



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE ECONOMIA  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS ECONÔMICAS

Gabriela Nunes Arona

**O IMPACTO DAS TECNOLOGIAS DIGITAIS NA PRODUTIVIDADE DO TRABALHO:  
UMA ANÁLISE A NÍVEL INTERNACIONAL**

Rio de Janeiro

2021

Gabriela Nunes Arona

**O IMPACTO DAS TECNOLOGIAS DIGITAIS NA PRODUTIVIDADE DO TRABALHO:  
UMA ANÁLISE A NÍVEL INTERNACIONAL**

Trabalho de conclusão de curso apresentada ao Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito para a obtenção do título de Bacharela em Economia.

Orientador: Professor Dr. João Carlos Ferraz

Coorientadora: Professora Dra. Julia Ferreira  
Torracca-Chispino

Rio de Janeiro

2021

## CIP - Catalogação na Publicação

AA769i Arona, Gabriela  
O impacto das tecnologias digitais na  
produtividade do trabalho: uma análise a nível  
internacional / Gabriela Arona. -- Rio de Janeiro,  
2021.  
63 f.

Orientador: João Carlos Ferraz.  
Coorientadora: Julia Torracca.  
Trabalho de conclusão de curso (graduação) -  
Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto  
de Economia, Bacharel em Ciências Econômicas, 2021.

1. Tecnologias digitais. 2. Competências. 3.  
Produtividade. I. Ferraz, João Carlos, orient. II.  
Torracca, Julia, coorient. III. Título.

Elaborado pelo Sistema de Geração Automática da UFRJ com os dados fornecidos pelo(a) autor(a), sob a responsabilidade de Miguel Romeu Amorim Neto - CRB-7/6283.

GABRIELA NUNES ARONA

O IMPACTO DAS TECNOLOGIAS DIGITAIS NA PRODUTIVIDADE DO TRABALHO: UMA  
ANÁLISE A NÍVEL INTERNACIONAL

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao  
Instituto de Economia da Universidade Federal do  
Rio de Janeiro, como requisito para a obtenção do  
título de Bacharela em Ciências Econômicas.

Rio de Janeiro, 12/13/2021.

---

JOÃO CARLOS FERRAZ

Professor Dr. do Instituto de Economia da UFRJ

---

ROBERTO ALEXANDRE ZANCHETTA BORGHI

Professor Dr. do Instituto de Economia da UNICAMP

---

KAIO GLAUBER VITAL DA COSTA

Professor Dr. do Instituto de Economia da UFRJ

## AGRADECIMENTOS

O presente trabalho é a expressão da colaboração de diversas pessoas que participaram da minha formação e me acompanharam nessa caminhada de 6 anos.

Agradeço inicialmente a meus pais que proveram os recursos necessários para que sempre pudesse dar a minha melhor versão ao longo dessa jornada, os quais juntamente às minhas avós e minha Tia, me apoiaram nos momentos mais turbulentos com todo amor e carinho.

A meus orientadores, João Carlos Ferraz quem acompanhou e contribuiu com esta dissertação desde sua fase inicial, sendo essencial para todo meu entendimento e interesse acerca do tema. E também à Júlia Torracca, pela troca generosa e a todos os *insights* que contribuíram sempre para fazer um melhor trabalho. Agradeço também aos professores do IE, sempre muito solícitos para esclarecer minhas dúvidas, os quais foram responsáveis por moldar uma nova forma de pensar, questionando sempre.

A minhas líderes de trabalho, por toda compreensão sempre que solicitada, e principalmente a Lara Rodrigues pela confiança depositada para eu enfrentar tantos desafios diferentes.

Por fim, a meus amigos de mais de 10 anos, que foram fundamentais em meus momentos de descontração e recarga de energias, em especial, a Julia Salles pelo suporte desde o início da universidade e por todas as trocas de experiências valiosas ao longo desse processo. Mas também, aos demais colegas de faculdade e amigos dessa nova fase que me despertaram novas visões e interesses.

## RESUMO

As estatísticas de produtividade das últimas décadas cada vez mais chamam atenção para uma contradição entre a força da aceleração digital - e todos seus benefícios - e a desaceleração das taxas de produtividade a nível internacional. O objetivo deste trabalho é compreender a relação entre produtividade e digitalização, a fim de verificar se é possível utilizar uma estratégia baseada na incorporação de tecnologias digitais para reverter a trajetória recente de desaceleração produtiva dos países. Essa análise se deu a partir do estabelecimento de uma relação empírica entre eficiência e as variáveis relacionadas aos esforços de digitalização dos países, determinadas segundo algum dos principais pilares elencados para difusão das tecnologias digitais, isto é, o de Competências, Acesso a bens TICs, Uso de bens TICs e Investimentos em bens TICs. Para tanto, foram utilizados análises gráficas e um estudo econométrico, a fim de capturar em que medida os elementos centrais desse esforço afetavam a variação da produtividade do trabalho para o período 2013-2019 a nível país. A partir dessa investigação, foi possível comprovar que a mobilização de esforços em direção a um paradigma digitalizado teria impacto na produtividade e que, portanto, a incorporação das tecnologias digitais, se implementada em larga escala, também poderia afetar a produtividade. No entanto, tal condição é contrastada com evidências sobre o atual contexto das assimetrias internacionais em relação às condições de implementação dessas tecnologias e à inexpressiva redução do hiato produtivo entre países de renda alta e renda baixa nas últimas décadas. Sinalizando, portanto, algumas incertezas sobre uma possível estratégia de encurtamento de hiatos produtivos pautada na digitalização.

**Palavras-chave:** Tecnologias digitais; Digitalização; Competências; Produtividade; Difusão.

## ABSTRACT

The last productivity statistics highlight a contradiction between the strength of the digital expansion –with all its advertised benefits- and the slow of the productivity national growth rates. The goal of this paper is to understand the relationship between productivity and digitalization, in order to verify if it is possible to change the recent course of deceleration of the productivity rates. This analysis was guided by the investigation of the empiric association between efficiency and a set of variables related to the digitalization effort for a different pool of countries. Those measures were chosen accordingly to some of the main pillars identified for the diffuse of the new digital techs in countries, represented by Skills, ICT access, ICT use, and ICT investment. Therefore, was used graphic analyses and an econometric study, to capture the magnitude in which the digital effort components affect the variation of the labor productivity throughout the period of 2013 – 2019 at a country level. Thus, was possible to confirm that the effort mobilization oriented to a digital paradigm has impact on the labor productivity. In this sense, one could also argue that the incorporation of digital techs in a large scale, could affect productivity too. However, this idea is confronted by some evidence related to the actual international inequality associated to the deployment conditions of this new techs, and by the irrelevant reduction of the productivity gap between a range of high income and low income countries analyzed over the last decades. Hence, are presented some questions about the discussion of adopt digitalization as a strategy of shortening of the productivity gaps.

**Keywords:** Digital techs; Digitalization; Skills; Productivity; Diffusion

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Volume de dados criados, capturados, copiados e consumidos a nível global de 2010 a 2025 em zettabytes .....	15
Gráfico 2 - Gastos globais com TI de 2005 a 2022 em bilhões de dólares americanos.....	16
Gráfico 3- Evolução da média da taxa de crescimento da produtividade do trabalho por categoria de país.....	25
Gráfico 4 - Produtividade do Trabalho (PIB por Trabalhador em dólares) x Acesso a TIC (TIC Index) em 2013.....	37
Gráfico 5 - Produtividade do Trabalho (PIB por Trabalhador em dólares) x Acesso a TIC (TIC Index) em 2019.....	38
Gráfico 6 – Produtividade do Trabalho (PIB por Trabalhador em dólares) x indicador de Dispêndios em Software em 2013.....	39
Gráfico 7 – Produtividade do Trabalho (PIB por Trabalhador em dólares) x indicador de Dispêndios em Software em 2019.....	39
Gráfico 8 – Produtividade do Trabalho (PIB por Trabalhador em dólares) x Proporção de Graduandos em STEM (%) em 2013 .....	40
Gráfico 9 – Produtividade do Trabalho (PIB por Trabalhador em dólares) x Proporção de Graduandos em STEM (%) em 2019 .....	41
Gráfico 10 – Nível de Produtividade do Trabalho medido PIB por Trabalhador (Em dólares internacionais) X indicador Investimento em bens TICs (% PIB) no ano de 2019 .....	42
Gráfico 11 – Nível de Produtividade do Trabalho medido PIB por Trabalhador (Em dólares internacionais) X indicador Investimento em bens TICs (% PIB) no ano de 2019 .....	42
Gráfico 12 – Velocidade média de download (em kbps) de redes de banda larga fixa por região - 2007 a 2019.....	53
Gráfico 13 – Proporção de pessoas, por região, segundo skills em TICs -2019.....	54
Gráfico 14 – Evolução do gap de produtividade e de Investimento TICs para países de renda alta e baixa de 1991-2019 .....	55



## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1- Importância das Tecnologias digitais atualmente .....	17
Tabela 2 - Variáveis de esforço de digitalização.....	36
Tabela 3- Efeito Médio das Variáveis de Esforço Digital sobre a Produtividade do Trabalho...47	
Tabela 4- Percentual anual médio da População com cobertura de rede móvel 4G.....	52

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

B2C	<i>Business to Consumer</i>
CAF	Banco de Desenvolvimento da América Latina
DDI	<i>Data-driven innovation</i>
ECLAC	Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe
EUA	Estados Unidos da América
<i>GPTs</i>	<i>General purpose Technologies</i>
IA	Inteligência Artificial
IOT	<i>Internet of Things</i>
NDE	<i>New digital Economy</i>
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
PEA	População Economicamente Ativa
P&D	Pesquisa e desenvolvimento
PMEs	Pequenas e Médias Empresas
RNB	Renda Nacional Bruta
TI	Tecnologia de Informação
TIC	Tecnologia da informação e comunicação
UE	União Europeia
UIS	<i>UNESCO Institute for Statistics</i>
UK	<i>United Kingdom</i>
UNCTAD	Conferência das Nações Unidas sobre Comércio e Desenvolvimento

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
<b>I– A REVOLUÇÃO DIGITAL</b> .....	<b>13</b>
I.1– A importância das tecnologias digitais .....	13
I. 2 – As características de algumas das tecnologias digitais .....	18
I. 2.1 – Robótica .....	18
I. 2.2 – Computação em nuvem .....	19
I. 2.3 – Análises Big Data .....	19
I. 2.4 – Internet das coisas.....	20
I. 2.5 – Inteligência Artificial .....	21
I. 3 – As implicações produtivas derivadas do uso de tecnologias digitais .....	22
I. 3.1 – O paradoxo da produtividade.....	23
<b>II – A RELAÇÃO ENTRE DIGITALIZAÇÃO E PRODUTIVIDADE: UM MARCO ANALÍTICO</b> .....	<b>29</b>
II.1– Como mensurar o fenômeno de digitalização?.....	29
II.2 – Algumas condições essenciais para a implementação de tecnologias digitais.....	31
II.3 – Indicadores selecionados e suas fontes.....	34
II.4 – Esforços para realizar a digitalização e eficiência: uma análise descritiva .....	36
II.5 – O Modelo econométrico .....	44
<b>III – PRODUTIVIDADE E ESFORÇOS EM DIGITALIZAÇÃO: UMA ANÁLISE ECONOMÉTRICA</b> .....	<b>47</b>
III.1 – Análise dos resultados.....	47
III.2 – Reflexões sobre as tecnologias digitais: desafios e oportunidades .....	49
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>58</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>60</b>
<b>ANEXO A – Estatísticas Descritivas</b> .....	<b>64</b>

## INTRODUÇÃO

O propósito desse trabalho é entender a relação entre a produtividade do trabalho agregada e a digitalização dos países, mediante a análise dos esforços de digitalização dos países. A partir de um estudo empírico espera-se verificar uma relação positiva entre esses dois fenômenos, economicamente relevantes, a fim de avaliar a possibilidade de as tecnologias digitais serem ou não ferramentas importantes para alavancar a produtividade e, conseqüentemente, o crescimento econômico dos países.

Para compreender a importância da hipótese acima, vale comentar a respeito do crescente potencial transformador dessas tecnologias. Estimativas apontam que, em meados de 2025, elas representarão um mercado de U\$3.2 trilhões de dólares (UNCTAD, 2021). Tal condição é facilitada à medida que se tem uma contínua melhora do custo-benefício das tecnologias de informação e comunicação (TICs) incluindo o poder de processamento dos computadores e uma oferta de dados cada vez mais volumosa derivada da crescente variedade de dispositivos conectados à internet.

Nesse cenário pode-se acrescentar a maior notoriedade do tema vis à vis os indícios de crescentes volume de dados produzidos e armazenados a nível global, a tendência de aumento de nos gastos globais em Tecnologias de informação (TI), na ordem de 18% entre 2009 e 2019, e do aumento da média mensal de tráfego de dados online por usuário em 3 vezes nos últimos 4 anos.

Outro argumento que também está por trás dessa crescente importância são os inúmeros benefícios vinculados a uma maior modernização e qualificação do sistema produtivo provenientes da adoção dessas tecnologias. Podendo destacar, por exemplo, redução de custos; crescente integração entre atividades produtivas das empresas, a mitigação de erros operacionais e acidentes por meio da manutenção preventiva, o aumento da agilidade nas operações, a customização em escala etc. Tais qualidades podem se traduzir em maior competitividade, diversificação de produtos e superação de barreiras à entrada em novos mercados (IEL/CNI *et al* 2017).

Esses avanços tecnológicos parecem, portanto, se colocar como uma alternativa à desaceleração produtiva enfrentada nos últimos 15 anos pelos mais diversos países. De acordo com ARK, VRIES e ERUMBAN (2020) devido ao baixo ritmo de crescimento da produtividade recente, ainda hoje não foi possível recuperar as taxas anteriores à crise financeira de 2008 em países desenvolvidos. No entanto, tal enfraquecimento também vem sendo compartilhado por economias emergentes a partir de 2008 (BRYNJOLFSSON; ROCK; SYVERSON, 2017).

Vale ressaltar que a incorporação dessas tecnologias não é um processo rápido, ou simples, na medida em que sua implementação requer uma série de requisitos como conectividade, integração e interoperabilidade de diferentes tecnologias. Portanto, uma série de fatores devem ser levados em conta para que os benefícios explorados acima atinjam uma magnitude relevante. Nesse sentido, o desafio por trás do objetivo do trabalho será de mensurar o fenômeno da digitalização a nível nacional e associá-lo a medidas de eficiência econômica, para a maior variedade de países possível.

Para tanto, foi introduzida a noção dos esforços necessários à digitalização, privilegiando alguns dos principais requisitos comuns para implementação dessas tecnologias à uma ampla diversidade de países, os quais foram decompostos em 4 dimensões – Acesso a TICs, Uso, Investimento e Competências – sendo, para cada uma, atribuída um indicador específico. Dessa maneira, foi possível estabelecer associações e ilustrar os efeitos isolados de cada uma das variáveis *Proxy* de esforço sobre o indicador de eficiência escolhido (produtividade do trabalho) por meio de uma relação econométrica. A utilização desse instrumento se mostrou vantajosa, pois assim foi possível capturar a existência de um efeito positivo na relação entre as dimensões estudadas e produtividade, contemplando outros fatores que pudessem afetar essa relação e respeitando a complexidade do tema. A partir dos resultados obtidos foi possível refletir acerca das diferentes implicações reveladas pela aplicação dessas tecnologias.

O presente trabalho está dividido em três capítulos. O primeiro apresentará os diferentes aspectos da nova fase da revolução digital, pontuando a importância que novas tecnologias possuem, suas aplicações, potencialidades e ameaças. O segundo, descreverá a metodologia empírica do trabalho, onde será explicado o marco analítico por trás do conceito de esforços à digitalização, o porquê da escolha de cada indicador, a análise gráfica das respectivas relações de cada indicador com a medida de produtividade e, por fim, o modelo econométrico utilizado. O terceiro apresentará os resultados derivados do modelo, e discutirá a possibilidade de posicionar essas tecnologias como um mecanismo de redução de hiatos entre os países. Ao final, serão reunidas as conclusões do trabalho.

## **I – A REVOLUÇÃO DIGITAL**

Esse capítulo apresenta as características da nova fase da Revolução digital, indicando a relevância das tecnologias digitais nos dias de hoje, assinalando suas aplicações, benefícios e resultados, explorando também a inconsistência revelada entre as estatísticas de produtividade dos últimos anos e tais potencialidades.

### **I.1– A importância das tecnologias digitais**

A revolução digital iniciada desde os anos 80 vem progressivamente transformando a economia e sociedade. Essa revolução se manifesta a partir da emergência de uma economia “conectada”, marcada pela crescente participação da internet e das redes banda larga o que, posteriormente, possibilitou o surgimento de modelos de negócio baseados em plataformas digitais para a oferta de bens e serviços (ECLAC, 2021).

Essa reformulação dos modelos de negócio, cada vez mais centralizados na oferta de bens e serviços digitais, afetou radicalmente o valor dos bens e serviços digitais e alterou as preferências de consumidores em direção a canais digitais e de entrega rápida. A título de ilustração desse fenômeno, pode-se citar o papel das câmeras digitais na redefinição da fotografia, da leitura eletrônica alterando os meios de comunicação impressos, ou da economia colaborativa redefinindo o uso de meios de transporte e a indústria hoteleira e de turismo (OCDE, 2020)

As novas plataformas digitais tiveram um papel fundamental na criação de conexões entre oferta e demanda de diversos mercados, reduzindo assim custos de transação, gerando ganhos de eficiência no uso de ativos, criando mercados e possibilitando novas oportunidades de negócios (OCDE, 2020, p.102). Nesse sentido, foram criadas diversas plataformas de varejo para facilitar transações comerciais (como a Amazon, Alibaba, Mercado Livre), prestar serviços financeiros (como a Ant Financial, Avant, Mercado Pago, Nubank), serviços de comunicação e redes sociais (como o Facebook, Skype, WhatsApp), prestar serviços de turismo e hospedagem (TakeOff, Booking, Airbnb) e até facilitar a busca de emprego (Laborum, LinkedIn, Workana, Freelancer).

Mais recentemente, houve um movimento em direção a um aprofundamento da “digitalização” da economia, isto é, em que os modelos de produção e consumo estejam baseados na incorporação de tecnologias digitais nas esferas econômica, social e ambiental da sociedade (ECLAC, 2021). Essa trajetória pareceu se apresentar como consequência desse percurso, devido a evolução dos negócios em direção a incorporação dos *insights* oriundos da exploração do volumoso fluxo de dados gerados pelas plataformas digitais anteriormente citadas.

À medida que tais dados, quando processados através dessas tecnologias digitais, proporcionam mais informação e confiabilidade à tomada de decisão e maior agilidade aos processos produtivos, torna-se compreensível a condição de um bom desempenho competitivo estar associado ao uso apropriado de informação e conhecimentos digitais. Em outras palavras, verifica-se como um fator estratégico de produção para os modelos de negócio nessa *New Digital Economy* (NDE) a velocidade, qualidade e precisão na análise dos dados (STURGEON, 2017).

De modo geral, pode-se categorizar as tecnologias digitais como um grupo de tecnologias que se baseiam na abundância de dados e conectividade universal para otimização de processos, capazes de complementar suas funcionalidades entre si, e multiplicar seus impactos, quando operadas simultaneamente. Várias tecnologias se encaixam nesse contexto: Inteligência artificial, Internet das coisas, Big data, *Blockchain*, Impressoras 3D, Robótica, Nanotecnologia, Edição genética entre outras (UNCTAD, 2021).

Portanto, a denominada “Revolução Digital” nasce de uma combinação de tecnologias, especialmente da área de telecomunicação, que se estabelecem de forma cada vez mais intensa nos mais diversos setores econômicos, transformando as dinâmicas do mercado de trabalho, as relações comerciais e de produção, as diligências regulatórias, os ramos de pesquisa e até o meio ambiente. Entretanto, muito do potencial transformativo dessas novas tecnologias base da NDE no cenário atual se dá pela sua rápida disseminação, o que por sua vez, é resultado da melhoria contínua do custo-benefício das TICs -principalmente no que diz respeito ao aperfeiçoamento da microeletrônica<sup>1</sup> - do maior poder de processamento dos computadores frente a vasta oferta de dados coletados a partir dos novos modos de consumo e da variedade de dispositivos conectados à internet (STURGEON, 2017).

Cabe ainda comentar a respeito do caráter interativo associado a essa nova arquitetura digital, visto que envolve um conjunto de TICs e plataformas digitais de produtos interoperáveis de diferentes paradigmas tecnológicos (PARKER *ET AL*, 2016; KENNY AND ZYSMAN, 2016 *apud* STURGEON, 2017). Tal aspecto manifesta a necessidade de compatibilizar tecnologias de diferentes épocas para o bom desempenho de uma economia que esteja orientada a incorporar essas novas tecnologias. Nesse sentido, pode-se mencionar um dos fluxos de funcionamento dessas tecnologias, em que a utilização de novos materiais descobertos por meio da nanotecnologia propiciará a produção de semicondutores e microprocessadores de alta performance que, por sua vez, suportarão a aplicação de softwares/algoritmos mais complexos de IA.

---

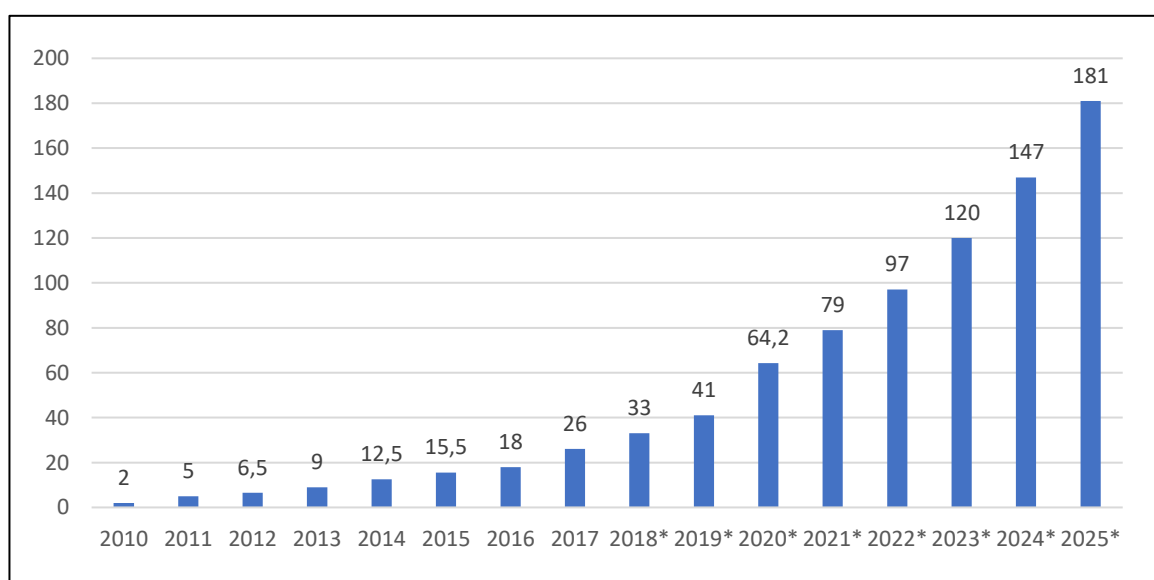
<sup>1</sup> Algumas evidências indicam de que o custo médio de sensores para IOT custava US\$ 1,30, em 2004, e chegou a US\$ 0,44, em 2018, ou por exemplo o custo em US\$/KWh de baterias lítio-íon caiu de US\$ 1.000, em 2010, para US\$ 209, em 2017. ((IEL/CNI *et al* , 2017), (Microsoft Dynamics, 2019)

Pode-se dizer, então, que esse novo paradigma, vai além de um mundo globalizado e “hiper conectado”, pois representa um contexto em que os esquemas de organização, produção e governança da economia tradicional coexistem e se misturam com as inovações da economia digital. Percebe-se, assim, que a transformação digital em curso é um processo dinâmico, complexo, e conseqüentemente, desafiador para ser adequado em diretrizes políticas. Isso se dá principalmente pelo fato de seus alicerces - as TICs - estarem em constante aperfeiçoamento, o que exige uma adaptação contínua e uma abordagem sistêmica no que corresponde às políticas de desenvolvimento tecnológico (ECLAC, 2021).

A fim de ilustrar a magnitude dessa transição nos dias de hoje, a seguir serão apresentadas algumas evidências da difusão digital no período recente.

Segundo MASTILO (2017 apud MIĆIĆ, 2018, p,146), no que diz respeito ao panorama atual da economia global, um total de 22% dos negócios modernos corresponde à economia digital. Tal afirmação pode ser facilmente compreendida quando se observa o Gráfico 1, o qual indica um movimento crescente em relação ao volume de dados produzidos a nível global. Essa tendência se mantém ascendente para os próximos anos, chegando ao nível de mais de 180 *zettabytes*<sup>2</sup> em 2025. Em linha com esse forte aumento no volume de dados gerados, também se prevê que a capacidade de armazenamento cresça a uma taxa de 19,2% ao ano para o período de 2020 a 2025 (STATISTA, 2021)

**Gráfico 1 - Volume de dados criados, capturados, copiados e consumidos a nível global de 2010 a 2025 em zettabytes**



Fonte: IDC; Seagate; Statista (2021)

Nota: Os anos com \* foram estimados a partir de publicações das respectivas fontes.

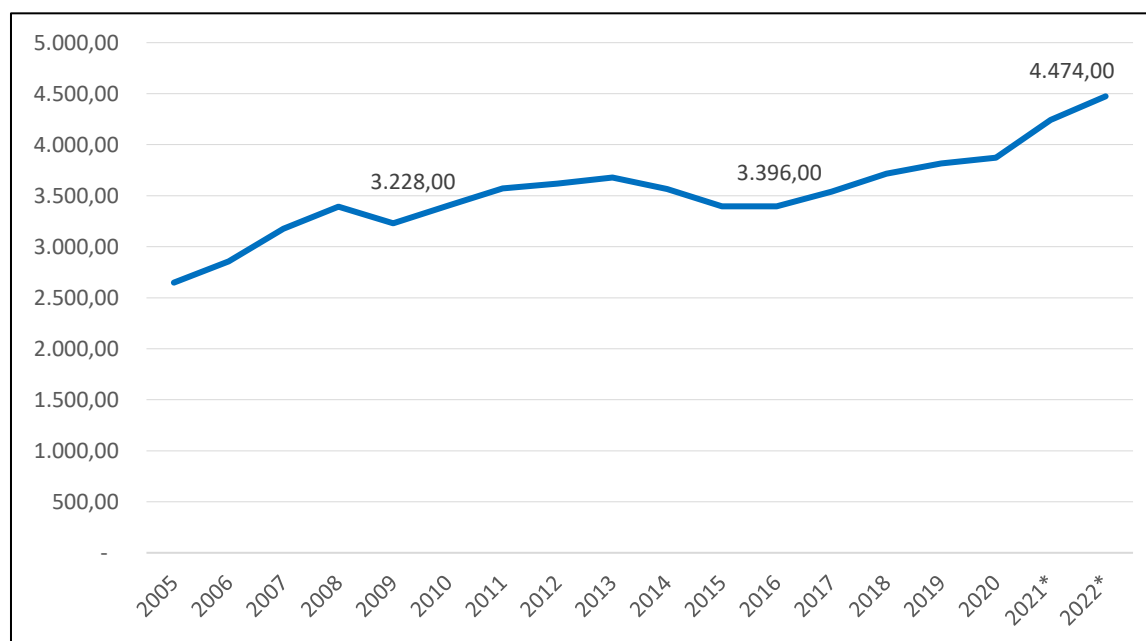
<sup>2</sup> Um *Zettabyte* é uma unidade de informação ou memória que corresponde a  $10^{21}$  Bytes.



Nesse mesmo sentido, o relatório de WEF *et al.* (2018) apresenta estimativas que, para 2021, o tráfego de dados na internet a nível global irá exceder em 125 vezes o volume de tráfego de 2005. Enquanto a média mensal de tráfego por pessoa esperada para 2021 (30 gigabytes) será de três vezes aquela verificada em 2016 (10 gigabytes).

No que diz respeito à relevância econômica dessas tecnologias atualmente, o Gráfico 2 revela uma tendência de aumento nos gastos relacionados a bens de Tecnologias da Informação (TI) - como softwares, serviços digitais, *data centers systems*, serviços de comunicação desde 2005.

**Gráfico 2 - Gastos globais com TI de 2005 a 2022 em bilhões de dólares americanos**



Fonte: Statista com dados obtidos de Gartner (2021)








Nota: Os dados com \* são estimados.

Ainda sob essa perspectiva, estimativas da UNCTAD apontam que, em 2018, essas novas tecnologias<sup>3</sup> já representavam um mercado de 350 bilhões de dólares, com perspectivas de crescimento para 3.2 trilhões de dólares em 2025. Dentre elas, a maior receita advém da IOT (Internet das coisas),

<sup>3</sup> No relatório UNCTAD (2021), o valor de U\$350 bi é estimado para onze tecnologias: IA, IOT, *Blockchain*, *Drones*, 5G, Impressora 3D, Edição Genética, *Big Data*, Robótica, Nanotecnologia, Painéis Solares.

cujas vendas em 2018 totalizaram 130 bilhões de dólares, com perspectivas de aumento para os próximos cinco anos para 1.5 trilhões de dólares, representando cerca de metade da receita total gerada por essas tecnologias (UNCTAD, 2021). A Tabela 1 abaixo sintetiza a participação de tecnologias relevantes para a dita Revolução Digital.

**Tabela 1- Importância das Tecnologias digitais atualme**

Tecnologias Digitais	Publicações (1996 - 2018)	Patentes (1996 - 2018)	Tamanho do mercado (em Dólar)	Principais setores de aplicação
Inteligência Artificial 	403.596	116.600	\$16 bi (2017) \$191 bi (2024)	Logística, bancos, manufatura discreta
IOT 	66.467	22.180	\$130 bi (2018) \$1.5 tri (2025)	Varejo, seguro, saúde
Blockchain 	4.821	2.975	\$708 MM (2017) \$61 bi (2024)	Varejo, seguro, saúde
Impressão 3D 	17.039	13.215	\$10 bi (2018) \$44 bi (2025)	Manufatura discreta, saúde, educação
Robótica 	254.409	59.535	\$32 bi (2018) \$499 bi (2025)	Finanças, Logística, manufacture discreta
Big data 	73.957	6.850	\$32 bi (2017) \$157 bi (2026)	Bancos, manufatura discreta, serviços profissionais
Nanotecnologia 	152.359	4.293	\$1 bi (2018) \$2.2 bi (2025)	Manufatura discreta, saúde, educação

Fonte: Adaptado de UNCTAD (2021), com dados coletados a partir de Elsevier's Scopus database, PatSeer database.

Nota: Dados referente ao tamanho dos mercados são aproximados.

Por fim, alguns estudos também sugerem que em meados de 2030 a Inteligência Artificial (IA) contribuirá com um adicional de 15.7 trilhões de dólares para a economia global, sendo desses, 40% advindos de ganhos produtividade e U\$ 9.1 trilhões de efeitos “colaterais” de consumo (UNCTAD, 2021). A próxima seção irá descrever algumas dessas tecnologias citadas na Tabela 1 em maior detalhe.

## **I. 2 – As características de algumas das tecnologias digitais**

Sturgeon (2017) argumenta que a Nova Economia Digital está construída com base em cinco tecnologias digitais principais - Computação em nuvem, Internet das coisas, Inteligência Artificial, Big data e robótica<sup>4</sup>. Paralelamente a essa abordagem, o relatório UNCTAD (2021) revelou que essas mesmas tecnologias possuem os maiores mercados (em dólares) quando comparadas com as demais. Tendo em vista sua importância, a seguir serão descritas essas cinco tecnologias.

### **I. 2.1 – Robótica**

Robôs são máquinas ou equipamentos programáveis capazes de reproduzir ações e interagir autonomamente, ou não, com ambiente via sensores. Eles podem assumir diferentes aplicações desde robôs industriais, militares, de segurança, veículos autônomos ou de consumo (UNCTAD, 2021).

A partir do avanço da microeletrônica, alguns robôs estão sendo produzidos em menores tamanhos, os quais demandam menos consumo de energia e muitas vezes são mais acessíveis. Nesse contexto, vale comentar sobre as impressoras 3D, que são capazes de imprimir objetos multidimensionais e multi-materiais.

Essa tecnologia é muito útil para produtos que não exigem grandes volumes de produção ou bens que envolvem altos custos de produção, como por exemplo bens altamente customizáveis ou aplicações de prototipagem. Portanto, ela possibilita ganhos de escala mesmo com alta variabilidade, permitindo um alcance a novos segmentos de demanda e atender padrões de consumo cada vez mais voláteis. Também contribui para uma aceleração do processo de prototipagem, diminuindo o tempo de produção e lançamento de novos produtos e, portanto, acelerando o ciclo inovativo.

A impressão 3D ao possibilitar inovações nos processos de produção com a experimentação de novos materiais, também viabiliza a utilização de insumos mais resistentes e/ou mais baratos, o que pode provocar uma redução dos custos e otimização do consumo energético. Percebe-se, assim, que

---

<sup>4</sup> Também referenciada na literatura como manufatura avançada.

essa tecnologia pode alterar toda a forma de fabricação dos mais diversos produtos, simplificando os processos industriais.

Outro exemplo de aplicação dessa tecnologia são os *drones*, robôs pré-programados para rastrear, mapear e até resgatar objetos, com a vantagem de serem controlados em tempo real por meio de softwares externos, possibilitando inúmeras utilidades (STURGEON, 2017).

### I. 2.2 – Computação em nuvem

A computação em nuvem pode ser definida como um sistema que permite usuários através de uma conexão com a internet, ou qualquer outra rede digital, acessarem quando necessário um escalável “repositório” de dados e recursos computacionais (STURGEON, 2017).

O diferencial desse arranjo em nuvem é a possibilidade de gerenciamento externo de todo o sistema corporativo, desde *softwares* básicos a infraestruturas completas de TI, de modo que se torna dispensável a presença de uma estrutura física para comportar servidores, ou colaboradores especializados para o monitoramento dos dados. Sendo assim, se reduz gastos com capital fixo, *cybersecurity*, com equipes especializadas que não são diretamente relacionadas ao *core business*, com máquinas ociosas ou qualquer investimento ligado a infraestrutura de TI.

Sob essa organização, o fornecimento de espaço para armazenamento, capacidade de processamento, manutenções, criação de aplicativos/plataformas, execução e atualização de *backups* periódicos é feita pelos provedores do sistema, através da prestação de um serviço, o que submete sua aquisição exclusivamente à necessidade do usuário. Dessa forma, não é necessário desempenhar nenhum esforço ou gasto adicional com manutenção e afins, possibilitando um controle mais eficiente de custos com TI, sem necessidade de superdimensionar a capacidade.

Percebe-se, portanto, que, as principais características dessa tecnologia são a agilidade, capacidade e alta escalabilidade de recursos computacionais para atender a momentos de maior demanda, sem comprometer a qualidade dos negócios. Tais atributos sugerem uma maior flexibilidade de crescimento, o que pode ser muito vantajoso para empresas de qualquer porte, novos empreendimentos, tal como *startups* e pequenas e médias empresas (PMEs).

### I. 2.3 – Análises Big Data

Se refere a um subconjunto de dados, cujo tamanho ou tipo distinguem-se da estrutura tradicional em que as bases de dados são capazes de capturar, processar e gerenciar as informações (UNCTAD, 2021). Essa especificidade é atribuída ao fato desses *datasets* contemplarem volumes massivos de informação, serem gerados ou processados em alta velocidade - e a partir de diferentes

fontes - preservando a veracidade dos dados originais e com aplicações capazes de criar valor para seus usuários.

Sua finalidade é examinar os dados, compreendendo não só os diferentes padrões de uso das plataformas digitais, mas também a dinâmica social e empresarial que eles representam, a fim de melhor segmentar mercados, fundamentar tomadas de decisão mais assertivas e melhorar o desempenho operacional. Um exemplo de aplicação dessa tecnologia é na “preparação” dos dados que servirão de base para o desenvolvimento dos algoritmos <sup>5</sup> de IA fazerem suas previsões e tomarem decisões em relação a uma melhor usabilidade dos aplicativos, sites e demais plataformas pelos consumidores.

Em suma, trata-se de usar esse grande volume de dados para melhorar processos, serviços, métodos organizacionais ou criar novos produtos, o que pode provocar efeitos sobre a produção e produtividade na manufatura, serviços e agricultura. Tal fenômeno é conhecido como *data-driven innovation* (DDI) ((IEL/CNI *et al*, 2017).

Pode-se dizer que essa ferramenta foi viabilizada, principalmente, pelo potencial ilimitado de armazenamento para múltiplos formatos de dados (áudio visual, codificado, texto) e pela conexão em nuvem.

#### I. 2.4 – Internet das coisas

Se refere a uma rede composta por dispositivos “inteligentes”, sensores e computação em nuvem, associados a técnicas avançadas de análise de dados, que permitem a verificação em tempo real das informações obtidas (OCDE, 2020)

O grande objetivo dessa inovação é o monitoramento dos dados a partir da formação de uma grande rede de aparelhos interconectados que irão coletar e compartilhar informação entre si a respeito de como os dispositivos ou equipamentos monitorados por sensores estão sendo usados e sobre os ambientes em que eles estão operando. Nesse sentido, o surgimento dessa tecnologia acompanhada pelo avanço do conhecimento computacional e da gradativa redução de custo de sensores, fez com que o compartilhamento e coleta de dados sobre instalações de qualquer tipo se tornasse cada vez mais frequente. Assim, possibilitou aplicações relacionadas à manutenção preventiva de equipamentos, de modo a sinalizar quais elementos necessitam ser substituídos, reparados, otimizando operações e consequentemente permitindo uma maior assertividade na previsão, ou até mesmo, economia de custos.

---

<sup>5</sup> Algoritmos são a base do processo de desenvolvimento de qualquer *software* e podem ser definidos como uma cadeia de etapas sequenciais, estruturadas por um profissional de TI, de modo a “traduzir” problemas em instruções mais abstratas para que um computador identifique uma solução e produza um determinado resultado.

Essa tecnologia está essencialmente baseada em sensores localizados nos equipamentos e dispositivos a serem monitorados, como por exemplo os maquinários nas linhas de produção, que transmitem informações sobre o desempenho das tarefas executadas pelos aparelhos, a partir da detecção de mudanças em propriedades físico, elétricas ou químicas, atribuindo então um resultado em resposta a tal mudança. Além disso, tecnologia IOT necessita uma plataforma de armazenamento com linguagem comum para integrar e processar os dados enviados por todos esses aparelhos interconectados, a fim de analisá-los, armazená-los e convertê-los em informações conforme programado previamente. Dessa forma, os resultados obtidos são enviados para outros aparelhos que possuem interfaces com aplicativos terceiros<sup>6</sup>.

Atualmente, cada vez mais dados de diferentes fontes e formatos são coletados, por meio de informações obtidas a partir de câmeras de segurança, rastreamento de atividades online – como as redes sociais - de comandos de voz através dos assistentes virtuais, acumulando uma densa base de dados. Consequentemente, isso possibilitou a expansão das aplicações de IOT para diversos setores como vestuário, veículos industriais, varejo etc.

Toda essa informação transmitida é direcionada para armazenamento na nuvem e pode ser usada para identificar perfis de consumo, no intuito de aplicar estratégias de marketing mais precisas e alinhadas aos desejos dos consumidores, aumentando a conversão das vendas. Na prática, as aplicações originadas pelo IOT podem se traduzir em menores custos de produção, maior consistência e qualidade na entrega de serviços, maior agilidade de processos, maior transparência e previsão de custos (OCDE, 2017)

### I. 2.5 – Inteligência Artificial

A Inteligência Artificial pode ser definida como a capacidade da máquina de desempenhar atividades semelhantes às funções cognitivas, tipicamente desempenhadas pelo cérebro humano, usando a lógica. A recente inovação nessa área veio com o aprendizado de máquina, cujo desenvolvimento da codificação se baseia no aprendizado proveniente dos próprios dados – *machine learning from the data*. Seu objetivo é identificar um padrão, a partir do estabelecimento de diferentes relações entre os dados, para estimar ou prever algum evento.

Esse avanço da IA habilita sistemas a aprenderem por meio de “experiências prévias”, sem a necessidade de uma programação explícita de cada etapa, ou seja, apenas pela extração de padrões do conjunto de dados. Tal processo exige um grande volume de dados para “treinamento” dos algoritmos, assim como o processo de aprendizagem humano. Por outro lado, essa manipulação de grandes

---

<sup>6</sup> A chamada comunicação *machine to machine*.

quantidades de dados, introduz a oportunidade de utilização de sistemas autônomos, cujas decisões resultarão de *insights* originados a partir de algoritmos “inteligentes”, sem a intervenção humana direta.

Os principais tipos de aplicações do *machine learning* hoje referem-se a atividades de clusterização, previsão, detecção de tendências ou anomalias. Assim, as possibilidades reveladas com o *machine learning*, permitiram avanços da IA em campos como linguagem natural, reconhecimento de pessoas, objetos e sons - o que incita uma variedade quase infinita de aplicações dessa tecnologia. Tais como em serviços de pós-venda, em que os “assistentes” virtuais equipados com sistemas de IA são capazes de interpretar o conteúdo das mensagens enviadas pelos clientes e programar automaticamente uma mensagem de retorno para as pessoas. Ou ainda a promoção de recomendações de produtos de interesse baseados em previsões sobre o padrão de consumo dos consumidores.

Torna-se evidente, portanto, novamente o caráter interoperável dessas tecnologias, em que a IOT em combinação, com *Big data* – ao disponibilizarem um grande volume de dados para suprir as bases utilizadas pelos algoritmos de IA - o processamento em nuvem e o desenvolvimento de potentes processadores viabilizou a criação de sistemas de produção inteligentes, que por sua vez, promoverão novas formas de aplicações de robótica (OCDE, 2017).

### **I. 3 – As implicações produtivas derivadas do uso de tecnologias digitais**

As vantagens presumidas pela implementação das tecnologias digitais sugerem uma maior agregação de valor ao longo da cadeia produtiva, seja pela reconfiguração de determinantes competitivos, com a modernização e transformação de setores tradicionais, ou pela criação de novos nichos de mercado.

À luz dessa afirmação, pode-se mencionar as ferramentas de pagamento digital, que introduziram novas formas de acessar o sistema financeiro, como o *PayPal*, *GoogleWallet*, *WePay*, ou a revolução nos canais de vendas e atendimento ao cliente com novos formatos de *help desks systems* que incluem reconhecimento de voz e *chatbots*<sup>7</sup>, e as ferramentas de *digital design* baseadas em algoritmos de IA, capazes de recomendar a produção de novos formatos de produtos como por exemplo o *Deamcatcher* do Autocad<sup>8</sup> (STURGEON, 2017).

Vale, também, citar alguns exemplos de melhorias nos processos derivados da incorporação dessas tecnologias na produção. Por exemplo a integração horizontal que inovações como *machine*

---

<sup>7</sup> Programas na forma de *chats* que simulam uma conversação humana a partir de uma programação prévia.

<sup>8</sup> Ver STURGEON (2017).

*learning* ou IOT podem promover através da comunicação instantânea de equipamentos, fortalecendo a conexão entre produção e cadeias de distribuição, reduzindo o tempo de resposta entre fornecedor e consumidor final; ou a redução de custos a partir da mitigação de erros operacionais, acidentes e pela alocação mais eficiente de recursos associada ao maior controle do processo de produção. Bem como maior assertividade na tomada de decisão por parte das empresas com a manipulação de análises com *Big data*, e maior agilidade nas operações trazidas pelas inovações de inteligência artificial.

Não obstante, também são relevantes os benefícios a nível de produtos, como a customização de serviços em maior escala mediante ao melhor custo benefício da capacidade de processamento devido a conexão em nuvem; ganho de qualidade das mercadorias, especialmente daquelas que possuem incorporados em si a tecnologia “*smart*”, possibilitando um maior engajamento com consumidores; redução do tempo de lançamento de produtos com os novos métodos de prototipagem/modelagem e simulação computacional, facultando formas mais flexíveis de produção, e permitindo uma personalização em massa da produção (OCDE, 2017).

Outro argumento que ampara essa discussão, refere-se o caráter transversal das tecnologias digitais, que justifica sua adoção em diferentes setores, desde o setor de finanças - onde as ferramentas de IA auxiliam nas decisões de fornecimento de crédito, segmentação de perfil de pagadores, controle de risco, customização de portfólio, *trading* e prevenção antifraudes, etc. – até agricultura, sob a estrutura *do smart farming* em que drones e outros recursos de IA são adotados para o monitoramento do solo e das condições de plantio, aperfeiçoando as técnicas utilizadas na produção. Essa alta capilaridade, viabiliza que seus benefícios sejam aplicados de forma generalizada por toda a economia, independentemente do grau de concentração da produção do país.

Entretanto, tal potencial transformativo só será realizado se, e quando, tais tecnologias “amadurecerem”, tornando-se mais bem integradas, e amplamente usadas, o que implica em maior acessibilidade e redução dos custos para sua difusão (especialmente entre as PMEs). Sendo assim, seu verdadeiro impacto vai depender do ritmo e da habilidade de organizações, sociedades e governos de entenderem e coordenarem esse processo de transformação digital (STURGEON, 2017).

### I. 3.1 – O paradoxo da produtividade

Diante dos efeitos produtivos apresentados na seção anterior para as firmas/cadeias, parece intuitivo presumir que as novas tecnologias digitais seriam capazes de afetar a produtividade de empresas e, de modo agregado, a produtividade de países. Por conseguinte, também poderia afetar o



ritmo de crescimento econômico de cada um, caso estas tecnologias sejam intensivamente difundidas no em seu interior. A associação entre digitalização e eficiência é relevante pois esta pode ser considerada como um dos principais motores do crescimento sustentável a longo prazo, e, portanto, a uma maior capacidade produtiva da economia. Nessa linha de argumentação, maiores níveis de produtividade em uma economia poderiam, inclusive, significar uma melhor inserção no mercado internacional de suas empresas, gerando aumento da demanda e da renda disponível. (SOLOW, 1988 *apud* OCDE, 2020). Dessa forma, a medida de produtividade funciona como um sinalizador de competitividade, mas também de bem-estar da população, já que também está atrelada ao um aumento dos salários reais.

De fato, existem evidências de que, em economias avançadas, contribuições positivas à produtividade têm sido detectadas principalmente por parte de setores com alta intensidade digital<sup>9</sup> (GAL *et al.*, 2019, VAN ARK; DE VRIES; ERUMBAN, 2020). Segundo o estudo setorial de VAN ARK, DE VRIES e ERUMBAN (2020), para o período de 2007 a 2018 nos Estados Unidos da América (EUA), a maior parte da contribuição para o crescimento da produtividade veio de setores “digital – produtores” enquanto, na Zona do Euro e Reino Unido (UK), para o mesmo período, os melhores desempenhos se deram nas indústrias intensivas em digitalização e digital – produtoras.

Contudo, mesmo com a abundância de exemplos acerca da contribuição potencial das novas tecnologias para a eficiência, o comportamento recente a nível agregado (país) dessa variável parece refutar essa relação. Ao longo dos últimos 15 anos, o ritmo de crescimento da produtividade, principalmente em países desenvolvidos, tem continuamente se retraído a despeito do aumento da digitalização da economia global, conforme exposto na Seção I. Tal fenômeno tem sido intitulado como o paradoxo da Nova Economia Digital (VAN ARK; DE VRIES; ERUMBAN, 2020).

A título de ilustração, os EUA apresentaram um crescimento médio da produtividade agregada do trabalho entre 2005 e 2016 de 1,3% ao ano contra o crescimento médio anual de 2,8% desempenhado no período de 1995 a 2004. Já 28 dos países da OCDE apresentaram uma desaceleração similar, com as taxas de crescimento anual saindo de 2,3% entre 1995 e 2004 para 1,1% entre 2005 e 2015, com renda média real estagnada desde os anos 90 (CASE e DEATON, 2017 *apud* BRYNJOLFSSON; ROCK; SYVERSON, 2017). Essa mesma tendência ocorreu nos países emergentes, onde a aceleração da produtividade dos anos 2000s se deu até meados da crise de 2008,

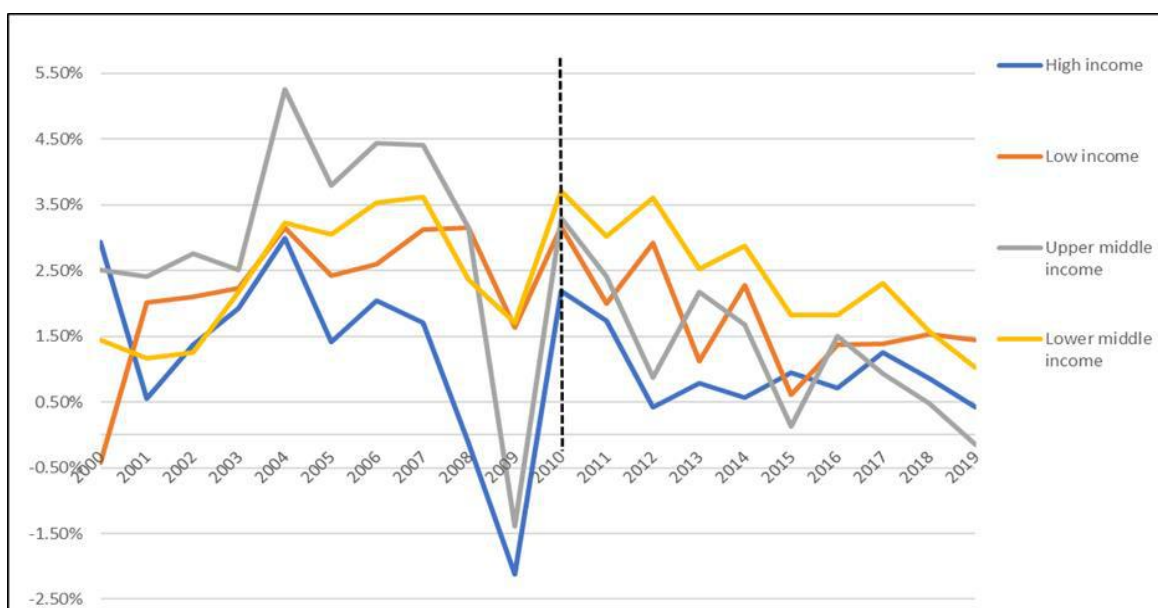
---

<sup>9</sup> São setores que apresentam uma participação de investimentos em ativos TICs tangíveis e nos seus respectivos intangíveis, portanto, possuem: uma participação das compras intermediárias de bens e serviços TICs, um considerável estoque de robôs a cada 100 empregados, uma participação de especialistas TICs em relação ao total de empregados e parte do faturamento proveniente de vendas online. (CALVINO ET AL., 2018, *apud* VAN ARK; DE VRIES; ERUMBAN, 2020).

quando esse ciclo foi interrompido, gerando um declínio nas taxas de crescimento da produtividade desde então (BRYNJOLFSSON; ROCK; SYVERSON, 2017).

O Gráfico 3 apresenta a média anual das taxas de crescimento da produtividade do trabalho desde os anos 2000, para mais de cem países classificados de acordo com segmentação proposta pelo Banco Mundial (2020)<sup>10</sup>. A partir dele verifica-se esse enfraquecimento da produtividade do trabalho para as quatro diferentes categorias de países - renda alta, renda média-alta, renda média-baixa, renda baixa - principalmente a partir de 2010.

**Gráfico 3- Evolução da média da taxa de crescimento da produtividade do trabalho por categoria de país**



Fonte: Elaboração própria, com dados extraídos do The World Bank data (2021)

Nota: Produtividade expressa em PIB por Trabalhador em dólares PPC a preços constantes de 2017

A literatura sobre o tema aponta algumas justificativas para tal contradição, a começar pela natureza das tecnologias base da NDE, as quais se enquadram na classificação de *general purpose technologies (GPTs)*. Tal classificação implica três características principais, melhoria progressiva ao

<sup>10</sup> A classificação usada pelo Banco Mundial (2020) segue a divisão dos países em grupos de renda utilizando a Renda Nacional Bruta (RNB) per capita de 2019, calculada segundo o *World Bank Atlas Method*. Os grupos são *low income* com RNB per capita de U\$1.035 ou menos; *lower middle income* com U\$1.036 – 4.045; *upper middle income* com U\$4.046 – U\$12.535; e *high income* com U\$12,536 ou mais.

longo do tempo, fomento à criação de produtos/processos secundários ou incrementais e transversalidade (BRESNAHAN; TRAJTENBERG, 1996 apud VAN ARK; DE VRIES; ERUMBAN, 2020). Além disso, essas GPTs são reconhecidas por – como qualquer tecnologia que possua um profundo potencial de reestruturação da produção – demandarem um tempo significativo desde sua introdução inicial em algumas empresas até sua difusão ampla para, então, resultar em efetivos impactos na economia e sociedade. Essa demora seria uma das principais causas da contradição entre a ampla difusão de TICs atualmente e taxas decrescentes de crescimento da produtividade (BRYNJOLFSSON; ROCK; SYVERSON, 2017).

Isso acontece pois existe um intervalo de tempo entre o reconhecimento da capacidade transformadora de uma tecnologia e sua tradução em efeitos mensuráveis pelas estatísticas agregadas, o que é resultado de três eventos. Primeiramente, tais efeitos se revelarão a nível agregado somente quando um estoque suficiente de tecnologia estiver sido desenvolvido e implementado para tal. Contudo, para construir esse “estoque” de tecnologias, é preciso investir em complementações, ou nas chamadas tecnologias habilitadoras e também as difundir. Para tanto, é preciso identificá-las – e muitas vezes até inventá-las – desenvolvê-las e implementá-las, o que exige investimentos tangíveis e intangíveis, custos de ajustamento, adaptação a mudanças organizacionais e desenvolvimento de novas competências. Evidentemente isso não é um processo rápido nem simples na medida em que essas co-invenções podem surgir atreladas a uma série de obstáculos e exigências de ajustamentos ao longo do processo de implementação.

Outro elemento que colabora para esse efeito temporal é que o surgimento da NDE marca um crescimento da intangibilidade na produção como principal fonte de crescimento, ou seja, da importância de ativos intangíveis como fatores competitivos. Apesar de isso contribuir para uma maior capacidade inovativa na economia, também dificulta uma rápida difusão, dado que ativos intangíveis são geralmente propriedades individuais que exigem custos elevados de replicação, além de possuírem intrinsecamente uma lenta implementação (OCDE, 2021).

A partir das evidências empíricas expostas em VAN ARK; DE VRIES; ERUMBAN (2020) sobre a contribuição desses setores para a produtividade e das explicações da seção anterior parece razoável supor que a chave para um impacto significativo nas estatísticas agregadas seria a expansão da difusão digital por toda a economia. No entanto, ainda hoje a maior parte das economias não apresenta os setores mais digitalmente intensivos como os de maior relevância. Nesse contexto, pode-se citar economias desenvolvidas, tal como o Reino Unido, que ainda possuem maior participação de setores de baixa intensidade digital, o que faz com que suas contribuições para a produtividade total sejam mais relevantes e, conseqüentemente, impedindo ou dificultando o seu crescimento a nível agregado (VAN ARK; DE VRIES; ERUMBAN, 2020).

Nesse cenário, é importante ressaltar que inúmeros fatores permeiam esse processo de difusão tecnológica. Dentre eles, é possível discriminar: o dinamismo do comércio global, o nível de investimento, a intensidade de mobilidade internacional de trabalhadores qualificados, o grau de intercâmbio de conhecimento e conexões entre as nações tanto em relação a negócios quanto a instituições acadêmicas ou científicas, o estoque de ativos intangíveis das empresas como P&D e capacidades gerenciais, a presença de instituições voltadas a construir um ambiente competitivo em que a empresas desenvolvam as devidas competências e fomentem o investimento e a difusão de novas tecnologias, a facilidade na captação de crédito (OCDE, 2017). Portanto, a dificuldade de dispersão dessas tecnologias também pode se apresentar como uma das razões para o não aparecimento do potencial transformador nas estatísticas a nível agregado (ANDREWS; CRISCUOLO; GAL, 2016).

Diante dessas considerações, vale comentar que as características que permeiam as GPTs – como o aumento da participação de ativos intangíveis, o *lag* temporal e a necessidade de investimentos complementares – tendem a apontar para uma distribuição mais concentrada dos seus rendimentos, na medida em que não são compatíveis com uma simples e rápida implementação. Sendo assim, parece que o aumento da importância do conhecimento tácito e capital organizacional, associada à complexidade das novas tecnologias, bem como o maior grau de sofisticação dos investimentos complementares exigidos para sua adoção implicam custos maiores para uma ampla difusão tecnológica (STURGEON, 2017). Essa perspectiva, dificulta o processo de *catch up* de firmas mais atrasadas as quais, carecem desses atributos (ANDREWS; CRISCUOLO; GAL, 2016).

Tais conclusões foram comprovadas empiricamente pelo estudo realizado por Berlingieri *et al.* (2019), que verificou que a velocidade com que ocorre o emparelhamento de firmas “atrasadas” é menor em setores intensivos em digital e intensivos em conhecimento. Também, foi identificado que, especialmente em indústrias mais digital intensivas, há um maior crescimento das margens de lucro, um aumento da concentração setorial e redução das taxas de entradas e saídas de firmas. (GAL *et al.*, 2019), (BRYNJOLFSSON, 2009 *apud* BRYNJOLFSSON; ROCK; SYVERSON, 2017), (FERRAZ *et al.* 2019).

À luz dessas constatações, pode-se citar também os resultados obtidos pela análise econométrica a nível da firma realizado por Gal *et al.* (2019), para 20 países da Europa<sup>11</sup> no período de 2010 a 2015, que demonstrou que a adoção de tecnologias digitais a nível industrial está associada não só a um aumento da produtividade da firma, mas também ao aumento da variabilidade de performance produtiva entre as firmas. Esse efeito acontece, pois, a contribuição para produtividade não se dá na mesma intensidade para todas as firmas, sendo ela mais significativa em firmas mais produtivas, ou com alta intensidade de tarefas padronizáveis, ou para aquelas que operam em

---

<sup>11</sup> 19 países da UE e Turquia.

ambientes mais digitalizados. Em contrapartida é menos significativa para firmas com carências de algumas skills - associadas a alocação eficiente de recursos, computação, equipamentos eletrônicos – indicando a complementaridade dessas novas tecnologias com os ativos intangíveis.

Parece, então, razoável supor que a digitalização por si só – mesmo quando verificada no contexto de economias mais robustas - pode se apresentar como um fator que tende a confirmar, se não ampliar, as disparidades produtivas em uma economia. Dentro dessa perspectiva, o contexto de países em que se predomina uma baixa diversificação da estrutura produtiva e/ou aliada à forte heterogeneidade de produtividade entre as firmas, pode fazer da digitalização uma nova fonte de polarização, aumentando as assimetrias internas de acesso a tecnologias existentes, e reforçando os desbalanceamentos intra-regionais ou inter-regionais (OCDE, 2020). Contudo, tais efeitos podem ser amenizados por meio de políticas que amparem essa transição digital de maneira a endereçar devidamente todos os condicionantes requeridos para essa transformação digital e constituir uma estrutura regulatória compatível a nova conjuntura.

Nesse sentido, pode-se julgar que a desaceleração da produtividade agregada da última década, também pode estar associada não só a um enfraquecimento do processo de difusão tecnológica, mas também à da ampliação das defasagens estruturais, encobrendo o fato de que apenas um restrito grupo de empresas – também concentradas geograficamente na América do Norte e Ásia – têm experimentado os ganhos oriundos dessa NDE (ANDREWS; CRISCUOLO; GAL, 2016) , (STURGEON, 2017).

Torna-se inquestionável que diante desse cenário de perda de eficiência, a busca por estratégias que estimulem o crescimento e fortaleçam a competitividade passem a ser muito almejada independente da renda média do país. Para embasar a discussão dessa temática, os próximos capítulos apresentarão uma análise empírica, ao nível de países, sobre os efeitos de variáveis relacionadas à nova economia digital, em particular aos esforços de digitalização nacionais sobre a produtividade do trabalho.

## II – A RELAÇÃO ENTRE DIGITALIZAÇÃO E PRODUTIVIDADE: UM MARCO ANALÍTICO

O objetivo desse capítulo é desenvolver um marco analítico com o intuito de estabelecer uma relação entre mobilização de recursos necessários para integrar os sistemas produtivos atuais ao panorama digital e a produtividade do trabalho. Para tanto, inicialmente será abordado o racional utilizado para a escolha das variáveis utilizadas como proxy do esforço de digitalização e de eficiência. Em seguida, serão apresentadas evidências sobre as relações entre esforços e produtividade, em dois momentos do tempo por meio de gráficos de dispersão. Por fim, será apresentado o modelo econométrico que relaciona os elementos centrais desse esforço com a produtividade, a fim de quantificar seus efeitos.

### II.1– Como mensurar o fenômeno de digitalização?

Conforme apresentado na primeira seção do capítulo anterior, o fenômeno de digitalização da economia diz respeito ao movimento de incorporação de tecnologias e soluções digitais por parte de diferentes agentes econômicos. No entanto, esse processo envolve um conjunto de esforços para compatibilizar a complexa dinâmica da esfera digital com as relações econômicas e sociais da produção.

Consistentemente, as abordagens sobre digitalização ressaltam que a adoção de tecnologias digitais exige planejamento e interação de várias instâncias que vão além da simples incorporação das inovações tecnológicas na produção, ou em uma empresa.

Nessa linha, encontra-se uma vasta literatura que disserta sobre as “medidas de preparação” dos países para esse novo passo em direção a uma economia digitalizada. Por exemplo, o *Readiness for Frontier Technologies Index*, desenvolvido pela UNCTAD, que busca capturar o nível de “prontidão” de países em relação ao uso, adoção e adaptação das tecnologias de fronteira. Sua composição se baseia em cinco grandes blocos: Utilização de TICs; Habilidades; Atividade de P&D; Atividade na Indústria e Acesso à Financiamento (UNCTAD,2021). Outra proposta é o *Índice de Desarrollo del Ecosistema Digital*, desenvolvido a partir do *Going Digital Toolkit* da OCDE, que está estruturado em torno de oito pilares: Infraestrutura, Conectividade, Digitalização de Residências, Digitalização da Produção, Competências, Setores Digitais, Fatores de Produção e Marcos

Regulatórios. Esse índice busca capturar a interação de 8 pilares dentro do ecossistema digital, visando contribuir para uma adoção que beneficie toda a sociedade, permitindo materializar as promessas da transformação digital em benefício de todos (OCDE, 2020). Já o *The Digital Economy and Society Index (DESI)* mede a *performance* da economia digital de cada um dos países membros da União Europeia (EU) a fim de monitorar a evolução do bloco – e de seus membros - quanto à sua competitividade digital. Tal como os anteriores, ele é subdividido em algumas dimensões, como Conectividade, Capital Humano, Uso de Serviços de Internet, Serviços Públicos Digitais e Integração da Tecnologia Digital (FOLEY *et al.*, 2020).

De maneira geral, em todos os casos julga-se necessário desenvolver vários elementos tanto no que se refere a ativos físicos, como estoque de capital e esforço tecnológico, quanto a ativos intangíveis como capital humano, novas formas organizacionais, e novos modelos de negócio. Logo, parece prudente presumir que somente a partir da aferição dessa mobilização de ativos tangíveis e intangíveis de forma complementar a uma adoção homogênea e simultânea das tecnologias digitais pode-se elucidar se a digitalização será capaz de potencializar um sistema econômico nacional ou reforçar suas disparidades produtivas.

Portanto, o desafio por trás da identificação de uma relação empírica entre digitalização e produtividade reside no fato de que essas tecnologias potencializariam a produtividade através da combinação com uma série de outros fatores. Nesse sentido, encontrar uma única medida ampla suficiente capaz de endereçar o nível de adoção dessas novas tecnologias, e ao mesmo tempo contemplar seu potencial catalisador de inovações secundárias e a transversalidade de cada uma delas é quase impossível.

Além disso, uma economia digital ainda é realidade distante para a grande maioria dos países. Portanto coletar informações a respeito do uso tecnologias digitais não parece uma tarefa simples. Consequentemente, a disponibilidade de indicadores oficiais referentes à temática é muito escassa bem como, a oferta de dados que estabelecem uma relação direta com a aplicação das tecnologias digitais, ou que sejam capazes de traduzir seus impactos é muito incipiente. Por essas razões, nesse trabalho a construção de indicadores que representam a economia digital será feita entorno dos esforços requeridos para caminhar a uma economia digital.

Sendo assim, para avaliar como as mudanças empregadas em direção a um ambiente digital podem trazer resultados significativos de ganhos de eficiência, é preciso esclarecer quais são os principais alicerces para implementação dessas novas tecnologias.

## II.2 – Algumas condições essenciais para a implementação de tecnologias digitais

A partir da resenha da literatura e das experiências acima relatadas, a representação das novas tecnologias nesse trabalho será feita por meio de indicadores dos esforços digitais realizados por um país. Nesse sentido, quatro dimensões serão privilegiadas: (1) competências, (2) acesso, (3) uso e (4) investimentos, conforme será exposto na Seção II.3 a seguir.

De acordo com a exposição do Capítulo 1, a nova economia digital emerge a partir do desenvolvimento, disseminação e combinação de inúmeras tecnologias da área de telecomunicações, as quais compõem o substrato para a introdução das tecnologias digitais. Isso se justifica pelo fato de que a incorporação de tecnologias como IOT, IA etc. está baseada na conexão com internet e acesso à banda larga de qualidade. Portanto, pode-se dizer que a NDE coloca o desenvolvimento de uma boa infraestrutura de comunicação como condição necessária para a difusão das novas tecnologias digitais. Dentro dessa perspectiva, dois aspectos principais devem ser considerados para permitir um uso mais avançado e eficiente das novas tecnologias: qualidade de conexão e o acesso às tecnologias habilitadoras.

Para obter uma maior eficácia na aplicação de qualquer equipamento ligado às tecnologias digitais é preciso um tempo de resposta instantâneo e estabilidade nas conexões. Para isso é crucial o investimento na construção de redes de transmissão cada vez mais eficientes, feitas por exemplo com cabos de fibra ótica, ou baseadas em conexões via celular de alta velocidade, já que uma baixa velocidade limita a oferta de serviços digitais e aplicativos disponíveis no mercado.

Outra forma de assegurar a confiabilidade e estabilidade das redes seria investir em melhores antenas que conectem mais aparelhos e suportem um maior tráfego de dados com menor latência, ou ainda investir em equipamentos que suportem a tecnologia 5G. A tecnologia de redes sem fio 5G permite que a conexão a Internet seja aplicável a vários âmbitos através das conexões massivas, com velocidades de transmissão mais rápidas, menor latência e menor consumo energético. Estima-se que sua velocidade de download deva ser 200 vezes mais rápida e a de upload 100 vezes em comparação as redes atuais de 4G (OCDE, 2019f, OCDE 2020). Dessa forma, se espera que o 5G viabilize inovações dentro da agricultura e indústria manufatureira, revolucionando o setor industrial, e dê lugar a novos modelos de negócio.

A partir da sua integração com tecnologias digitais é possível gerar novos aplicativos, melhorar a eficiência de empresas, especialmente por meio dos serviços de monitoramento em tempo real da Internet das coisas (IOT). Sua conectividade de alta velocidade pode fortalecer serviços *Business to Consumer* (B2C), tornando-os mais personalizáveis aos consumidores, além de que ao permitir múltiplos dispositivos conectados à rede ao mesmo tempo sem congestionamento, viabiliza a



aplicação de decisões inteligentes, tomadas em tempo real, por meio de máquinas interconectadas (*smart factory*).

Entretanto para facilitar a difusão dessas tecnologias de fronteira também é fundamental assegurar um amplo acesso à rede e a aparelhos pelos quais as pessoas possam se conectar as redes, inclusive em áreas mais afastadas dos grandes centros urbanos. Para tanto, os custos de acesso à internet ou de acesso a bens de telecomunicação não podem ser proibitivos.

Outro fator importante para se adequar a essa nova conjuntura é a qualificação da força de trabalho. Nesse sentido, a capacitação da mão de obra, com competências técnicas e específicas, é fundamental para possibilitar a incorporação das novas tecnologias ao sistema produtivo atual, de forma a adaptá-las às necessidades locais, visando desenvolver produtos e serviços digitais, aumentar a sua capacidade inovativa e eficiência.

É importante que essa qualificação se baseie em medidas que vão além de educação básica, estimulando desde habilidades digitais mais triviais, como a utilização de aplicativos - a fim de garantir familiaridade com esses meios tecnológicos - quanto o desenvolvimento de habilidades avançadas como a interpretação de dados e programação de alto nível para incorporar tecnologias de ponta. Em outras palavras, é preciso investir numa transformação do perfil da força de trabalho.

As novas tecnologias exigem soluções baseadas no *computational thinking* que visa racionalizar o processo de trabalho, desmembrando-o em pequenas etapas, a fim de identificar padrões para chegar a formas mais eficientes de produzir, resolver problemas, e obter soluções inovadoras. Outra finalidade em racionalizar as atividades para obter regras explícitas que facilitem sua padronização, é organizar e transformar dados que são tidos como “informações cruas” em conclusões lógicas que facilitem a tomada de decisão, ou respaldem alguma análise mais detalhada.

Para incorporar esse novo estilo de trabalho se faz necessário apostar numa “alfabetização digital” (OCDE, 2020) que vai além da formação de uma mão de obra apta a lidar com essas novas técnicas de produção, mas também atuará na construção de uma demanda que valorize e promova esse tipo de inovação. Sendo assim, essa alfabetização digital tem o objetivo de promover o conhecimento dessas novas tecnologias e o entendimento de suas potencialidades no que tange a reconfiguração dos métodos de trabalho, dotando os trabalhadores com as *skills* adequadas para participar desse paradigma.

Vale lembrar que essas competências digitais são complementares às máquinas, o que não significa que aquelas valorizadas no mercado de trabalho até hoje devem ser substituídas. Sendo assim, as competências gerais adquiridas por meio da educação como alfabetização, resolução de

problemas e habilidades matemáticas, mantém um papel relevante, já que constituem as bases para o aprendizado de competências particulares ligadas às qualquer tipo de tecnologia (OCDE, 2017).

O desenvolvimento de *soft skills* em complemento àquelas de caráter técnico também é muito relevante, na medida que frente a uma maior capacidade “das máquinas” de automatização de tarefas repetitivas e de baixo nível de interação social, o aprimoramento de competências que ainda se revelam como de baixa previsibilidade pode ser um diferencial. Nesse caso, pode-se citar o raciocínio criativo, adaptabilidade - para acompanhar as constantes mudanças tecnológicas do paradigma digital - e a capacidade de saber aprender.

Além disso, um forte domínio sobre o ramo de atuação em que a tecnologia estiver sendo empregada, é fundamental para desenhar a melhor estratégia de criação de valor para o usuário final, de modo a atender ao caráter multidisciplinar dessas novas tecnologias.

De modo geral, é compreensível que novos processos de produção exijam em certa medida uma requalificação da mão de obra, a fim de capacitá-la para operar com processos de produção mais robotizados, como no caso das digitais. Nessa perspectiva, adotar e adaptar essas novas tecnologias cria funções e profissões no mercado de trabalho, como as de engenheiros de robótica, desenvolvedores de *software*, cientista de dados, analistas de sistemas, cientista de materiais, web designers entre outras ligadas a suporte de vendas e logística.

Porém, a adoção de uma *digital tech* também inclui outros fatores que dizem respeito a ativos intangíveis, tais como P&D e investimentos no capital organizacional e em habilidades (GAL *et al.*, 2019). O nível da atividade de P&D é uma das formas de demonstrar a capacidade inovativa de um país, já que para certos produtos, a aplicação do conhecimento científico nas empresas pode gerar um protótipo que, quando comercializado vire uma inovação bem-sucedida. Mais precisamente, as atividades de P&D atuam no fortalecimento da base científica e tecnológica que poderão ser usados pelas empresas. Contudo, uma boa interação entre a indústria e a esfera de pesquisa é necessária não só para a produção de novas tecnologias, mas também para a adoção e adaptação dessas tecnologias para cada sistema produtivo.

Torna-se compreensível, então, que a concretização de todas essas medidas exija volumosos aportes financeiros, além do próprio investimento para adquirir equipamentos, softwares, serviços de integração de sistemas ou outros serviços digitais. Não surpreendentemente, um melhor acesso a financiamento pode acelerar o uso, adoção e adaptação das tecnologias digitais. Portanto, o aspecto da alocação de recursos em direção a esse novo paradigma também deve ser levado em conta como um dos componentes do conceito proposto de esforço.

À luz dessas considerações, as análises apresentadas no restante desse capítulo contornam a tentativa de relacionar a produtividade do trabalho com cada uma das esferas mencionados, as quais se bem gerenciadas simultaneamente possibilitam os países se aproximarem a uma realidade em que modelos de consumo e produção estejam baseados nas tecnologias digitais.

### II.3 – Indicadores selecionados e suas fontes

Para explicitar a relação empírica entre eficiência e o esforço para realizar a digitalização é necessário buscar indicadores compatíveis com o tema pretendido. Para tanto, a eficiência será representada a partir do indicador de produtividade do trabalho, medido em PIB por pessoa empregada, cujos dados foram coletados a partir do *The World Bank Group (2021)*<sup>12</sup>. Já o esforço em digitalização será representado por um conjunto de indicadores norteados a partir dos pilares apresentados na seção anterior.

Os indicadores relacionados à digitalização foram obtidos de 3 bases de dados internacionais principais: *UNESCO Institute for Statistics (UIS)*, *GII INDEX (The Global Innovation Index)*<sup>13</sup> e *TED (The Conference Board Total Economy Database)*<sup>14</sup>.

Para representar o pilar referente à infraestrutura de telecomunicação foram utilizados dois indicadores devido à insuficiência de um único indicador capaz de refletir diretamente essa dimensão. Sendo assim, foram escolhidos dois dos subindicadores do GII Index, o nível de acesso a TICs (TIC INDEX) e o nível de Dispendios em Softwares computacionais (% PIB).

Cabe comentar que o objetivo do GII Index é encontrar métricas e métodos que possam capturar a riqueza e os desdobramentos provenientes da inovação na sociedade, pois a identifica como um fator importante para mover a economia e aumentar sua competitividade. Portanto, para medir a capacidade de inovação dos 131 países ranqueados é feito uma média de outros dois subíndices – *Innovation Input Sub-Index e Innovation Output Sub-Index* – que são constituídos sob 7 pilares, Instituições, Capital Humano e Pesquisa, Infraestrutura, Sofisticação de Mercado, *Business Sophistication*, *Outputs* de Conhecimento e tecnologia e *Outputs* de criatividade. No total dos 7 pilares são considerados 80 indicadores (CORNELL UNIVERSITY/INSEAD/WIPO *et al*, 2020). A

<sup>12</sup> Apesar da medida de pessoal ocupado não refletir a produtividade tão fielmente, por conta da sua associação com efeitos dos ciclos econômicos no mercado de trabalho e políticas sociais, ela é a única disponibilizada amplamente a nível internacional.

<sup>13</sup> Esse index é feito em colaboração com a Cornell University, INSEAD (Institut Européen d'Administration des Affaires), WIPO (The World Intellectual Property Organization) e UN (Agency of the United Nations) e conta com a participação de consultores das instituições CII (Confederation of Indian Industry) e CNI (National Confederation of Industry—Brazil), DATASSAULT SYSTEMES.

<sup>14</sup> Esse conjunto de variáveis é produzido pelo The Conference Board em parceria com a Universidade de Groningen. Algumas estimativas dessa base de dados foram obtidas a partir de outras bases de dados como OCDE (the Organization for Economic Cooperation and Development), IMF (International Monetary Fund), UN e ILO (International Labor Organization) e Comissão Europeia e Instituições nacionais de estatística.

vantagem desse grande índice é o entendimento da natureza horizontal da inovação, isto é, além das medidas tradicionais de pesquisa e publicações científicas, o que tem como consequência uma extensa variedade de subindicadores em sua composição.

A partir dessas considerações, a medida do GII INDEX referente ao acesso a TICs (TIC INDEX) parece adequada para representar as características dos requisitos associados à infraestrutura de comunicação, pois reflete tanto os atributos de acessibilidade quanto de qualidade no uso das TICs. À luz dessa afirmação, convém indicar que o TIC INDEX é um indicador anual ponderado de 5 diferentes medidas, cuja pontuação total varia de 0 a 100. Ele se refere ao número de linhas de telefone fixo por 100 habitantes, número de linhas de celular por 100 habitantes, velocidade de banda larga (bits/s) por usuário, percentual de domicílios com computador e percentual de domicílios com internet.

Já a proxy para uso das TICs está representada pela medida do GII INDEX referente a dispêndios em softwares. Esse indicador refere-se à pontuação dada para ranquear o total de gastos, em porcentagem do PIB, com softwares computacionais. Nesse caso, estão incluídos o valor total de compras ou leasing de pacotes de softwares como sistemas operacionais, base de dados, ferramentas de programação, utilidades e aplicativos. Seus dados são uma combinação de dados reais e estimados, expressos anualmente numa escala de 0 a 100.

Para retratar a mobilização de recursos associados às competências exigidas para incorporação das novas tecnologias, foi utilizado o percentual de graduandos em cursos de Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática (*STEM*) no ensino superior em um dado ano. A utilização desse indicador é uma maneira de contemplar os profissionais formalmente capacitados para aplicar a metodologia *computational thinking* para desenvolver algoritmos de *machine learning*, redes neurais, reconhecimento de padrões, bem como aplicar e manipular ferramentas de tecnologia avançada na produção. Essa métrica está expressa anualmente em percentual do total de graduandos por país.

Por fim, para representar o nível de investimento associado a temática digital, foi utilizado o indicador de capital atrelado a ativos TICs, expresso pela participação do estoque de capital de ativos TICs no PIB. Por exemplo como partes de *hardware* de computadores, equipamentos de telecomunicação e *softwares*. Tal indicador foi extraído da base de dados TED, a qual é composta por uma combinação de dados oficiais e semioficiais referentes a variáveis econômicas como PIB, emprego, produtividade, coletadas anualmente<sup>15</sup> (VRIES, K.; ERUMBAN, A., 2017).

---

<sup>15</sup> Para a maioria dos países da OCDE os dados de investimento em TICs são disponibilizados através das contas nacionais, enquanto para outros é feita uma estimativa usando dados do gasto total em TICs pelos relatórios *The Digital Planet Report on Global ICT spending* do WITSA (World Information Technology and Services Alliance's) ou a partir de dados de comércio.

Desse modo, quatro dimensões principais foram privilegiadas e, para cada uma foi escolhido um indicador, conforme mostra a Tabela 2 abaixo.

**Tabela 2 – Variáveis de esforço de digitalização**

DIMENSÃO	INDICADOR	REPRESENTATIVIDADE
Competências	Proporção de Graduandos em STEM (%)	Disponibilidade de profissionais aptos para trabalhar com TICs/introduzir tecnologias digitais
Acesso	TIC INDEX	Acesso aos bens TICs
Uso	Dispêndios em Software	Intensidade e qualidade de uso
Investimentos	Investimento em bens TICs (% PIB)	Volume de investimentos em tecnologia de comunicação

Fonte: Elaboração própria

É importante mencionar que a escolha dos parâmetros foi limitada pela disponibilidade de dados oficiais para a maior variedade possível de países, em torno do prisma analítico. Outras opções de indicadores, também associados ao assunto, ora estavam disponibilizados apenas para um seletor grupo de países, ora para um período de tempo muito restrito, ou não retratavam devidamente o fenômeno em questão, o que não atendia às necessidades do trabalho. Este foi o caso de indicadores referentes a políticas tecnológicas, cuja participação é crucial para uma transição adequada à economia digital, mas que, em razão da escassez de métricas diretamente associadas ao tema, não foi possível representar.

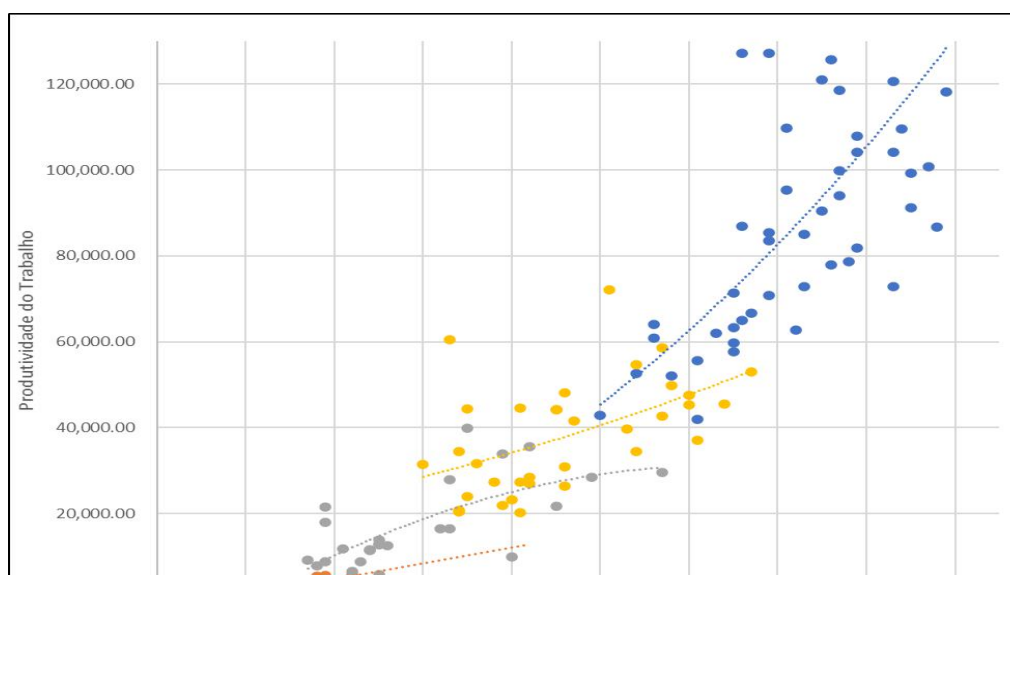
#### **II.4 – Esforços para realizar a digitalização e eficiência: uma análise descritiva**

No intuito de verificar se as relações entre os indicadores escolhidos de esforços em digitalização e a produtividade estão de acordo com os efeitos expostos na seção II.1 e, consequentemente, representam variáveis adequadas a serem aplicadas em um modelo que busque mensurar a relação esforço de digitalização x eficiência, alguns gráficos serão apresentados para ilustrar – isoladamente – a relação pretendida para cada um dos pilares indicados em dois momentos diferentes, 2013 e 2019, a fim de também identificar a presença de alguma mudança ao longo do tempo.

Os Gráficos 4 e 5 associam produtividade do trabalho ao TIC Index (indicador de acesso), por país, agrupados por seu nível de renda (alta, média alta, média baixo e baixa)<sup>16</sup>, para os anos 2013 e 2019, respectivamente. O TIC index, como colocado anteriormente, é um indicador que agrupa cinco submedidas relacionadas ao acesso de bens TICs que está expresso em uma determinada pontuação para cada país.

Nestes gráficos nota-se uma clara relação positiva entre as duas variáveis, em que um aumento do escore TIC index está vinculado a melhores níveis de produtividade. Pode-se dizer também que esse é um padrão constante entre países no tempo, visto que a mesma relação é percebida em dois momentos: 2013 e 2019, ainda que sob diferentes ritmos para os quatro grupos de países.

**Gráfico 4 – Produtividade do Trabalho (PIB por Trabalhador em dólares) x Acesso a TIC (TIC Index) em 2013**



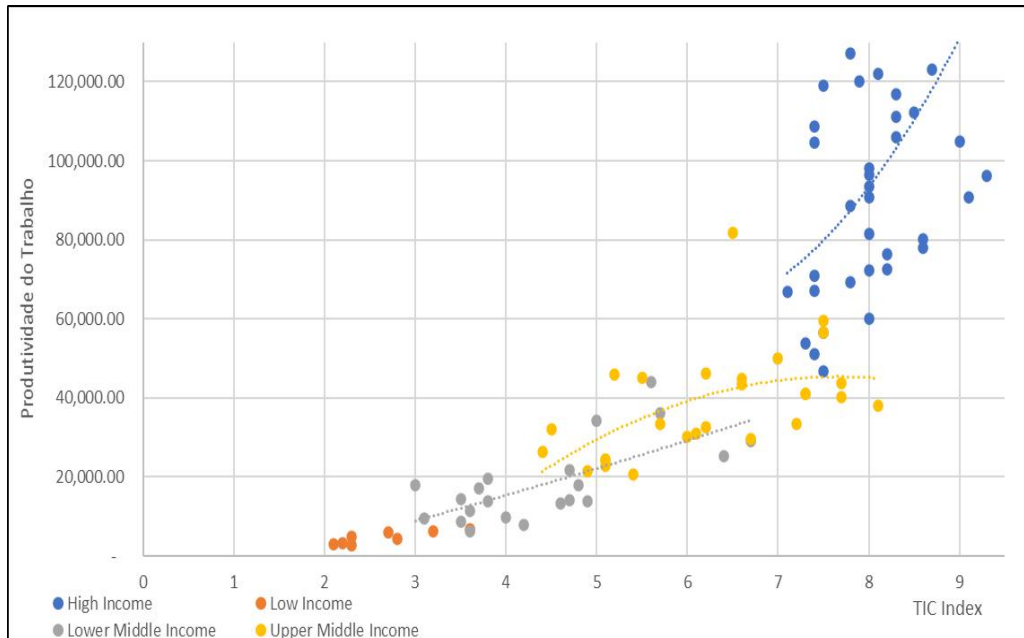
Fonte: Elaboração própria, com dados extraídos do The World Bank data (2021) e GII INDEX

\*Produtividade medida em dólares PPC a preços constantes de 2017

Nota: A classificação usada foi a do Banco Mundial (2020) que segmenta os países de acordo com a Renda Nacional Bruta per capita de 2019, utilizando o *World Bank Atlas method*.

<sup>16</sup> Mesma classificação utilizada para o Gráfico 3 do Capítulo I.

**Gráfico 5- Nível de Produtividade do Trabalho medido PIB por Trabalhador (Em dólares internacionais) X indicador TIC Index no ano de**



Fonte: Elaboração própria, com dados extraídos do The World Bank data (2021) e GII INDEX

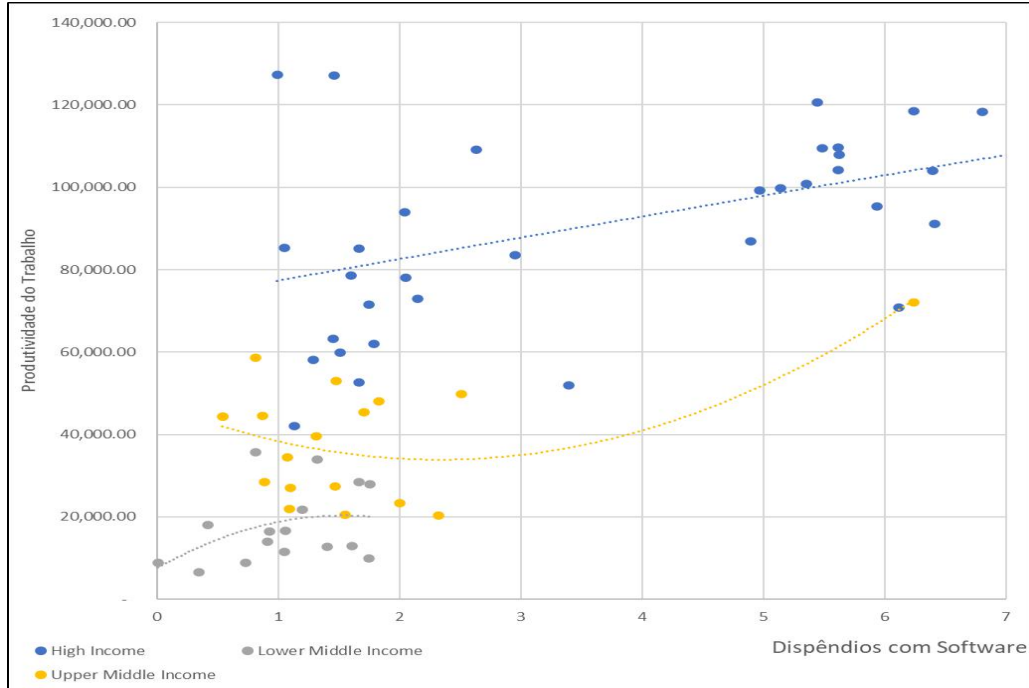
\*Produtividade medida em dólares PPC a preços constantes de 2017

Nota: A classificação usada foi a do Banco Mundial (2020) que segmenta os países de acordo com a Renda Nacional Bruta per capita de 2019, utilizando o *World Bank Atlas method*.

Os Gráficos 6 e 7<sup>17</sup> associam a produtividade do trabalho ao dispêndio em software (indicador de uso), também por país, agrupados conforme seu nível de renda (alta, média alta, média baixo e baixa), para os anos 2013 e 2019, respectivamente. Os resultados dessa representação também demonstram uma relação positiva entre os dois indicadores.

<sup>17</sup> Para efeitos de uniformização dos dados, ambos os indicadores do Índice GII foram analisados na escala de 0 – 10.

**Gráfico 6 – Produtividade do Trabalho (PIB por Trabalhador em dólares) x indicador de Dispendios em Software em 2013**

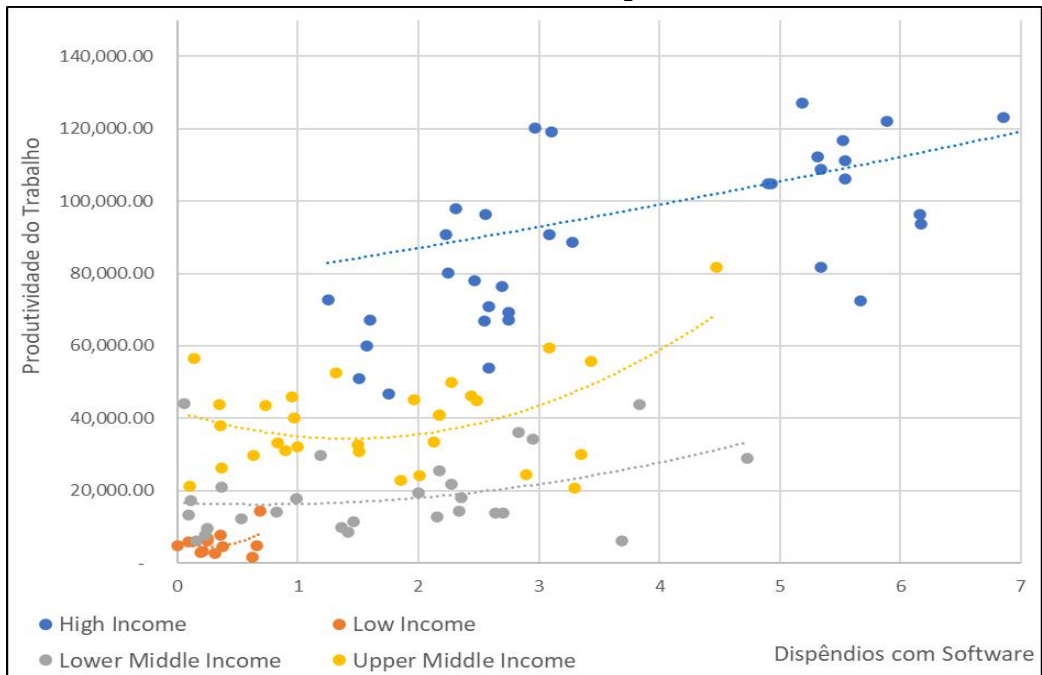


Fonte: Elaboração própria, com dados extraídos do The World Bank data (2021) e GII INDEX

\*Produtividade medida em dólares PPC a preços constantes de 2017

Nota: A classificação usada foi a do Banco Mundial (2020) que segmenta os países de acordo com a Renda Nacional Bruta per capita de 2019, utilizando o *World Bank Atlas method*.

**Gráfico 7 – Produtividade do Trabalho (PIB por Trabalhador em dólares) x**



**Indicador de Dispendios em Software em 2019**



Fonte: Elaboração própria, com dados extraídos do The World Bank data (2021) e GII INDEX

\*Produtividade medida em dólares PPC a preços constantes de 2017

Nota: A classificação usada foi a do Banco Mundial (2020) que segmenta os países de acordo com a

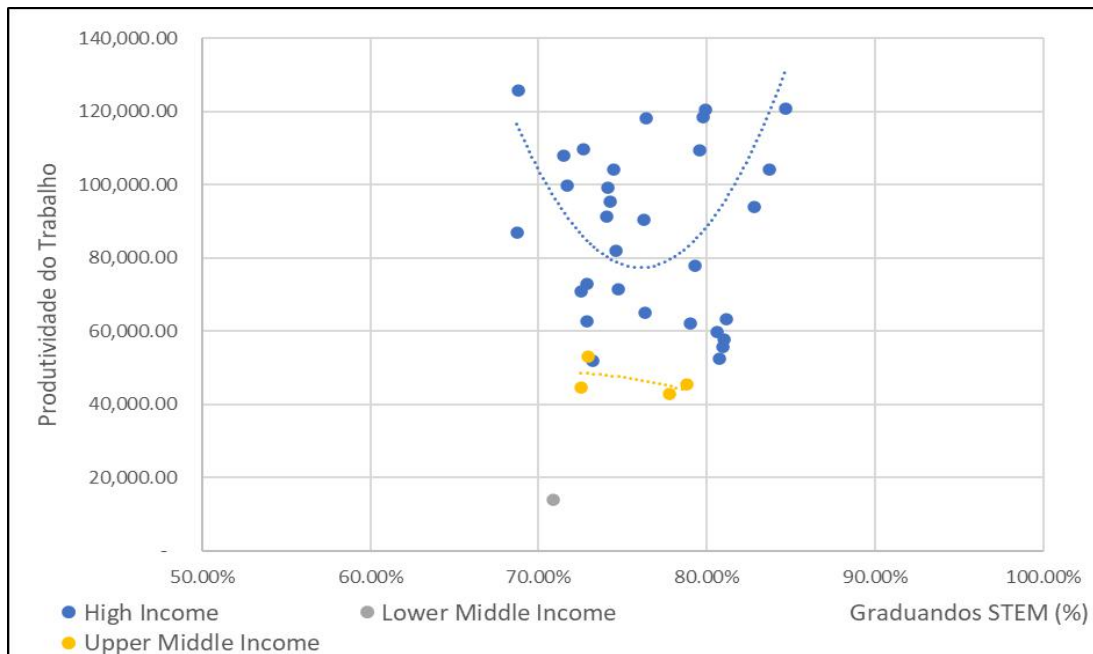
Diferentemente do que seria esperado a partir da correlação teórica, a medida de competências (proporção de graduandos STEM) quando agrupada nos mesmos três grupos de renda, na prática não parece revelar uma relação positiva com a produtividade do trabalho para todos os grupos de países, conforme exposto pelos Gráficos 8 e 9<sup>18</sup>. Os gráficos mostram, inclusive, uma relação inversa para o grupo de países classificados como renda média alta.

No entanto, é importante ressaltar que outros fatores podem estar mediando a relação dessas duas variáveis, já que os efeitos que se pretende identificar na produtividade ocorrerão mediante uma atuação em simultânea de fatores ligados ao digital.

**Gráfico 8 – Produtividade do Trabalho (PIB por Trabalhador em dólares) x  
Proporção de Graduandos em STEM (%) em 2013**

---

<sup>18</sup> Para ambos os anos poucas observações referentes ao grupo de países *Low Income e Lower Middle* estavam disponíveis para essa amostra, o que também pode ter interferido na definição de uma relação mais clara entre as variáveis.

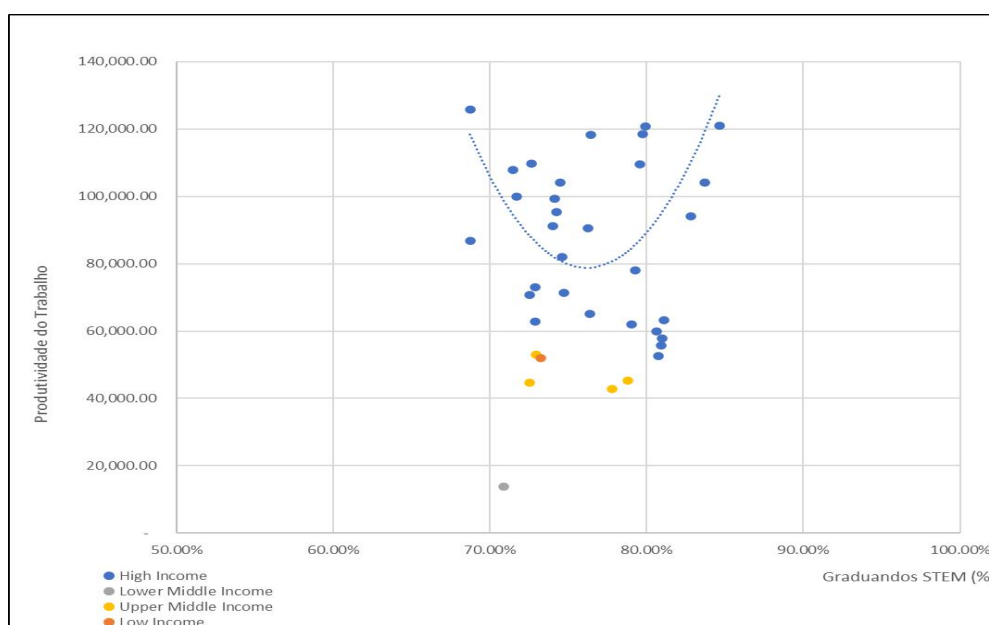


Fonte: Elaboração própria, com dados extraídos do The World Bank data (2021) e UIS

\*Produtividade medida em dólares PPC a preços constantes de 2017

Nota: A classificação usada foi a do Banco Mundial (2020) que segmenta os países de acordo com a Renda Nacional Bruta per capita de 2019, utilizando o *World Bank Atlas method*.

**Gráfico 9 –Produtividade do Trabalho (PIB por Trabalhador em dólares) x Proporção de Graduandos em STEM (%) em 2019**



Fonte: Elaboração própria, com dados extraídos do The World Bank data (2021) e UIS

\*Produtividade medida em dólares PPC a preços constantes de 2017

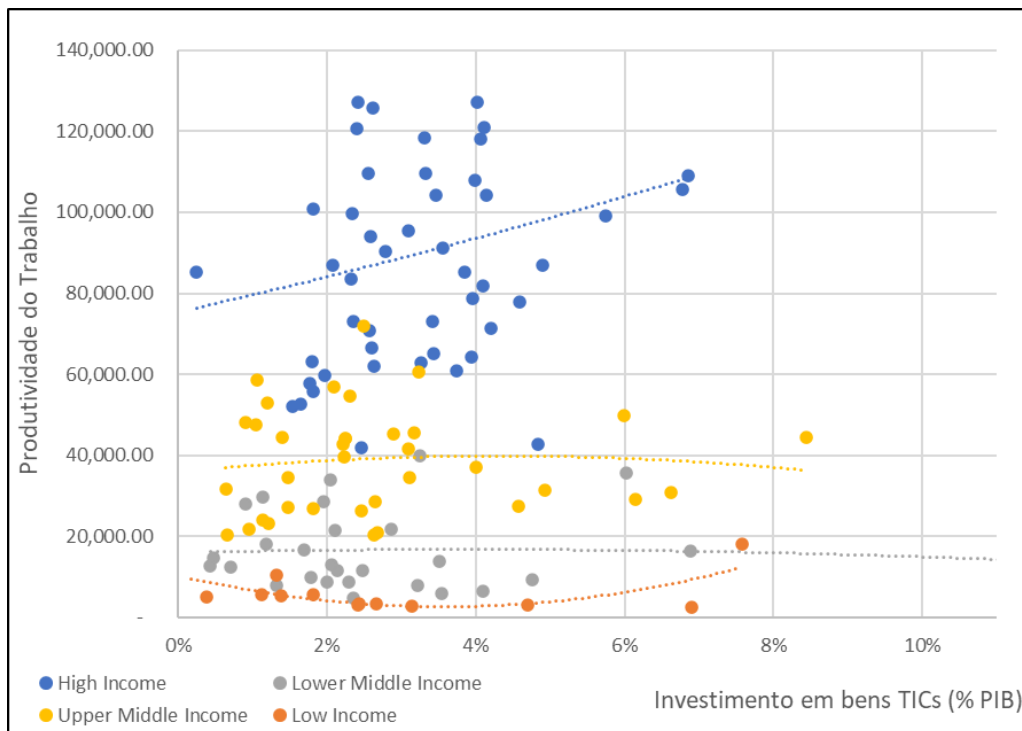
Nota: A classificação usada foi a do Banco Mundial (2020) que segmenta os países de acordo com a Renda Nacional Bruta per capita de 2019, utilizando o *World Bank Atlas method*.

Como apresentado anteriormente, o esforço de investimento associado ao digital foi representado pelo indicador de capital atrelado a ativos TICs. A partir dele pretende-se entender a dinâmica do investimento em TICs pelos países e seu impacto no crescimento ao longo do tempo. Nessa perspectiva, os Gráficos 10 e 11 apesar de não expressarem uma relação tão explícita quanto os demais indicadores da dimensão de Acesso e Uso, também esboçam uma relação positiva entre investimentos em bens TICs e a produtividade<sup>19</sup>. No entanto, vale destacar que apenas para o grupo de países classificados como de baixa renda houve uma mudança na tendência dessa relação de 2013 para 2019, tornando-se negativa com o tempo.

---

<sup>19</sup> Com exceção do grupo de países associados ao tipo de renda média baixa, os quais apresentaram uma relação do tipo linear nos dois anos.

**Gráfico 10 –Produtividade do Trabalho (PIB por Trabalhador em dólares) x indicador Investimento em bens TICs (% PIB) em 2013**



Fonte: Elaboração própria, com dados extraídos do The World Bank data (2021) e TED

\*Produtividade medida em dólares PPC a preços constantes de 2017

Nota: A classificação usada foi a do Banco Mundial (2020) que segmenta os países de acordo com a Renda Nacional Bruta per capita de 2019, utilizando o *World Bank Atlas method*

**Gráfico 11 - Produtividade do Trabalho (PIB por Trabalhador em dólares) x indicador Investimento em bens TICs (% PIB) em 2019**



Fonte: Elaboração própria, com dados extraídos do The World Bank data (2021) e TED

\*Produtividade medida em dólares PPC a preços constantes de 2017

Nota: A classificação usada foi a do Banco Mundial (2020) que segmenta os países de acordo com a Renda Nacional Bruta per capita de 2019, utilizando o *World Bank Atlas method*.

## II.5 – O Modelo econométrico

Apesar de a análise descritiva já demonstrar associações positivas entre a maioria dos indicadores de digitalização e o indicador de eficiência dos países, a determinação de uma relação mais robusta e fidedigna ao objetivo proposto neste trabalho demanda a determinação da influência conjunta dos indicadores propostos sobre a eficiência. Por essa razão, foi utilizado um modelo econométrico para representar o impacto do engajamento dos esforços requeridos, simultaneamente, para implementar as novas tecnologias, sobre a produtividade do trabalho de países.

Portanto, a partir dos pilares apresentados para a introdução das tecnologias digitais e das relações positivas expostas graficamente entre cada um dos indicadores *proxy* das esferas de esforço, foi proposta a seguinte relação econométrica:

$$\log (Pdv)_{it} = \beta_1 \log (Fbkf)_{it-2} + \beta_2 \log (TICi)_{it} + \beta_3 Gstw_{it} + \beta_4 Kict_{it} + \beta_5 Stem_{it} + \mu_i + \lambda_t + u_{it}$$

Onde:

- $Pdv$  é a produtividade por trabalhador do país  $i$  no ano  $t$ ;
- $Fbkf_{it-2}$  é uma variável controle defasada em dois períodos, que indica o nível de formação bruta de capital fixo no país  $i$  e ano  $t-2$ ;
- $TICi$  é o índice TIC para o país  $i$  e ano  $t$ ;
- $Kict$  é a participação do investimento em TICs sobre o PIB do país  $i$  e ano  $t$ ;
- $Gstw$  é o índice de Dispêndios em Softwares do país  $i$  e ano  $t$ ;
- $Stem$  é o percentual de alunos graduandos de Ensino Superior em disciplinas de *STEM* do país  $i$  e ano  $t$ ;
- $\mu_i$  é o efeito-fixo de país,
- $\lambda_t$  é o efeito fixo de ano;
- $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5$  são parâmetros a serem estimados, e  $u_{it}$  é o termo de erro do país  $i$  no ano  $t$ .

O método utilizado para calcular os efeitos médios do esforço para digitalização na produtividade do trabalho - mediante uma avaliação a nível país e ano - foi um modelo de Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) com dados em painel e controle por efeitos fixos. A justificativa para o uso do método MQO com controle por efeitos fixos é controlar a endogeneidade por características específicas, não observadas de cada país e que permaneçam constantes ao longo do tempo (WOOLDRIDGE, 2018). Assim sendo, qualquer tipo de histórico de desenvolvimento tecnológico que viesse a confundir a natureza do país com possíveis efeitos da digitalização sobre eficiência – como por exemplo uma economia fortemente inovadora em que tal padrão pudesse provocar uma

maior capacitação de suas firmas em relação à digitalização - ou ainda efeitos oriundos de ciclos econômicos que afetassem conjuntamente os países, são isolados.

Como a relação causal proposta trata de uma transformação cujos resultados se dão gradualmente e o período tratado é curto, é factível assumir que não ocorram mudanças disruptivas nesse espaço de tempo e que padrões de especialização se mantenham constantes. Por isso, adicionar uma variável binária para cada país e ano do período contemplado no modelo é uma estratégia interessante para controlar o viés das estimativas advindos de possíveis variáveis omitidas que variem entre países, mas sejam constantes no tempo<sup>20</sup>.

Além disso, na tentativa de capturar isoladamente os efeitos do espectro de forças necessárias à digitalização na produtividade, foi adicionado um controle por outro fator que fundamentalmente afeta a produtividade devido seu alto grau de externalidades positivas, o estoque de capital físico. Essa variável está representada pelo indicador de percentual de formação bruta de capital fixo doméstico em relação ao PIB, e inclui o investimento em instalações fabris e maquinário, compras de equipamento, construção de ferrovias, rodovias e edificações administrativas, residenciais e de hospitais e de escolas<sup>21</sup>.

O papel desse controle está diretamente associado à produtividade posto que uma infraestrutura adequada, afeta a eficiência de diversos setores econômicos, reduzindo custos de transação, facilitando o fluxo de bens, pessoas e contribuindo para uma maior integração às cadeias de comércio internacional (OCDE, 2020). É concebível presumir que uma economia sem aeroportos, com rodovias ou portos de baixa qualidade, terá seu processo produtivo negativamente afetado mediante um provável aumento dos custos de produção, demora nas entregas, etc. Isso pode ocorrer sobretudo, em um momento em que as plataformas digitais cada vez mais fortalecem o comércio eletrônico. Portanto, uma infraestrutura de transporte e logística apropriada pode aumentar a competitividade das empresas e fortalecer mercados nacionais, especialmente para PMEs que dependem mais de serviços logísticos externos.

Cabe comentar ainda, que o uso dessa variável de controle é uma forma de melhorar a robustez da modelagem, uma vez que se reconhece que a produtividade é também influenciada por outros fatores. Sendo assim, o uso desse controle através de uma variável observada não deve ser interpretado como um comparativo entre os efeitos para a digitalização e o investimento em capital fixo.

---

<sup>20</sup> Apesar do método de controle por efeitos fixos ser também utilizado nos estudos de Evangelista *et al* (2016), Corrado *et al.* (2021), Solomon.e Klyton (2020), Gal *et al.* (2019) para exprimir a relação entre digitalização e produtividade, as variáveis utilizadas no modelo proposto se diferenciam das demais análises econométricas presentes na literatura.

<sup>21</sup> Seus dados foram obtidos do The World Bank data (2021)

Por fim, a utilização do artifício da defasagem temporal nessa variável pretende respeitar a natureza dos efeitos dos investimentos de infraestrutura na expansão da capacidade produtiva, os quais possuem um intervalo de tempo para revelar seus potenciais produtivos. Dessa forma, o uso da variável defasada atende às necessidades do modelo incorporando seu efeito de transformação ao longo do tempo.

As estatísticas descritivas de cada variável utilizada neste estudo encontram-se na Tabela do Anexo A, no fim deste trabalho.

### III – PRODUTIVIDADE E ESFORÇOS EM DIGITALIZAÇÃO: UMA ANÁLISE ECONOMÉTRICA

O objetivo do capítulo é demonstrar, a partir da aplicação econométrica, a relação entre produtividade e os esforços direcionados para introduzir as tecnologias digitais. Ao mesmo tempo, seus resultados abrem espaço para se discutir a possibilidade dessas tecnologias serem ou não anunciadas como janelas de oportunidade de *catching-up*.

#### III.1 – Análise dos Resultados

Para averiguar a existência de impacto econômico das variáveis utilizadas como aproximação a uma economia digitalizada, espera-se obter um coeficiente positivo e estatisticamente significativo para todos os fatores elencados na Seção II.1 como chaves para introduzir as tecnologias digitais.

A Tabela 3 apresenta o resultado da regressão<sup>22</sup>, que avalia o efeito médio das variáveis de esforço sobre a produtividade do trabalho, utilizando-se o método de MQO com efeitos fixos<sup>23</sup>.

---

<sup>22</sup> Apesar da experimentação de modelos com outras variáveis referentes ao tema terem sido utilizadas, somente essa equação reuniu os elementos que melhor se alinhavam com o objetivo da pesquisa.

<sup>23</sup> Para controlar o efeito de heterocedasticidade, o erro padrão dos coeficientes foi calculado utilizando o estimador de White.



**Tabela 3- Efeito Médio das Variáveis de Esforço Digital sobre a Produtividade do Trabalho**

VARIÁVEL	PIB / Trabalhador
FBKF	0.0881784 (0.0444826) *
Tic Index	0.2102411 (0.0871351) *
Dispêndios em Software	0.0011850 (0.0051001)
Graduandos STEM	0.1361298 (0.0631669) *
Investimento em TICs	1.1763182 (0.5927680) *
Número de países	90
Efeito fixo de país e tempo	Sim
Controle	Sim

Erro-padrão entre parênteses  
 \*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1  
 Fonte: Elaboração própria

Os resultados encontrados nas Tabela 3 indicam que, para o período de 2013 a 2019, o nível de acesso a bens TICs, o percentual de investimentos em bens TICs e o percentual de pessoal formado em STEM tiveram uma contribuição positiva para a produtividade do conjunto de países do painel. Tudo mais constante essas contribuições são equivalentes a aumentos, em média, de 0,21%, 1,18%, 0,14%, respectivamente, na produtividade a um nível de significância de 10%.

Já os dispêndios em softwares computacionais, apesar de expressar uma correlação positiva, não demonstraram um impacto estatisticamente significativo no nível de PIB por trabalhador. Em razão disso, nada se pode afirmar acerca da relação entre essas duas variáveis, e conseqüentemente suas aplicações não podem ser levadas em consideração para corroborar com a visão pretendida, exigindo a realização de novos estudos com um conjunto mais amplo de variáveis para representar o uso de TICs.

Apesar das limitações inerentes a esse tipo de estudo, desses resultados se pode extrair uma relação causal entre produtividade e a maior parte dos indicadores de esforços de digitalização. Conclui-se, então, que a regressão utilizada pode ser considerada adequada para

testar a hipótese desejada. Logo, este estudo também confirma as evidências teóricas e empíricas expostas anteriormente sobre a contribuição positiva dos esforços em digitalização para a eficiência econômica de nações.

Sendo assim, parece possível deduzir que a incorporação das tecnologias digitais nas economias é um potencial instrumento para alavancar a produtividade de países. Tal conclusão está em linha com os resultados obtidos pelos estudos econométricos de Gal *et al.* (2019), Evangelista *et al.* (2014), Solomon e Klyton (2020), Aly (2020) que revelaram contribuições positivas, tanto a nível da firma quanto a nível agregado, do uso das tecnologias digitais sobre diversas variáveis econômicas.

Além disso, aparentemente se pode argumentar que esses resultados positivos serão tão mais proveitosos quanto mais sofisticado em termos de acesso a TICs e/ou pessoal qualificado e/ou investimento em TICs os países forem. Portanto, vale questionar se uma estratégia para aceleração da produtividade agregada baseada no uso dessas tecnologias pode repercutir em outros aspectos do desenvolvimento econômico, além da produtividade.

Por fim, vale destacar ainda que o objetivo dessa análise não é reforçar as especificidades de cada país, mas tentar ressaltar os requisitos que sejam comuns a qualquer economia. Por isso pode-se dizer que os efeitos indicados pelo modelo econométrico estão baseados numa “fórmula” geral, sendo previsível que trabalhos posteriores orientados a um país específico ou a nível da firma, poderão apresentar respostas diferentes em razão das circunstâncias históricas, de política econômica, composição setorial, nível de renda etc. A próxima seção traz algumas reflexões nessa direção.

### **III.2 – Reflexões sobre as tecnologias digitais: desafios e oportunidades**

Todas as ondas de mudança tecnológica, desde a Primeira Revolução Industrial à Era das TICs, vieram acompanhadas de progressos, mas também de aprofundamento das desigualdades entre países, ampliando suas disparidades em relação ao acesso a produtos, serviços sociais e bens públicos nos mais diversos setores da sociedade (UNCTAD, 2021). Para entender se essa nova etapa da dita Revolução Digital seguirá essa mesma tendência, é necessário qualificar alguns pontos da dinâmica produtiva internacional.

Segundo ECLAC (2021), prevalece um entendimento de que países mais produtivos são aqueles com uma base tecnológica e de conhecimento bem desenvolvida, com parte

significativa da sua força de trabalho localizada em setores de maior valor agregado e, portanto, com maior competitividade internacional. Por outro lado, países como os latino-americanos possuem uma estrutura produtiva pouco diversificada, baseada principalmente em produtos menos intensivos em capital e com mão de obra pouco qualificada. Esse padrão produtivo fortemente baseado em atividades intensivas em trabalho ou em recursos naturais, além de resultar em uma produção concentrada em setores de baixo valor agregado, com a concentração das exportações em recursos menos intensivos em conteúdo tecnológico, opera com poucos encadeamentos com o resto da estrutura produtiva e limita as potencialidades em termos de *spillovers* tecnológicos e construção de capacidades.

Tal condição prescreveu um histórico de crescimento do nível da atividade econômica fortemente associado ao crescimento da População Economicamente Ativa (PEA) e dependente de um bom desempenho da economia internacional. Esse contexto condiciona os países à uma maior predisposição a vulnerabilidades externas por conta da iminente perspectiva de deterioração dos termos de troca, tese histórica da CEPAL, revista e atualizada recentemente (ANDREONI; ANZOLIN, 2019; ANDREONI; CHANG; LABRUNIE, 2021). Tais circunstâncias ilustram algumas das razões para o baixo crescimento da produtividade do trabalho na América Latina e Caribe desde 1950, cujo desempenho quando comparado ao das economias desenvolvidas revela um *gap* de produtividade crescente e elevado<sup>24</sup> (OCDE, 2020).

Outra característica, que é comum a maioria dos países em desenvolvimento, e também pode explicar esse distanciamento, é a heterogeneidade estrutural, isto é a ampla variação de produtividade laboral entre os setores produtivos de uma mesma economia ou dentro do mesmo setor. Existem regiões em que há também uma considerável heterogeneidade de produtividade por tamanho de empresa, como é o caso da América Latina em que a produtividade das suas micro, pequenas e médias empresas em 2016 foi de respectivamente de 6%, 23% e 46% das grandes empresas. Em contrapartida, para o mesmo período na União Europeia os valores observados para as micro, pequenas e médias corresponderam a 42%, 58% 76% da produtividade das grandes (OCDE, 2020, p.97).

Países com um quadro de heterogeneidade estrutural acentuado geralmente estão condicionados a contextos de maiores desigualdades de renda, pois tal padrão heterogêneo influencia na distribuição desigual de renda, gerando, portanto, condições tecnológicas e de

---

<sup>24</sup> Quando comparada ao resto do mundo, essa mesma região apresenta desde os anos 60 uma queda de produtividade do trabalho (OCDE, 2020).

remuneração assimétricas entre os distintos segmentos econômicos e sociais. Ainda, países muito desiguais tendem a ter taxas de crescimento menores, já que automaticamente se configuram obstáculos para que empresas e pessoas de renda mais baixa possam adquirir competências e ativos necessários para contribuir com o desenvolvimento econômico, e assim reduzindo o crescimento (OCDE, 2014b *apud* UNCTAD, 2021; GELOSO, 2019 *apud* UNCTAD, 2021). Dessa forma, esse mesmo padrão heterogêneo dificulta a construção de um “estoque” amplo suficiente de conhecimento específico para realizar a transição para uma nova geração de tecnologias (IEL/CNI *et al* 2017). Sob esse prisma, é válido pontuar quanto à existência de estudos que indicam que setores com uma maior tendência para a ampliação da dispersão de produtividade entre as empresas, possivelmente irão experimentar um fraco crescimento da produtividade a nível agregado (ANDREWS; CRISCUOLO; GAL, 2016).

A partir dessas considerações, vale refletir sobre as proposições de algumas instituições internacionais de apresentar essa nova etapa do digital como uma janela de oportunidade para o encolhimento de gaps estruturais resultantes do processo de desenvolvimento dos países, especialmente entre os menos desenvolvidos. Segundo CEPAL (2016 *apud* OCDE, 2020), as novas tecnologias digitais podem contribuir para reduzir a brecha entre os países da América Latina e Caribe para com o resto do mundo, quando implementadas com um acompanhamento de políticas adequadas. Isso se justifica por conta dos ganhos produtividade oferecidos por essas tecnologias, aumentando assim a competitividade dessas economias. Ainda nessa perspectiva, ELAC (2018) apresentou que o momento atual de expansão das TICs, e de forte interconexão a nível mundial, oferece grandes oportunidades para acelerar o progresso humano, superar a brecha digital e desenvolver as sociedades de conhecimento

No entanto, tal proposição requer uma reflexão cautelosa na medida em que a digitalização, como colocado no Capítulo I, pode sinalizar um alerta para economias mais frágeis, já que ela também pode estar vinculada a um efeito multiplicador “negativo” das assimetrias locais. Em outras palavras, economias com uma estrutura produtiva tradicionalmente heterogênea, o que por sua vez, já se constituiu como um obstáculo para a ampla difusão de inovações, quando expostas à possibilidade de introdução de tecnologias digitais podem ter essa condição reafirmada, posicionando as firmas mais produtivas em patamares ainda mais difíceis de serem contestados.

Além disso, é de se esperar que a disrupção provocada por novas tecnologias também seja experimentada de maneira desigual pelos países. Isso porque economias tradicionalmente

mais produtivas - ou que sejam grandes produtoras de tecnologia - já possuem uma tradição de geração de capacidades, justamente por terem acesso a mais recursos, com uma maior capacidade de realizar investimentos em P&D, aperfeiçoar os sistemas de TI, implementar políticas e possuírem uma estrutura industrial mais desenvolvida.

Nesse sentido pode-se propor, alternativamente, que países desenvolvidos estariam mais propícios a “largarem” e se manterem à frente no que diz respeito às condições, indicadas no Capítulo 2, para implementação dessas tecnologias, justamente por disporem de mais recursos para atração de capitais e profissionais qualificados. A fim de refletir essa proposição, a seguir serão apresentadas algumas das nuances dessas disparidades no contexto internacional.

A Tabela 4 demonstra a média do percentual anual da população com acesso a rede móvel 4G para 2020, por região. Percebe-se que, mesmo nos dias de hoje, existe desigualdade em relação ao nível de acesso à internet entre os países. Tal constatação também se revela quando analisado o custo do uso de dados para banda larga móvel entre países. Por exemplo, em economias de alta renda o preço mensal de 1.5GB de velocidade de conexão está em média abaixo de 2% da RNB per capita, enquanto em economias de renda média, esses valores variam entre 5 a 10% da RNB per capita, e nos de baixa renda essa proporção pode chegar a mais de 20% da RNB per capita. Essas diferenças, em muitos casos, atuam como barreiras de restrição ao acesso de uma base de infraestrutura TIC adequada (ITU, 2019 apud UNCTAD, 2021).

**Tabela 4 - Percentual anual médio da População com cobertura de rede móvel 4G em 2020**

<b>Região</b>	<b>2020</b>
América do Norte	99.7%
Europa & Ásia Central	97.4%
Oriente Médio & África do Norte	90.5%

Ásia oriental & Ásia - Pacífico	88.1%
América Latina & Caribe	80.4%
Sul Asiático	80.7%
África Subsariana	58.3%

Fonte: Elaboração própria com dados de ITU, World Telecommunication/ICT Indicators (2021)

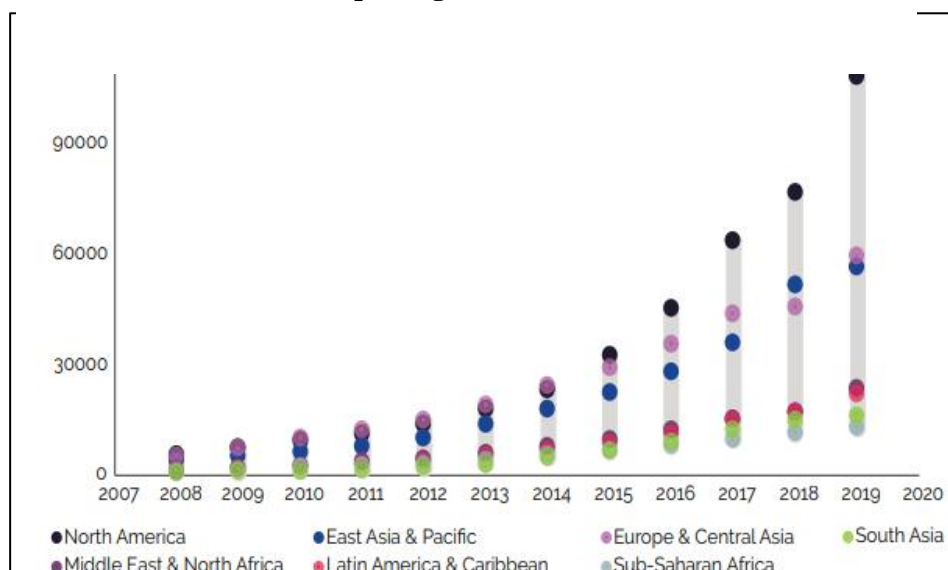
Nota: Os dados referentes a classificação por continente foram obtidos pelo Banco Mundial (2020)

\*Os Dados anuais de cada região foram calculados a partir da média do % da população para cada país

O Gráfico 12 - referente à velocidade média de *download* de redes de banda larga fixa, por região, para o período de 2007 a 2019 – sinaliza algumas das assimetrias associadas à qualidade de conexão entre os países. Os dados do gráfico sugerem que cada vez mais as velocidades de internet de países do Sul Asiático, América Latina e África Subsariana estão abaixo das demais regiões, como por exemplo da Europa, Oriente Médio, África do Norte, Ásia Oriental, Ásia Pacífico e, especialmente da América do Norte.

Tais diferenças configuram-se como entraves à construção de uma rede de infraestrutura TICs, à atração de empresas e à prestação de serviços digitais, especialmente para aqueles empreendimentos que envolvem ferramentas de produção baseadas em IOT, as quais dependem de redes de internet com alto grau de confiabilidade e de velocidade. Essa condição tende a se agravar à medida que cada vez mais tecnologias baseadas em conexão à internet são difundidas, ameaçando ainda mais países ou empresas defasadas quanto aspectos relacionados à conectividade (WEF *et al*, 2018).

**Gráfico12 -Velocidade média de download (em kbps) de redes de banda larga fixa por região - 2007 a 2019**



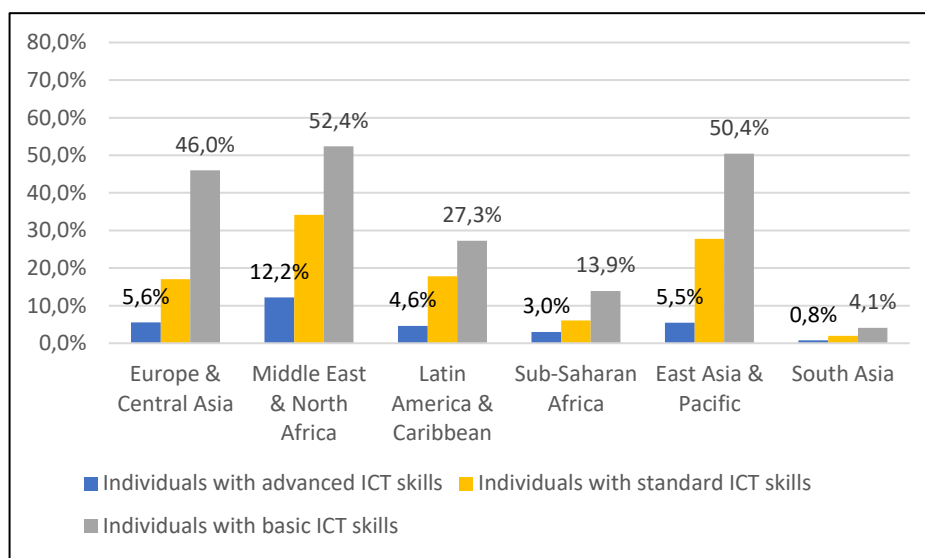
Fonte: ECLAC *et al* (2020).

Nota: 1 kilobits por segundo (kpbs) = 100Mbits

Outro

indício de um possível desalinhamento está na escassez de oferta de profissionais aptos a trabalhar com essas tecnologias. Segundo dados da OCDE (2017), no ano de 2012, até mesmo países considerados ricos estavam com dificuldades para desenvolver as devidas competências para essa nova etapa digital. Dentro desse contexto estão economias como a da Áustria, Coreia, Estônia, Eslováquia, Irlanda e Polônia, que possuíam um percentual de pessoas com alto nível de *skills* exigidas para as TICs abaixo de 5%. Além disso, apenas 6% das pessoas, dentre todos os países da OCDE, possuíam um nível alto de *skills* necessárias às TICs segundo dados desse mesmo ano.

O Gráfico 13 apresenta a média do percentual de pessoas agrupadas de acordo com o nível de competências TICs para o ano de 2019. Vale ressaltar que a proporção de pessoas com as chamadas competências avançadas ligadas às TICs ainda permanece muito abaixo do nível de pessoas com as competências básicas para as mais diversas regiões. Essa evidência parece corroborar as exposições apontadas no capítulo 1 sobre a baixa velocidade de difusão dessas novas tecnologias tanto em países ricos quanto nos de menor renda.

**Gráfico 13 - Proporção de pessoas, por região, segundo skills em TICs -2019**

Fonte: Elaboração própria com dados de ITU, World Telecommunication/ICT Indicators (2021)

Nota: Classificação por região segundo o Banco Mundial (2020)

Todos

esses pontos sugerem que alguns países não só terão mais dificuldade em adquirir essas novas tecnologias, mas também em adaptá-las a sua estrutura produtiva, a qual, provavelmente não será capaz de acompanhar as da fronteira internacional. Sendo assim, uma propagação mais eficaz dessas tecnologias em países já mais desenvolvidos pode fazer com que esses se distanciem ainda mais daqueles menos industrializados, ampliando o *gap* tecnológico entre eles.

Na tentativa de melhor refletir e argumentar sobre os efeitos da digitalização<sup>25</sup> na brecha de produtividade do trabalho entre os países, o Gráfico 14 apresenta a evolução do *gap* de produtividade e do *gap* dos investimentos em TICs, no período de 1991 a 2019, para mais de cem países classificados segundo a segmentação de renda alta e baixa<sup>26</sup>.

Para calcular o efeito do *gap* produtivo entre as categorias de renda, foi estabelecida uma razão entre a média da produtividade do trabalho dos países ricos em relação à média daqueles classificados como de baixa renda, para cada um dos anos analisados. Esse mesmo cálculo foi utilizado para capturar o efeito do distanciamento entre os investimentos em TICs sobre o PIB, entre cada um dos grupos de renda ao longo do mesmo período. Em seguida,

<sup>25</sup> Para efeitos de sintetização e pela disponibilidade de dados, a digitalização, exclusivamente para essa relação, será representada apenas pela dimensão de investimentos, através do indicador de Investimento em Bens TICs como porcentagem do PIB.

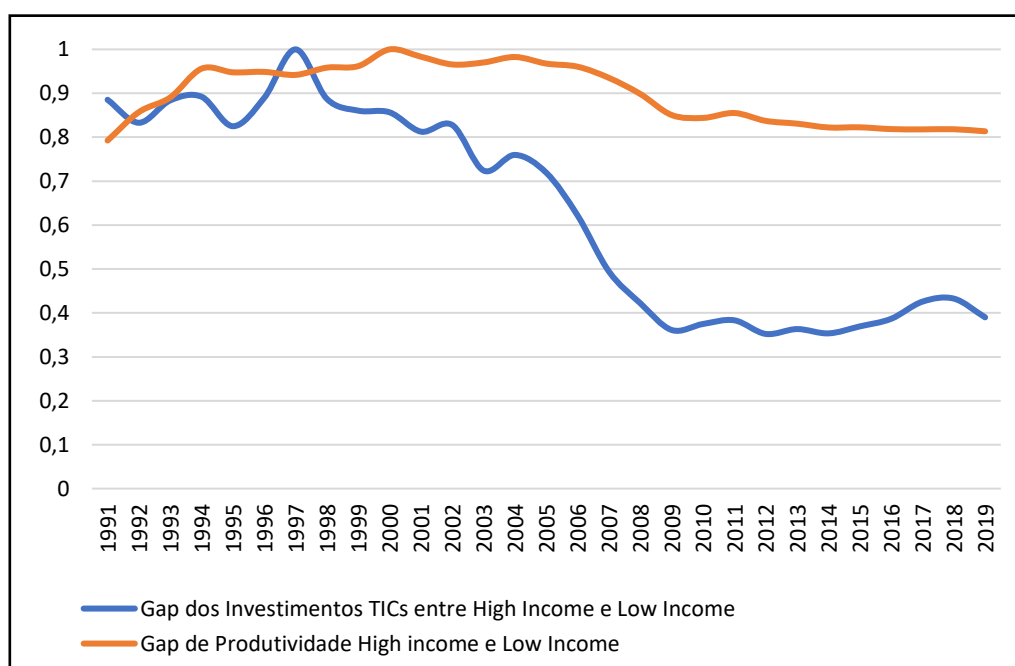
<sup>26</sup> Mesma categorização de países usadas para os demais gráficos do trabalho, segundo os dados do Banco Mundial (2020).



ambos os dados foram padronizados para efeitos de compatibilização de escalas, a fim de auxiliar na melhor visualização da variabilidade de resultados entre os indicadores encontrados.

Dessa forma, quanto mais próximo de 1 o valor do eixo, pode-se dizer que maior está a produtividade – ou investimento em TIC - da classe alta em relação a da classe baixa – ou ambas as variáveis da classe inferior seriam menores comparativamente - e, portanto, haveria um aumento da brecha entre elas.

**Gráfico 14 - Evolução do gap de produtividade e de Investimento TICs para países de renda alta e baixa de 1991-2019**



Fonte: Elaboração própria do The World Bank data (2021) e TED

Nota: Produtividade expressa em PIB por Trabalhador em dólares PPC a preços constantes de 2017

O Gráfico 14 informa que a brecha de produtividade entre os dois grupos apresentou uma leve redução a partir dos anos 2000. Em contrapartida, no que se refere a variável de Investimento em TIC, para o mesmo período, houve um significativo encurtamento desse *gap*.

Nesse sentido, pode-se dizer que quando observado um recorte das últimas décadas para as duas categorias - opostas - de economias houve uma redução do hiato de digitalização, o que também pode ser interpretado, como um aumento relativo da digitalização nos países de baixa renda, tal como sugerido pelas evidências de expansão da digital anteriormente citadas no Capítulo I. Entretanto, esse aparente movimento de se aproveitar janelas de oportunidades em relação às TICs não veio acompanhado de uma redução proporcional na brecha de produtividade entre esses grupos de países, conforme seria esperado a partir dos resultados apresentados ao longo desse trabalho.

Diante dessas considerações, é cabível assumir que apesar do modelo econométrico oferecer uma certa robustez para garantir que a associação entre digital e produtividade seja positiva, a pequena redução da brecha produtiva entre esses países em específico encontrada - vis à vis a uma análise em termos relativos - parece ter se dado por razões alheias ao digital. Tal colocação não deve anular as conclusões obtidas com o estudo econométrico, na medida em que o mesmo não se propôs a apontar que os efeitos da digitalização fossem necessariamente superiores ou mais importantes que de outras variáveis relevantes para a produtividade.

Finalmente, ainda que essa análise não seja suficiente para delimitar os elementos causadores da variação da brecha produtiva, ela levanta algumas especulações que não parecem corroborar a proposição de a digitalização constituir, necessariamente, uma janela de oportunidade para mudança dos padrões de desenvolvimento. Porque a expansão do digital, para o escopo de países analisados, não se mostrou associada a mudanças significativas em termos de brechas produtivas.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho se dispôs a identificar os efeitos associados aos esforços de digitalização sobre a produtividade de países. Para representar a complexa dinâmica associada à transformação digital, uma gama de indicadores referentes a esse processo foi utilizada. Ao analisar isoladamente os efeitos destes indicadores sobre a medida de eficiência – a nível país - verificou-se uma relação positiva no tempo tanto para os grupos de países observados, quanto para maioria dos indicadores utilizados.

Para representar o efeito conjunto desses indicadores – mediados por outros fatores vinculadas à digitalização - utilizou-se um modelo econométrico. Os resultados do modelo também apresentaram uma relação positiva e estatisticamente significativa entre a produtividade e os pilares de esforço associados ao acesso a TICs, investimento em TICs e competências. Dessa forma, pôde-se comprovar que as fundamentações expostas sobre o papel da maioria dos condicionantes escolhidos para a digitalização teriam impacto na produtividade, e que provavelmente, a incorporação das tecnologias digitais também deverá afetar positivamente a produtividade.

No entanto, cabe ressaltar que em estudos futuros se faz necessário analisar mais profundamente esta relação, para lograr a redução dos limites identificados deste estudo, sobretudo no que diz respeito à qualidade e cobertura das bases de dados disponíveis. Nesse sentido, é prudente rever a disponibilidade de métricas que melhor representem as condições de implementação dessas tecnologias, a cobertura temporal utilizada e incluir medidas sobre políticas governamentais.

Diante desses resultados, se propõe que a digitalização pode se revelar como uma possibilidade de oferecer “fôlego” para as economias retomarem seus níveis de crescimento de produtividade, mas, quando observado em uma perspectiva comparada ao longo dos últimos anos, essa potencialidade parece estar sendo ocultada por outros fatores que também afetam a produtividade do trabalho agregada. Esse fato se justifica a partir da verificação de uma redução pouco expressiva do hiato produtivo entre os dois extremos de grupos de países diante de um contexto de evidências positivas sobre o desenvolvimento digital nos países de menor renda relativa.

Por conta disso, é cabível assumir que existem outros importantes elementos mediando o processo de alavancagem da produtividade. Portanto, tais circunstâncias sugerem que o

fenômeno de digitalização por si só, não é suficiente para se apresentar como uma estratégia isolada para sustentar um processo de *catching-up*. Tal inferência pode, também, ser um provável resultado do contexto atual de fortes assimetrias em relação aos requisitos principais de sua implementação, da dificuldade de difusão dessas novas tecnologias e do risco de acentuação das disparidades intra-país já existentes que essas novas tecnologias podem estar vinculadas.

A partir dessas reflexões cabe destacar que o reconhecimento do uso das tecnologias digitais como uma estratégia sustentável de impulsionar a produtividade a nível agregado depende, prioritariamente, da difusão digital para o máximo de setores possível, ou pelo menos para os setores de maior peso na economia, e assegurar o uso efetivo destas tecnologias para que elas possam contribuir para a produtividade agregada pelo efeito composição. Portanto, deve ser do interesse nacional a adoção de uma agenda digital para coordenar e promover programas que foquem tanto a entrada de novas firmas, ou o crescimento daquelas que sejam geradoras e difusoras de inovação, quanto a implementação dessas tecnologias em empresas já estabelecidas, principalmente aquelas que se encontrem tecnologicamente mais defasadas. No entanto, é importante que essa agenda digital faça parte de uma estratégia nacional baseada em uma iniciativa sólida - e de longo prazo - que também considere desenvolver os condicionantes exigidos por essa nova economia digital, os quais, ironicamente, parecem estar operando como empecilhos aos canais de difusão tecnológica.

## REFERÊNCIAS

Advisory Services LLC, T. (2017). **Hacia la transformación digital de América Latina y el Caribe: El Observatorio CAF del Ecosistema Digital**. Caracas: CAF, 2017.

ALY, H. Digital transformation, development and productivity in developing countries: is artificial intelligence a curse or a blessing? **Review of Economics and Political Science**, p 1-19, Apr. 2020 DOI: 10.1108/REPS-11-2019-0145. Acesso em: 27 out. 2021.

ANDREONI, A.; ANZOLIN, G. A revolution in the making? Challenges and opportunities of digital production technologies for developing countries. **UNIDO Inclusive and Sustainable Industrial Development Working Paper Series**, n. 7, p. 1-71, 2019, Vienna. Disponível em: <https://www.unido.org/api/opentext/documents/download/16423347/unido-file-16423347>. Acesso em: 27 out. 2021.

ANDREONI, A.; CHANG, H.; LABRUNIE, M. Natura Non Facit Saltus: Challenges and Opportunities for Digital Industrialisation Across Developing Countries. **The European Journal of Development Research**, Res 33, p. 1- 41, mar. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1057/s41287-020-00355-z>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1057%2Fs41287-020-00355-z>. Acesso em: 27 out. 2021.

ANDREWS, D.; CRISCUOLO C.; GAL, P. N. The Best versus the Rest: The Global Productivity Slowdown, Divergence across Firms and the Role of Public Policy. **OECD Productivity Working Papers**, n. 5, p.1-77, nov. 2016, Paris. Disponível em: [https://www.oecd-ilibrary.org/economics/the-best-versus-the-rest\\_63629cc9-en](https://www.oecd-ilibrary.org/economics/the-best-versus-the-rest_63629cc9-en). Acesso em: 27 out. 2021.

ARAÚJO, C.; DIEGUES, A.C. Uma análise dos processos de catching up Chinês e falling behind Brasileiro na perspectiva da integração às cadeias globais de valor de valor. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 1, p. 814-847, jan. 2019. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/1001>. Acesso em: 27 out. 2021.

BRYNJOLFSSON, B.; ROCK, D.; SYVERSON, C. Artificial Intelligence and the Modern Productivity Paradox: A Clash of Expectations and Statistics. **National bureau of economic research**, n. 24001, p. 1- 46, nov. 2017. Disponível em: <http://www.nber.org/papers/w24001>. Acesso em: 27 out. 2021.

CNI *et al* (2016). Indústria 4.0: novo desafio para a indústria brasileira. In: **SONDAGEM ESPECIAL**, 2, 2017. Disponível em: <http://www.portaldaindustria.com.br/estatisticas/sondesp-66-industria-4-0/>. Acesso em: 27 out. 2021.

CORNELL UNIVERSITY/INSEAD/WIPO *et al.* (2020). The Global Innovation Index 2020: Who Will Finance Innovation? Ithaca, Fontainebleau and Geneva. Disponível em: [https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo\\_pub\\_gii\\_2020.pdf](https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_gii_2020.pdf). Acesso em: 27 out. 2021.

CORRADO, C. *et al.* New Evidence on Intangibles, Diffusion and Productivity. **OECD Science, Technology and Industry Working Papers**, p.1-50, oct. 2021, Paris. DOI: <https://dx.doi.org/10.1787/de0378f3-en>. Acesso em: 27 out. 2021.

COUTINHO, L. Regimes macroeconômicos e estratégias de negócios: uma política industrial alternativa para o Brasil no século XXI. *In*: CASSIOLATO, J.; LASTRES, H.; ARROIO, A. (Orgs.). **Conhecimento, sistemas de inovação e desenvolvimento**. Rio Janeiro: Contraponto, 2005. P. 429 – 447.

DIEGUES, A. C.; ROSELINO, J. E. Editorial - Política Industrial e Indústria 4.0: a retomada do debate em um cenário de transformações no paradigma tecnoprodutivo. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 19, p. e0200032, 2020. DOI: 10.20396/rbi.v19i0.8661724. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/rbi/article/view/8661724>. Acesso em: 27 out. 2021. DOI: <https://dx.doi.org/10.1787/de0378f3-en>. Acesso em: 27 out. 2021.

ECLAC *et al* (2021), Digital technologies for a new future. **United Nations publications**, Santiago. Disponível em: <https://www.cepal.org/en/publications/46817-digital-technologies-new-future>. Acesso em: 27 out. 2021.

ECLAC *et al* (2020), Tracking the digital footprint in Latin America and the Caribbean: lessons learned from using big data to assess the digital economy., Santiago. Disponível em: [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/45484/S2000380\\_en.pdf?sequence=4&isAllowed=y](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/45484/S2000380_en.pdf?sequence=4&isAllowed=y). Acesso em: 27 out. 2021.

ELAC *et al* (2018), Informe de la sexta conferencia ministerial sobre la sociedad de la información de américa latina y el caribe. *In* CONFERENCIA MINISTERIAL SOBRE LA SOCIEDAD DE LA INFORMACIÓN DE AMÉRICA LATINA, 2018, Cartagena de Indias. **Anais** [...]. Cartagena de Indias, 2018. Disponível em: [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/44297/1/S1800304\\_en.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/44297/1/S1800304_en.pdf). Acesso em: 27 out. 2021.

EVANGELISTA, R.; GUERRIERI, P.; MELICIANI, V. The economic impact of digital Technologies in Europe. *In* SIE MEETING, 2014, Trento. **Anais** [...] Economics of Innovation and New Technology, 2016. p. 1-46. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/266400553>. Acesso em: 27 out. 2021.

FOLEY, P. *et al*. International Digital Economy and Society Index. **European Commission DG Communications Networks, Content & Technology**, European Union. DOI: 10.2759/757411. Disponível em: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/fb3f7212-433c-11eb-b27b-01aa75ed71a1>. Acesso em: 27 out. 2021.

GAL, P.; GIUSEPPE, N.; SORBE, S. Digitalisation and productivity: In search of the holy grail – Firm-level empirical evidence from EU countries. **OECD Economics Department Working Papers**, n. 1533, 2019. DOI: <https://dx.doi.org/10.1787/5080f4b6-en>. Acesso em: 27 out. 2021.

IEL/CNI *et al* (2017). Industry 2027: risks and opportunities for Brazil in the face of disruptive innovations. Final report: Building the Future of Brazilian Industry. Brasília, IEL/NC. Disponível em: [https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer\\_public/8f/26/8f267223-f41b-4b8a-8247-939df15b8de5/sintese\\_miolo\\_ing.pdf](https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer_public/8f/26/8f267223-f41b-4b8a-8247-939df15b8de5/sintese_miolo_ing.pdf). Acesso em: 27 out. 2021.

KUPFER, D.; FERRAZ, J.; TORRACCA, J. A comparative analysis on digitalization in manufacturing industries in selected developing countries: Firm-level data on Industry 4.0. **UNIDO: Department of policy, research and statistics**, Working paper n. 16, Vienna, 2019. Disponível em: <https://www.unido.org/api/opentext/documents/download/16411469/unido-file-16411469>. Acesso em: 27 out. 2021.

MÍČÍĆ, L. Digital transformation and its influence on GDP. **DE GRUYTER**, v. 5, n. 2, p. 135 – 147, dec. 2017. DOI: 10.1515/eoik-2017-0028, 2017. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/322586683\\_Digital\\_Transformation\\_and\\_Its\\_Influence\\_on\\_GDP](https://www.researchgate.net/publication/322586683_Digital_Transformation_and_Its_Influence_on_GDP). Acesso em: 27 out. 2021.

MICROSOFT DYNAMICS 365. 2019 Manufacturing Trends Report. 2018. Disponível em: <https://info.microsoft.com/rs/157-GQE-382/images/EN-US-CNTNT-Report-2019-Manufacturing-Trends.pdf>. Acesso em: 27 out. 2021.

MIKTUS, M; ALPER, C. Digital Connectivity in Sub-Saharan Africa: A Comparative Perspective. **FMI: African Department**, 19/210, 2019. Disponível em: <https://www.imf.org/en/Publications/WP/Issues/2019/09/27/Digital-Connectivity-in-sub-Saharan-Africa-A-Comparative-Perspective-48692>. Acesso em: 27 out. 2021.

OECD *et al.* (2017), The Next Production Revolution: Implications for Governments and Business. **OECD Publishing**, Paris. DOI: <https://dx.doi.org/10.1787/9789264271036-en>. Acesso em: 27 out. 2021.

OECD *et al.* (2020), Perspectivas económicas de América Latina 2020: Transformación digital para una mejor reconstrucción. **OECD Publishing**, Paris. DOI: <https://doi.org/10.1787/f2fdced2-es>. Acesso em: 27 out. 2021.

SCHWAB, K.; MARTÍN, X. The Global Competitiveness Report 2017–2018. World Economic Forum - System Initiative on Shaping the Future of Economic Progress, Geneva. Disponível em: <https://www.weforum.org/reports/how-to-end-a-decade-of-lost-productivity-growth>. Acesso em: 27 out. 2021.

SOLOMON, M.; KLYTON, A. The impact of digital technology usage on economic growth in Africa. **Elsevier ltd**, p. 1- 13, ago. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jup.2020.101104>. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7456578/>. Acesso em: 27/10/2021.

STURGEON, J. *et al.* The ‘new’ digital economy and development. **UNCTAD Technical Notes on ICT for Development**, n. 8, p.1-41, oct. 2017. Disponível em: [https://unctad.org/system/files/official-document/tn\\_unctad\\_ict4d08\\_en.pdf](https://unctad.org/system/files/official-document/tn_unctad_ict4d08_en.pdf). Acesso em: 27 out. 2021.

UIS *et al.* (2020?). Other policy relevant indicators : Distribution of tertiary graduates by field of study. **UIS.Stat**. Disponível em: <http://data.uis.unesco.org/>. Acesso em: 27 nov. 2021.

UNCTAD *et al* (2021), Technology and Innovation Report 2021: Catching technological waves Innovation with equity. **United Nations Publications**, Geneva. Disponível em: <https://unctad.org/webflyer/technology-and-innovation-report-2021>. Acesso em: 27 out. 2021.

UNIDO *et al.* (2019). Industrializing in the digital age. Industrial Development Report 2020, Vienna. Disponível em: <https://www.unido.org/sites/default/files/files/2019-12/UNIDO%20IDR20%20main%20report.pdf>. Acesso em: 27 out. 2021.

VAN ARK, B.; VRIES, K.; ERUMBAN, A. How to not miss the productivity revival. **National Institute of Economic and Social Research**, Discussion Paper, n. 518, p. 1-21, nov. 2020. Disponível em: <https://www.niesr.ac.uk/publications/how-not-miss-productivity-revival-once-again>. Acesso em: 27 out. 2021.

VRIES, K.; ERUMBAN, A. Total Economy Database: A detailed guide to its sources and methods. Nov. 2017.

WB *et al.* (2021). GDP per person employed. **The World Bank Data**. Disponível em: <https://data.worldbank.org/indicator/SL.GDP.PCAP.EM.KD>. Acesso em: 27 nov. 2021.

WB *et al.* (2021). TCdata360: ICT access. **The World Bank Data**. Disponível em: <https://tcdata360.worldbank.org/indicators/107eb4d1?country=BRA&indicator=40372&viz=choropleth&years=2020>. Acesso em: 27 nov. 2021.

WB *et al.* (2021). TCdata360: Total computer software spending. **The World Bank Data**. Disponível em: [https://tcdata360.worldbank.org/indicators/h44904465?country=BRA&indicator=40587&viz=line\\_chart&years=2013,2018](https://tcdata360.worldbank.org/indicators/h44904465?country=BRA&indicator=40587&viz=line_chart&years=2013,2018). Acesso em: 27 nov. 2021.

WEF *et al.* (2018). Financing a Forward-Looking Internet for All. **World Economic Forum**, p.1-34, apr. 2018. Disponível em: <https://www.weforum.org/whitepapers/financing-a-forward-looking-internet-for-all>. Acesso em: 27 out. 2021.

WOOLDRIDGE, J. **Introdução à Econometria**: Uma Abordagem Moderna. Tradução de José Antônio Ferreira. São Paulo: Cengage Learning, 2010.



### ANEXO A – Estatísticas Descritivas

2013 - 2019								
Variável	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo	1º Quartil	3º Quartil	Mediana	Nº de observações
Pdv	45,763	41,764	1,763	265,183	13,006	66,258	33,150	1,224
Fbkf	0.2307	0.0743	0.0575	0.7946	0.1871	0.2613	0.2243	1,161
TICi	5.486	2.1978	1.100	9.500	3.600	7.400	5.600	979
Gstw	2.583	2.0753	0.000	10.000	1.127	3.123	2.055	623
Kict	0.0298	0.0188	0.0004	0.1390	0.0175	0.0389	0.0263	903
Stem	0.7719	0.0852	0.2483	1.0000	0.7305	0.8227	0.7772	482

Legenda: a) Pdv é a produtividade por trabalhador do país i no ano t;

b) Fbkfit é uma variável controle defasada em dois períodos, que indica o nível de formação bruta de capital fixo no país i e ano t-2;

c) TICi é o índice TIC para o país i e ano t;

d) Kict é a participação do investimento em TICs sobre o PIB do país i e ano t;

e) Gstw é o índice de Dispendios em Softwares do país i e ano t;

f) Stem é o percentual de alunos graduandos de Ensino Superior em disciplinas de STEM do país i e ano t