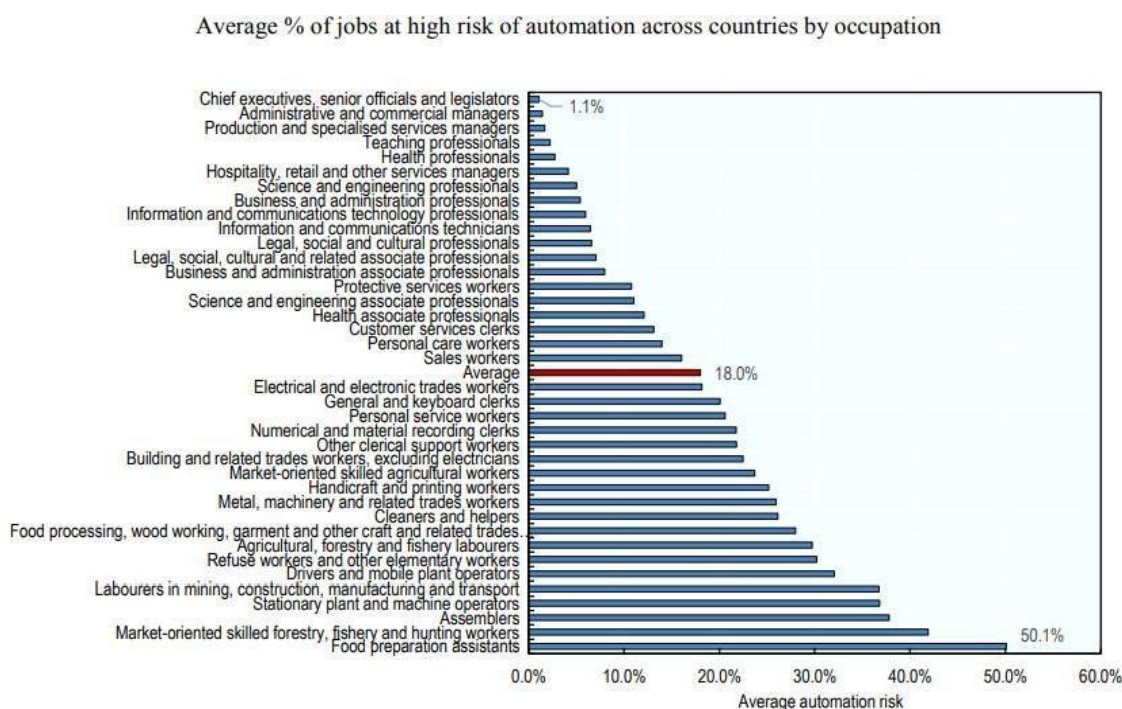
Fonte: Georgieff e Milanez (2021, p.59).

Porém, Georgieff e Milanez (2021, p.52) apontam que, embora haja uma tendência de a automação atingir cargos de média qualificação conforme avança, a relação entre grau de escolaridade e estar em um emprego com maior risco de automação ainda prevalece. Em 2012, pessoas que tinham menor nível de escolaridade eram as mais propensas a ocupar cargos com altos índices de automação. Segundo dados de Georgieff e Milanez (2021, p.51, tradução dos autores), “74% dos trabalhadores com baixo nível de escolaridade estavam na metade das

<sup>2</sup> "(...) digitalization has had the smallest impact on the tasks of workers in low-paid manual and service jobs. Those positions demand physical dexterity, visual recognition, face-to-face communications, and situational adaptability. Such abilities remain largely out of reach of current hardware and software but are readily accomplished by adults with moderate levels of education. As middle-skill occupations have declined, manual and service occupations have become an increasingly central job category for those with high school or lower education." (Mindell; Reynold, 2019, p.22).

ocupações mais arriscadas, em comparação com 53% dos com nível médio e apenas 13% com o alto nível de escolaridade”<sup>3</sup>. Quando comparados os anos de 2012 e 2019, em 2019 tínhamos menos empregos passíveis de serem automatizados e menos pessoas com baixa escolaridade do que no período anterior, suavizando possíveis impactos na taxa de desemprego. Porém, os trabalhadores que têm baixa escolaridade não conseguiram fazer a transição na carreira para profissões com menos risco de automação (Georgieff e Milanez, 2021, p.54). A figura abaixo traz um estudo realizado por Nedelkoska e Quintini (2018), contido dentro do artigo de Georgieff e Milanez (2021, p.25) e publicado na OCDE, indicando o risco médio de automação para 38 ocupações (Figura 3).

Figura 3: Percentual médio de empregos com alto risco de automação em países pertencentes ao programa de avaliação internacional das competências dos adultos (PIAAC) da OCDE, por ocupação.



Note: The percentages represent the share of jobs at high risk of automation, i.e. with more than a 70% automation probability. The averages presented are unweighted.  
Source: Nedelkoska and Quintini (2018<sub>[2]</sub>).

Fonte: Nedelkoska e Quintini (2018, apud Georgieff e Milanez, 2021, p.25).

Para construir sua medida, Nedelkoska e Quintini (2018) estimam a relação entre as medidas de tarefas relatadas por trabalhadores individuais nos dados disponíveis do programa de Avaliação Internacional das Competências dos Adultos (PIAAC) e estimativas de Frey e Osborne sobre as probabilidades de automatização das ocupações. Isso é feito para todos os países para o qual o PIAAC estava disponível em 2012. Essas relações estimadas são então aplicadas para derivar probabilidades previstas para perda de emprego devido a automação para trabalhadores individuais.

<sup>3</sup> "74% of low-educated workers were in the riskiest half of occupations, compared to 53% of middle-educated and only 13% of high-educated" (Georgieff e Milanez, 2021, p.51)

Neste estudo, os pesquisadores concluíram que os empregos com maior risco de automação concentravam-se na indústria de transformação e agricultura, embora o setor de serviços também fosse afetado.

Na visão do relatório WoF (Mindell; Reynold, 2019, p.10), não há motivos concretos para ter receio de ser substituído pelas máquinas atualmente, uma vez que a automação está vindo como meio de suprir a falta de disponibilidade de mão de obra, que diminuirá devido alguns fatores como o aumento da proporção de aposentados - que irá superar a quantidade de pessoas em idade produtiva-, agravada pela diminuição da atual quantidade da força de trabalho, controle de natalidade mais efetivo, além de políticas mais restritivas no que tange ao aspecto da imigração. Como complementa a publicação, "nas próximas duas décadas os países industrializados vão lutar por terem mais vagas de emprego do que adultos para preenchê-las" (Mindell; Reynold, 2020, p.10, tradução dos autores)<sup>4</sup>. Além disso, conforme afirma o relatório, a automação desde os anos 2000 não tem mais o caráter de substituição de mão de obra que tinha anteriormente.

### 3.3 A INDÚSTRIA 4.0 E O CENÁRIO DOS PAISES EM DESENVOLVIMENTO

Na pesquisa realizada *A future that works: Automation employment and productivity* (MANYIKA, JAMES et al., 2017), México, Colômbia, Brasil, Índia, China e Rússia se destacam como países que possuem mais atividades passíveis de automatização do que grande parte das economias avançadas (MANYIKA, JAMES et al., 2017 apud Soto, 2020, p. 13). Porém, nas "economias emergentes a automação é desacelerada devido a salários mais baixos e adoção de tecnologia mais lenta" (Soto, 2020, p.14, tradução dos autores).

Como trazem Andrade e Leite (2021, p. 371) "o amadurecimento em ciência, tecnologia e inovação (CT&I) pode trazer mais geração de empregos, melhores condições de vida e um *boost* na economia". No Brasil, de acordo com Rotta (2017, p.29-45), a indústria 4.0 poderia gerar um ganho em termos de eficiência produtiva para o setor industrial brasileiro de aproximadamente R\$ 31 bilhões/ano. Entretanto, o Brasil ainda ocupa o 57º lugar no ranking de Índice Global de Inovação (IGI) (CNI, 2021), prejudicando seu progresso tecnológico.

Segundo Arbix (2020), quando temos:

(...) uma economia que vive, estruturalmente, uma compressão em seus índices de produtividade, em especial os da indústria, o que a torna menos competitiva nos mercados nacional e internacional, com todas as implicações decorrentes para o crescimento e a geração de empregos de qualidade (Arbix, 2020, p.48).

Novas tecnologias exigem novas habilidades dos profissionais, de preferência que sejam complementares às inovações. Como traz o livro *Skills 4.0: habilidades para a indústria* (2020, p. 22), podemos dividir as *skills* em dois grupos: *hard* e *soft*. As *hard skills* são as habilidades técnicas que um profissional pode ter: sua formação acadêmica, seus cursos ou sua experiência profissional.

Já as *soft skills* estão ligadas ao comportamento humano, como o pensamento crítico e a comunicação (FIA, 2021), e ganham destaque nessa nova era junto de habilidades analíticas e relacionadas com tecnologia, como destaca o *Industrial Development Report*

---

<sup>4</sup>"Next two decades industrialized countries will be grappling with more job openings than able-bodied adults to fill them" (Mindell; Reynold, 2019, p.10).



(Kupfer et al., 2019 apud 2020, p. 75). Portanto, habilidades tais como programação, análise de dados, empreendedorismo e habilidades sociais são de extrema importância para conseguir se adaptar às novas expectativas.

Conforme traz uma pesquisa realizada pelo Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI), contida no site da Confederação Nacional da Indústria (CNI, 2020), a previsão é que sejam criadas ao menos 30 novas ocupações em oito áreas: “automotivo; alimentos e bebidas; máquinas e ferramentas; petróleo e gás; têxtil e vestuário; química e petroquímica; tecnologias da informação e comunicação, e construção civil” (CNI, 2020).

Segundo a CNI (2020), são alguns exemplos de profissões promissoras dentro da Indústria 4.0: técnico em informática veicular (Automotivo); especialista em *big data* (Tecnologias da Informação e Comunicação); especialista em aplicações de embalagens para alimentos (Setor de Alimentos e Bebidas); técnico em automação predial (Construção Civil); Designer de tecidos avançados (Têxtil e Vestuário).

Visando dar oportunidades, principalmente para a população de países emergentes, o Estado pode, através de políticas institucionais, tentar criar um ambiente favorável para as “transições eficazes no mercado de trabalho e produtividade do trabalhador, fortalecendo o vínculo entre competências, salários e emprego.” (World Economic Forum, 2020, p.45, tradução dos autores)<sup>5</sup>. Algumas políticas que podem auxiliar são aquelas que:

financiam a requalificação e qualificação dos trabalhadores que estão no meio do caminho de sua carreira e precisarão de mais habilidades para garantir emprego no futuro do trabalho, políticas para garantir que os trabalhadores sejam capazes de criar reservas de caixa durante os períodos de emprego, e as políticas que atuam contra o preconceito na contratação, demissão e definição das remunerações. (...) fornecendo subsídios salariais para empresas que estendem a requalificação e capacitação para os trabalhadores, proporcionando aprendizagem online para os cidadãos, financiando-a, além de diplomas universitários (...) e mensalidades escolares (World Economic Forum, 2020, p. 45, tradução dos autores).<sup>6</sup>

Esses incentivos se tornam muito importantes para que os trabalhadores consigam prosperar diante da implantação de inovações. Não podemos conter o avanço tecnológico. Logo, devemos construir condições institucionais que nos permitam aproveitar os benefícios que ele pode nos proporcionar.

Além disso, países subdesenvolvidos como o Brasil têm enfrentado um evento peculiar, conhecido como cérebros em fuga<sup>27</sup>: ele consiste em jovens doutores que “resolveram deixar o país em busca de melhores oportunidades para desenvolver seu trabalho em um ambiente mais favorável à ciência.” (BBC NEWS BRASIL, 2020). Eles vão embora do Brasil com bolsas de estudos que não são de organizações brasileiras, como a Capes ou o CNPq, prejudicando o desenvolvimento científico do país. E, de acordo com a BBC News, a saída em definitivo de brasileiros para o exterior não se restringe apenas a cientistas:

---

<sup>5</sup> "(...) effective labour market transitions and worker productivity by strengthening the link between skills, wages and employment". (Mindell; Reynold, 2020, p.45).

<sup>6</sup> "This can be achieved through policies that fund reskilling and upskilling of workers who are mid-way through their career and will need further skills to secure employment in the future of work, policies which ensure that workers are able to create cash reserves during periods of employment, and policies which legislate against bias in hiring, firing and setting wages. (...), providing wage subsidies to companies which extend reskilling and upskilling to workers, providing online learning accounts to citizens, and starting to fund online learning in addition to university degrees (...) school tuition. (Mindell; Reynold, 2020, p.45).

“[a] Receita Federal mostra que o número passou [de] 8.170 em 2011 para 23.271 em 2018, ou crescimento de 184%. Em 2019, até novembro, 22.549 pessoas fizeram declaração de saída definitiva do país. O crescimento foi mais acentuado a partir de 2015, quando o número foi de 14.981. Em 2016, pulou para 21.103, crescendo para 23.039 em 2017 (BBC News Brasil, 2020).

As áreas nas quais ocorreu maior evasão de profissionais são justamente aquelas que poderiam de fato contribuir para a indústria 4.0 no país: ciência da computação, engenharia, biotecnologia e medicina (BBC News Brasil, 2020). Esse tipo de profissional acaba tendo melhores oportunidades fora do Brasil, conseguindo empregos infraestrutura de pesquisa e direitos trabalhistas que por não encontram no próprio país. Mais uma vez, o papel do Estado se mostra decisivo na retenção e valorização desses profissionais, para evitar ainda mais fugas para o exterior.

O Estado exerce um papel de destaque em meio a esse cenário de transformação, dando oportunidades para que as inovações tecnológicas sirvam como escada para o desenvolvimento humano, principalmente no que tange o trabalho – e não apenas em termos de oferta, mas principalmente em relação à sua qualidade.

A inovação tecnológica, e principalmente a automação por substituição, afeta de formas distintas economias mais avançadas e emergentes. Ela tende a afetar negativamente de forma mais intensa as últimas, por serem, de forma geral, especializadas em atividades como agricultura e indústria de transformação. Além disso, os países emergentes ainda contam com o desafio de lutarem para “superar os patamares mínimos de progresso em termos de desenvolvimento humano” (CONCEIÇÃO, P. et al., 2019, p.17), isto é, oferecer condições mínimas de sobrevivência e desenvolvimento às suas populações. Como cita o Relatório, conforme o progresso técnico e científico avança, mais difícil fica para que as economias subdesenvolvidas alcancem um patamar de desenvolvimento próximo das desenvolvidas, já que as diferenças em níveis básicos vão se aprofundando cada vez mais: enquanto alguns países estudam a construção de novos materiais, outros tentam resolver problemas graves como a desnutrição infantil.

A existência de um ambiente institucional preparado para lidar com os trabalhadores de diversos níveis de qualificação e com as transformações que a Indústria 4.0 proporciona, se faz determinante para que, de fato, elas sirvam como um meio para melhorar a qualidade de vida da população como um todo, e não apenas de uma minoria que já se encontra em posição privilegiada economicamente. Além disso, o plano do governo deve prever formas de reter talentos em áreas chaves da Indústria 4.0, para ajudar a fomentar esse mercado.

Por exemplo, a inteligência artificial pode vir a substituir tarefas desempenhadas por pessoas, mas também pode reavivar a procura por mão- de-obra, ao criar novas tarefas para os humanos, gerando um efeito globalmente positivo que pode levar à redução das desigualdades (CONCEIÇÃO, P. et al, 2019, p.19).

Logo, é necessário que o plano de desenvolvimento do Estado leve em consideração não apenas as inovações que estão surgindo, como também os problemas estruturais anteriores a elas, para que assim seja possível criar medidas que de fato ajudem no desenvolvimento dos países emergentes.

#### **4. CONCLUSÃO**

Muitos são os impactos e desafios da inovação tecnológica que a Indústria 4.0 traz para a matriz de empregos mundial. Dessa forma, o progresso tecnológico acaba chegando antes do progresso econômico, afetando uma massa de trabalhadores que fica deslocada em relação aos rearranjos nas estruturas do mercado de trabalho, gerando informalidade, precarização e queda nos níveis de emprego. A partir do referencial teórico apresentado neste trabalho e rerepresentadas na Tabela 1, quadro resumo, verifica-se a consonância entre o referencial e as tecnologias disponíveis. Ao mesmo tempo que as oportunidades e tecnologias são disponibilizadas a capacitação de trabalhadores se faz necessária para a utilização e seu acompanhamento.

Tabela 1. Quadro Resumo.

Referencial teórico	Tecnologias da Quarta Revolução Industrial
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Relatório do Desenvolvimento Humano – PNUD (2019).</li> <li>● <i>The Future of Jobs Report</i> (2020) - World Economic Forum.</li> <li>● Industrial Development Report (2020) – UNIDO.</li> <li>● Employment and Migration Working Papers: What happened to jobs at high risk of automation (2021) – OECD.</li> <li>● Employment and Migration Working Papers: Technology and the future of work in emerging economies (2021) – OECD.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Novos materiais</li> <li>● Nanotecnologias</li> <li>● Biotecnologias</li> <li>● Tecnologia digital avançada de produção</li> <li>● Inteligência artificial/Machine learning</li> <li>● Robótica Avançada</li> <li>● Análise de Big Data</li> <li>● Computação em nuvem</li> </ul>

Fonte: elaborada pelos autores a partir de dados apresentados neste trabalho.

Como vimos, Schumpeter concorda que, durante os ciclos de expansão da inovação, o desemprego pode ficar acima das taxas usuais. Logo, sem políticas de Estado preparadas para esse cenário, as desigualdades sociais tendem a se aprofundar.

As economias emergentes possuem uma dificuldade maior em se adaptar as inovações, devido a problemas estruturais pré-existentes. Embora estudos recentes, como o da WoF (2019), falem que a automação vem no sentido de suprir a falta de mão de obra que o envelhecimento populacional vai causar nas próximas décadas, esse pensamento se aplica muito mais a países de economias avançadas do que os emergentes, que possuem um contingente de mão de obra que não consegue se beneficiar da tecnologia, tendo uma maior dificuldade de se situar diante das inovações, seja por problemas estruturais graves, como a fome, ou perdendo talentos para o exterior devido à falta de investimentos para retê-los.

Embora haja limites para a tecnologia, e nem todas as atividades sejam passíveis de automação, ou ainda, possuam ganho econômico que de fato compense o esforço para tal, o deslocamento da mão de obra daqueles que executam atividades que passam pela automação por substituição tende a ir no sentido de um *downgrade* de carreira, rebaixamento, fazendo transição compulsória para atividades com baixa remuneração ou, até mesmo, indo para o mercado informal, tanto em economias avançadas como em emergentes. As economias de plataforma, embora pudessem agir como uma forma de regularizar trabalhadores que estão na informalidade, acabam aprofundando ainda mais as desigualdades presentes nas economias emergentes, pois em sua grande maioria não possuem nenhum tipo de regularização junto ao Estado para garantir direitos de seguridade social e evitar a exploração dos trabalhadores.

O avanço da tecnologia acarreta uma demanda por profissionais que consigam traduzir, através de dados, inteligência artificial ou *machine learning* as atuais necessidades, tanto das firmas como das pessoas, impulsionando empregos nessas áreas. Cabe ao Estado, em parceria com a iniciativa privada, criar políticas de incentivo para qualificação e requalificação dos trabalhadores, para que as inovações tecnológicas venham também no sentido de criação de novos postos de trabalho. Além disso, incentivos competitivos em pesquisa e desenvolvimento de áreas chave da Indústria 4.0 também se tornam extremamente necessários para que seja atrativo trabalhar com pesquisa em países subdesenvolvidos.

A tecnologia disponível deve ser facilitada por empreendedores e empresas que possam readaptar colaboradores que possuem a expertise do dia a dia. Por meio de capacitação e investimento em parcerias que possibilitem a capacitação do profissional. O acesso a bolsas de pesquisa que possibilitem o aprofundamento de estudos e pesquisas que possam alavancar as atividades nos setores como da indústria e agronegócio, permitindo a adoção de tecnologias desenvolvidas no país e oportunidade de emprego.

É inegável que o Estado possui um papel crucial no bem-estar que as inovações tecnológicas têm capacidade potencial para trazer para as pessoas. Nesse contexto, o Estado assume um papel chave para orquestrar a Indústria 4.0, criando um plano de desenvolvimento que leve em consideração os problemas preexistentes, principalmente no tocante às economias emergentes. Só assim, será possível aproveitar os benefícios que o progresso tecnológico pode oferecer.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, Israel de Oliveira; LEITE, Alixandro Werneck. **IPEA - Políticas de apoio à inovação tecnológica no Brasil: avanços recentes, limitações e propostas de ações.** Disponível em <<http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/8125/1/Pol%C3%ADticas%20de%20apoio%20%C3%A0%20inov%20a%C3%A7%C3%A3o%20tecnol%C3%B3gica%20no%20Brasil.pdf>>. Acesso em 12/11/2021.

ARBIX, Glauco. **IPEA - Políticas de apoio à inovação tecnológica no Brasil: avanços recentes, limitações e propostas de ações.** Disponível em <<http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/8125/1/Pol%C3%ADticas%20de%20apoio%20%C3%A0%20inov%20a%C3%A7%C3%A3o%20tecnol%C3%B3gica%20no%20Brasil.pdf>>. Acesso em 12/11/2021.

BBC NEWS BRASIL. **Fuga de cérebros: os doutores que preferiram deixar o Brasil para continuar pesquisas em outro país.** Disponível em <<https://www.bbc.com/portuguese/brasil-51110626>>. Acesso em 28/11/2021

CONCEIÇÃO, P. et al . RELATÓRIO de Desenvolvimento Humano 2019. **Além do rendimento, além das médias, além do presente: Desigualdades no desenvolvimento humano no século XXI.** 362p. Disponível em <[http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr\\_2019\\_pt.pdf](http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr_2019_pt.pdf)>. Acesso em 28/11/2021.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Indústria 4.0: Entenda seus conceitos e fundamentos.** Disponível em <<http://www.portaldaindustria.com.br/industria-de-a-z/industria-4-0/#mercado-de-trabalho>>. Acesso em 08/08/2021.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Desafios para Indústria 4.0 no Brasil.** Disponível em <[https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer\\_public/d6/cb/d6cbfbba-4d7e-43a0-9784-86365061a366/desafios\\_para\\_industria\\_40\\_no\\_brasil.pdf](https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer_public/d6/cb/d6cbfbba-4d7e-43a0-9784-86365061a366/desafios_para_industria_40_no_brasil.pdf)>. Acesso em 08/08/2021.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Brasil fica em 57º lugar entre 132 países no Índice Global de Inovação.** Disponível em <<https://noticias.portaldaindustria.com.br/noticias/inovacao-e-tecnologia/brasil-fica-em-57o-lugar-entre-132-paises-no-indice-global-de-inovacao/>>. Acesso em 30/12/2021

FREEMAN, Cristopher: **Technical Innovation, Diffusion, and Long Cycles of Economic Development, 1987, Conference Paper**

GEORGIEFF Alexandre; MILANEZ, Anna. **OECD Social, Employment and Migration Working Papers: What happened to jobs at high risk of automation?** Disponível em <<https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/10bc97f4-en.pdf?expires=1628639267&id=id&accname=guest&checksum=FDE589BA2563CCB3EA3B2362500BBBCF>>. Acesso em 02/07/2021.

MANYIKA, JAMES et al. **A Future That Works: Ai, Automation, Employment, And Productivity** in McKinsey Global Institute Research, June 2017. Sumário Executivo. 28p. Disponível em <<https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/featured%20insights/Digital%20Disruption/Harnessing%20automation%20for%20a%20future%20that%20works/MGI-A-future-that-works-Executive-summary.ashx> . Acesso em 30/07/2021.

MEROE, G.P.S; SANTOS, A.B.A; FAZION, C.B. **Inovação: um estudo sobre a evolução do conceito de Schumpeter.** Disponível em <<https://revistas.pucsp.br/caadm/article/viewFile/9014/6623>>. Acesso em 27/07/2021.

MINDELL, D; REYNOLDS, E. *The work of the future: shaping technology and institutions*, MIT Industrial Performance Centre, Cambridge, viewed. 2019. 58 p. Disponível em <<https://workofthefuture.mit.edu/research-post/the-work-of-the-future-shaping-technology-and-institutions/>>. Acesso em 27/08/2021.

MINDELL, D; REYNOLDS, E. *The Work of the Future: Building Better Jobs in an Age of Intelligent Machines*, Massachusetts Institute of Technology (MIT). Industrial Performance Centre, Cambridge, viewed. 2020. 100 p. Disponível em: <<https://workofthefuture.mit.edu/research-post/the-work-of-the-future-building-better-jobs-in-an-age-of-intelligent-machines/>>. Acesso em 20/08/2021.

NEDELSKOLSKA, L; QUINTINI, G.: **Automation, Skills Use and Training** in OECD Social, Employment and Migration Working Papers, 2018

OCDE. **Manual de Oslo.** Disponível em <<http://www.inovacao.usp.br/wp-content/uploads/sites/300/2017/08/OCDE-1997-Manual-de-Oslo-3-ed-.pdf>>. Acesso em 01/08/2021.

RISSARDI JÚNIOR, Darcy; SHIKIDA, Pery Francisco Assis; DAHMER, Vanessa de Souza. **Inovação, tecnologia e concorrência: uma revisita ao pensamento neoschumpeteriano.**

Revista Economia & Tecnologia, [S.l.], v. 5, n. 1, mar. 2009. ISSN 2238-1988. Disponível em:

<<https://revistas.ufpr.br/ret/article/view/27308>>. Acesso em 17 out. 2021.

ROTTA, Fernando. **Indústria 4.0 pode economizar R\$ 73 bilhões ao ano para o Brasil**. Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. Brasília/DF: 2017. Disponível em <<https://www.abdi.com.br/postagem/industria-4-0-pode-economizar-r-73-bilhoes-ao-ano-para-o-brasil>>. Acesso em 09/11/2020.

SCHWAB, Klaus. **A Quarta Revolução Industrial**. Tradução de Daniel Moreira Miranda. 1º ed. São Paulo: Edipro, 2016. 158 p.

SERVIÇO SOCIAL DA INDÚSTRIA. **Skills 4.0: habilidades para a indústria**. Disponível em

<[http://longevidade.ind.br/wp-content/uploads/2020/02/livro\\_skills4.0.pdf](http://longevidade.ind.br/wp-content/uploads/2020/02/livro_skills4.0.pdf)>. Acesso em 07/08/2021.

SOTO, Daniel Alonso. **OECD Social, Employment and Migration Working Papers: Technology and the future of work in emerging economies: What is different**. Disponível em <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/55354f8f-en.pdf?expires=1628637178&id=id&accname=guest&checksum=AABB5817009E421F9733475D974C2402>>. Acesso em 22/07/2021.

SZMRECSÁNYI, T. **A herança schumpeteriana**. In: PELAEZ, V.; SZMRECSÁNYI, T. *Economia da Inovação Tecnológica*. São Paulo, Editora Hucitec, 2006.

TIGRE, P. B. **Gestão da Inovação: a economia da tecnologia do Brasil**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006. Disponível em

<<https://adm2016sjcampos.files.wordpress.com/2017/03/gestao-da-inovacao-paulo-tigre.pdf>>. Acesso em 10/07/2021.

UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION. **Industrial Development Report 2020: Industrializing in the digital age**. Disponível em <[https://drive.google.com/file/d/1hqy4qdJo0GQfL\\_H0tp8UVVIFJoKQ68n/view](https://drive.google.com/file/d/1hqy4qdJo0GQfL_H0tp8UVVIFJoKQ68n/view)>. Acesso 02/08/2021.

WORLD ECONOMIC FORUM. **THE FUTURE of Jobs Report 2020**. World Economic Forum, 2020. 163 p. Disponível em <<https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2020>>. Acesso em 21/11/2020.