

**POLÍTICAS E ESTRATÉGIAS PARA A IMPLEMENTAÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0 NA  
UNIÃO EUROPEIA**

**JOSÉLIA ELVIRA TEIXEIRA**

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO OESTE (UNICENTRO)

**ANA TERESA LEHMANN**

UNIVERSIDADE DO PORTO

# POLÍTICAS E ESTRATÉGIAS PARA A IMPLEMENTAÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0 NA UNIÃO EUROPEIA

## 1 INTRODUÇÃO

A Indústria 4.0 combina o mundo físico e digital e está revolucionando a produção e oferta de serviços, por meio da hiperconexão entre produtos, processos e consumidores (Lee, 2015), pelo uso de uma variedade de tecnologias emergentes (Zhang & Chen, 2020) tais como a Internet das Coisas (IoT), Inteligência Artificial, Nuvem computacional e Robôs autônomos, sensores, sistemas cibernéticos físicos embarcados nos sistemas computacionais (Xu, 2020). Adicionadas a essas tecnologias encontram-se Big Data e *Blockchain*, sendo utilizados para prover melhores serviços digitais (Rejikumar, Raja, Arunprasad, Jinil, & Sreeraj, 2019). E dinamiza toda a cadeia de valor com a associação do uso de realidade aumentada, impressão 3D que permite a customização de produtos em larga escala, bem como os ajustes da produção e a oferta de serviços em tempo real (Fuchs, 2018).

A Indústria 4.0 tem sido abordada como uma Quarta Revolução Industrial (Schwab, 2016; Morrar et al., 2017; Hoyer, Gunawan, and Reaiche, 2020), embora este termo não gere consenso na academia (Liao, Deschamps, Loures, & Ramos, 2017). A indústria 4.0 adota inovações disruptivas que aumentam a eficiência e eficácia das operações do sistema socioeconômico (Slusarczyk, 2018). A digitalização impacta diretamente nos mercados, no mundo do trabalho e nas estruturas sociais (Kagermann, 2015). Os avanços tecnológicos observados na indústria manufatureira e a inserção da digitalização e reconversão para a denominada fábrica inteligente tem sido um processo crescente nas últimas décadas (Madsen, 2019). A indústria manufatureira está na vanguarda das transformações ocorridas no bojo da denominada Indústria 4.0, e produtos, processos e cadeias de suprimentos serão submetidos a essas tecnologias (Majstorovic & Mitrovic, 2019).

O termo Indústria 4.0 foi divulgado em 2011, no maior certame de tecnologias industriais do mundo, a Hannover Messe na Alemanha (Buchi, Cugno, & Castagnoli, 2020). Oficialmente, foi incorporada ao programa estratégico do governo alemão, em 2013 (Xu, 2020). No mesmo ano, os Estados Unidos também lançaram recomendações incorporadas num plano estratégico para estimular a próxima geração de manufatura, denominado Advanced Manufacturing Partnership (AMP) (Liao, Deschamps, Loures, & Ramos, 2017). Esta temática passou a ocupar lugar de destaque em estudos acadêmicos, na agenda dos governantes e no planejamento estratégico da manufatura, bem como de todo o setor produtivo e econômico (Hoyer, Gunawan, & Reaiche, 2020). A Indústria 4.0 pode ser entendida como sendo um discurso em construção por diferentes atores, tais como empresas, governo e universidades (Reischauer, 2018).

No âmbito da União Europeia (UE), aspectos da Indústria 4.0 já foram acrescentados aos objetivos da Estratégias da UE para a Especialização Inteligente (European Union's Strategies for Smart Specialization-S3) estabelecidos para 2014-2020, que visam promover a inovação e a competitividade dos países membros (Lepore & Spigarelli, 2020). Entretanto, a promoção da utilização de tecnologias facilitadoras para a concretização da Indústria 4.0 iria consolidar-se sobretudo a partir de 2016 com a iniciativa de digitalização da indústria europeia (*Digitising European Industry Initiative*) pela Comissão Europeia (European Commission, 2018). Na Europa, a Indústria 4.0 ganhou espaço como uma estratégia para a recuperação da manufatura, especialmente, para recobrar os empregos perdidos na competição com países com mão de obra mais barata e impostos mais baixos, bem como pela utilização de automação e robótica para substituir a mão de obra menos qualificada. A Indústria 4.0 está reconfigurando o sistema como conhecemos e integrando dados e processo de fabricação em toda a cadeia de valor (Ciffolilli & Muscio, 2018).

O setor manufatureiro é um ponto nevrálgico das economias avançadas. Os países europeus têm colocado nas discussões estratégicas dos atores envolvidos na indústria manufatureira a importância do desenvolvimento das tecnologias de alto valor agregado e a Indústria 4.0 já está sendo abordada como eixo central da política de inovação (Ciffolilli & Muscio, 2018). Entretanto, há evidentes assimetrias entre os países membros da UE no processo de digitalização e incorporação dos principais pilares da Indústria 4.0 (Atik & Unlu, 2020). Nesse contexto, pergunta-se: i) Qual o direcionamento das políticas e estratégias designadas pela União Europeia para estimular a Indústria 4.0?; ii) Quais foram as iniciativas individuais dos países membros da EU para promover a Indústria 4.0? Nazarov e Klarin (2020) argumentam que ainda faltam pesquisas relacionadas à formulação de políticas e resultados dos investimentos e da implantação dessas políticas. Este trabalho visa contribuir para esse campo de estudo através da respectiva análise comparativa dessas políticas de digitalização para a UE.

Este trabalho tem como objetivo analisar a criação e implementação de programas governamentais destinados ao fomento da Indústria 4.0 nos países da União Europeia. Em síntese, a contribuição deste artigo está em: a) identificar e sintetizar os Programas e as Políticas de Governo voltados para estimular a Indústria 4.0; b) comparar os programas entre os países da União Europeia (UE) e; c) analisar as políticas e discutir as estratégias.

## **2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS**

### **2.1 Indústria 4.0 e outros conceitos associados**

As três primeiras revoluções industriais surgiram como um resultado da mecanização, eletricidade e da tecnologia da informação (Kagermann, Wahlster, & Helbig, 2013). Ressaltam-se os avanços da tecnologia da informação (TI), e eletrônica e digitalização da Terceira Revolução Industrial que se manifesta no uso das tecnologias de manufatura avançada (AMTs), pois são mais recentes (Agostini & Nosella, 2019). A Indústria 4.0 é o nome que se dá para indicar uma Quarta Revolução Industrial em curso, a qual combina os avanços da Fábrica Inteligente com os sistemas cibernéticos e físicos e conectam pessoas, máquinas e dispositivos simultaneamente em tempo real (Ciffolilli & Muscio, 2018). De acordo com Zhang e Chen (2020), a Indústria 4.0 se consolidará futuramente no paradigma da manufatura que propicia a melhoria do desempenho e da produtividade. A Indústria 4.0 pode ser entendida como sendo um discurso em construção por diferentes atores, tais como empresas, governo e universidades (Reischauer, 2018).

Reischauer (2018) analisa o surgimento e manutenção do termo “Indústria 4.0” enquanto um discurso de política para a inovação orientada da manufatura. Este discurso tem a finalidade de institucionalizar a inovação que envolve os negócios, academia e política no viés de um sistema de inovação nos moldes da teoria da Tríplice Hélice de Etzkowitz & Leydesdorff (2020). Ou seja, o discurso da Indústria 4.0 incentiva a mobilização dos atores para inovar colaborativamente, mas não é determinada propriamente pela política. Compreende-se que o desenvolvimento e o uso das tecnologias na Indústria 4.0 ainda estão em processo de alinhamento e, sendo assim, os atores envolvidos podem configurar essas mudanças. Os formuladores de políticas públicas têm relevante função nesta emergência e no desenvolvimento da Indústria 4.0. Estes formatam os discursos com os mecanismos governamentais e a intensidade do discurso é dosada em conformidade com o entorno econômico em que os decisores se encontram.

Schwab (2016) compreende que há várias tecnologias que são impulsionadoras da Indústria 4.0 e as divide entre três categorias: i) física: veículos autônomos, impressão em 3D, robótica avançada e novos materiais; ii) digital: Internet das Coisas (IoT), Data, *blockchain*, sensores, transmissores ou identificação por radiofrequência (RFID), plataformas digitais; e iii) biológica: os evidentes avanços nas pesquisas em biologia, inovações realizadas para o avanço

da genética e nanotecnologia são impulsionadas pela utilização de máquinas laboratoriais capazes de decodificar o genoma auxiliadas por inteligência artificial para aumentar a velocidade de análise e identificação. A combinação dessas categorias física, digital e biológica pode descontinuar uma indústria inteira e seus sistemas de produção, distribuição e consumo relacionados.

De acordo com Lepore & Spigarelli (2020), o avanço dessas novas tecnologias da Indústria 4.0 é um verdadeiro desafio para a formulação de política industrial, pois a utilização de capital intensivo em tecnologia implica em realocação dos outros fatores como o trabalho e uma nova dinâmica da força de trabalho, bem como cria divisões socioeconômicas em termos regionais e internacionais. A reconfiguração da indústria manufatureira, realizada por meio da incorporação das tecnologias emergentes que caracterizam a Indústria 4.0 (Lu, 2017), tem sido acompanhada pela formulação e implantação de políticas direcionadas para este propósito (Castelo-Branco, Cruz-Jesus, & Oliveira, 2019). Os principais atores no ecossistema da indústria manufatureira e da academia estão em consenso que, para o desenvolvimento bem-sucedido de tecnologia de alto valor adicionado, a União Europeia deveria colocar como norte dos seus documentos estratégicos (tais como o *Innovation Union*), a Indústria 4.0 (Ciffolilli & Muscio, 2018).

Nos anos 90, a compreensão da formulação de políticas públicas pelos decisores de políticas e governos para estimular a inovação e aumentar a capacidade tecnológica já consideravam a importância da visão integrada do “sistema nacional de inovação” (Lundvall, 1992). O sucesso da implementação de tecnologias da manufatura avançada depende da conexão bem articulada e coerente entre a política nacional, que perpassa pela política industrial, a política de desenvolvimento e de regulamentação do uso, numa visão de sistema nacional como empregada por Lundvall (1992) (Park, 2000). De acordo com o trabalho de Hervas-Oliver, Gonzalez-Alcaide, Rojas-Alvarado, and Monto-Mompo (2020), a análise de políticas e estratégias para a transição para a Indústria 4.0, no âmbito regional, justifica-se pelo fato de que a inovação é um processo interativo de aprendizagem que se dá no campo local/regional.

### **3 METODOLOGIA**

Esta investigação caracteriza-se por ser uma pesquisa exploratória de caráter bibliográfico e documental. A fundamentação teórica foi construída por meio da coleta de referências mais relevantes e recentes dos buscadores da Web of Science, Scopus e Google Scholar. As principais palavras-chaves para a busca foram “Industry 4.0” ou “*Smart Manufacturing*” e “*Public Policy*”. Por meio da leitura dos títulos e dos resumos foram selecionados os principais artigos para a leitura completa e composição da revisão teórica.

A coleta de material para a determinação das principais políticas destinadas ao fomento da implementação da Indústria 4.0 nos países membros da UE foi essencialmente no site da Comissão Europeia. A Comissão Europeia mantém uma página eletrônica destinada a monitorar as iniciativas dos países membros e apresenta compiladas as principais estratégias no que é denominado Monitor da Transformação Digital. A União Europeia contava com 28 países membros, em 2020 a Inglaterra optou por sair do bloco. Destes países foram encontrados 19 relatórios de monitoramento das políticas para a transformação digital para a Alemanha, Áustria, Bélgica, Dinamarca, Eslováquia, Eslovênia, Espanha, França, Hungria, Itália, Letônia, Lituânia, Luxemburgo, Países Baixos, Portugal, Suécia e Tchecoslováquia, incluindo o monitor do Reino Unido. Para os seguintes países Irlanda, Malta, Chipre, Estônia e Finlândia, Grécia, Irlanda, Bulgária e Romênia foram utilizados os relatórios de monitoramento digital desses países elaborados pela Valdani Vicari e Associati – Economics & Policy (VVA) e WIC Consult (VVA & WIC Consult, 2019). Para a Bulgária ainda foi analisado o relatório da transformação digital de 2020 a 2030 (*Transformation Bulgaria 2020-2030*) elaborado pelo Ministério de

Transporte, Informação, Tecnologia e Comunicação (*Ministry of Transport, Information, Technology and Communications*, 2021) e a Irlanda também apresenta um relatório governamental mais específico para a Indústria 4.0 de 2020 a 2025.

Esses monitores apresentaram vários aspectos de forma sintética sobre os principais lançamentos de estratégias para respectivos países. Para efeitos de comparação desta investigação, foram selecionados e colocados num quadro os seguintes dados: Nome do País, Nome da Iniciativa ou política (estratégia, programa ou plano), Ano de Lançamento, entidade responsável pelo Lançamento, Público-Alvo, Eixos estratégicos, Medidas, Financiamento/Fundos de Apoio (Público, privado ou misto), Tipo de Política: *Bottom-up* e *top-down*. Por implementação de política industrial *top-down* (Zeng, 2021) considera que os formuladores de política prescrevem medidas mobilizam massivos recursos desde trabalho a capital em uma meta a ser atingida, sem o envolvimento dos demais atores na formulação, correndo o risco de desperdiçar recursos e criar ineficiências. Já a abordagem *bottom-up* de implementação de política alicerça-se na maior interação dos *stakeholders* e formuladores de políticas, portanto, sendo elaborada políticas a partir da base. Por meio dos monitores permite-se compreender as principais iniciativas em relação à implementação da Indústria 4.0 e as estratégias estabelecidas para a concretização (European Commission, 2020b).

## **4 AS POLÍTICAS DA UNIÃO EUROPEIA E AS INICIATIVAS NACIONAIS PARA A INDÚSTRIA 4.0**

### **4.1 As Políticas da União Europeia direcionadas à Implementação e fortalecimento da Indústria 4.0**

Esta seção tem como objetivo apresentar os programas supranacionais da União Europeia desenvolvidos para estimular a implantação da Indústria 4.0. De acordo com o estudo do Parlamento Europeu (Smit *et al.*, 2016), da perspectiva da UE a Indústria 4.0 pode ser parte de uma estratégia defensiva (pois poderia contribuir para preservar sua indústria de transformação), mas também pró-ativa (na medida em que poderia ajudar a Europa a aumentar sua competitividade e acesso a novos mercados).

Considerando a implementação de programas e políticas públicas e privadas voltadas para a Indústria 4.0 nos países membros da UE, em 2016, a Comissão Europeia em conjunto com os Estados Membros da UE e a indústria, procuraram estabelecer um quadro de governança na expectativa de estimular os *stakeholders* e apoiar e coordenação dessas iniciativas; desta forma, lançaram um programa denominado *Digital Single Market*. A principal estratégia desse pacote seria conduzir os países da UE para práticas de inserção da digitalização da indústria (European Commission, 2018a), tendo lançado a iniciativa *Digitising European Industry*, que inclui os seguintes pilares o Mercado Único Digital que compõe o quadro de políticas adotadas que atendem concretamente a agenda digital estabelecida pela Comissão Europeia, em 2010, quando havia sido lançada a Estratégia Europa 2020. Além do plano de mercado único digital, a estratégia contemplava a nuvem europeia de ciência aberta, o Horizonte 2020 ou REFIT (Hervas-Oliver *et al.*, 2020). “*Digital Innovation Hubs*” (DIH) funcionam como *one-stop-shops* para a digitalização das empresas que queiram melhorar sua competitividade por meio de tecnologias digitais. Esses centros de inovação digital dão suporte local às empresas para digitalizar suas operações e ajudam as empresas a utilizarem as tecnologias digitais para melhorar a competitividade de seus produtos e serviços e adicionar valor a sua cadeia de valor.

A Plataforma Europeia de Iniciativa nacionais (*European Platform of National Initiatives*) foi criada em março de 2017, para congrega essas iniciativas nacionais de estímulo à digitalização. Além disso, para atingir os objetivos de maior coordenação do processo de Digitalização da Indústria Europeia, foi estabelecido um fórum (*European Stakeholder Forum*) de contato de diferentes iniciativas, para promover o suporte financeiro e estruturar a regulamentação e coordenação e desta maneira, criar oportunidades de novos investimentos

setoriais. A Comissão Europeia estimulou aos países que tentassem buscar enquadramento de suas políticas e propostas para a digitalização ao Fundo Europeu para Investimentos Estratégicos e dos Fundos Europeus Estruturais e de Investimento (European Commission, 2018a).

A estratégia da Comissão Europeia também foca na criação de lideranças por meio de parcerias público-privadas em grande escala e pelas plataformas industriais digitais (European Commission, 2018b). Entretanto, a dinamização da Indústria 4.0 na UE perpassa por uma política que partilhe a construção desse caminho com diferentes *stakeholders*, sob o formato da Tríplice Hélice (Lepore & Spigarelli, 2020). A criação de plataformas digitais para compartilhar experiências, pesquisas e boas práticas se alicerça na estratégia de fornecer suporte ou financiamento para empresas ou iniciativas pan-europeias, pois os países membros da UE podem não realizar por conta própria (Smit et al., 2016).

Outro pilar importante é a consolidação dos parâmetros regulamentares considerando as novas tecnologias digitais e suas implicações. No âmbito da estratégia do Mercado Único Digital, a Comissão Europeia já propôs várias medidas para atualizar os regulamentos em domínios essenciais para a indústria, como a segurança cibernética e o fluxo livre de dados. Além disso, a consolidação dos parâmetros regulamentares considerando as novas tecnologias digitais e suas implicações é um relevante pilar estratégico. Quanto ao pilar estratégico abrange a qualificação (tanto na vertente de *upskilling*, como de *reskilling*), dado que a mão de obra será muito afetada pela era digital, e sem prepará-la e capacitá-la para as novas exigências, esse pode ser um gargalo para o salto dos países da UE para a reconversão da indústria. Portanto, a estratégia também identifica a necessidade de criar políticas e instrumentos para adaptar a educação e aprendizagem e requalificar a mão de obra (European Commission, 2018b).

A abordagem da especialização inteligente (*Smart Specialization*) não foi uma novidade, mas foi uma atualização para o destino dos fundos estruturais europeus. A denominada Estratégia da União Europeia para a Especialização – S3 Inteligente (*European Union's (EU's) Strategies for Smart Specialization-S3*) abrangia esses desafios do plano de inovação europeu para 2014 a 2020, com a meta de estimular a inovação e aumentar a competitividade dos países da UE. Portanto, a próxima revisão da estratégia dará da política de inovação S3 deverá dar maior importância à Indústria 4.0 e favorecer essa transição (Lepore & Spigarelli, 2020). A estratégia RIS3 também oferecia uma plataforma S3 para conectar países e regiões a qual facilita a interação entre possíveis parceiros e cooperação inter-regional. Em 2020 eram 19 países registrados na plataforma S3 e 178 regiões de países da UE (European Commission, 2020).

As assimetrias e desigualdades de digitalização das economias entre os Estados Membros arriscam ficar mais evidentes sem a interferência de políticas públicas que auxiliem neste processo de alavancagem da digitalização. Conforme o relatório final da Comissão Europeia (European Commission, 2020a), as instituições europeias e os governos podem precisar contribuir com aproximadamente € 75 bilhões por ano para investimento em TIC na próxima década para suprir a lacuna digital na Europa em comparação com os Estados-Membros mais avançados digitalmente, e manter um alto nível de ambição para capturar o valor de tecnologias de alto impacto. Sendo que a educação, a qualificação e a requalificação da força de trabalho devido à transição digital podem exigir investimentos totais de € 42 bilhões por ano.

## **4.2 Comparativos entre as iniciativas nacionais da implementação da Indústria 4.0 na União Europeia**

Esta seção apresenta as principais políticas nacionais adotadas pelos países membros da UE, com a finalidade de estimular a digitalização em suas economias. O estudo sobre a Indústria 4.0 apoiado pelo Parlamento Europeu (Smit et al., 2016) sugere que existem diferenças entre a UE como um todo e os Estados-Membros individuais no que diz respeito o papel percebido que

uma iniciativa como a Indústria 4.0 teria. Segundo Majstorovic and Mitrovic (2019), a política da Indústria 4.0 da UE é uma estratégia de estrutura abrangente de pesquisa, inovação e políticas industriais, fundamentalmente voltada para a manufatura.

Por meio dos relatórios de transformação digital dos países da União Europeia, foram identificadas 25 iniciativas lançadas pelos países membros da União Europeia para construir uma estratégia nacional para estimular a digitalização da economia. Entre as 25 iniciativas algumas são mais voltadas para as tecnologias da TIC e não tão abrangentes dentro do escopo das tecnologias facilitadoras da Indústria 4.0 como a estratégia da Alemanha. O Quadro 1 apresenta as principais estratégias nacionais para estimular a digitalização nos países membros da União Europeia.

**Quadro 1. Estratégias Nacionais para a transformação digital dos países da União Europeia**

País	Política	Ano de lançamento	Lançado por
Alemanha	Industrie 4.0	2011	Ministério da Educação e Pesquisa (BMBF) e do Ministério da Economia e Energia (BMWI).
Reino Unido	High Value Manufacturing Catapult (HVMC)	2011	Governo.
Latvia/Letônia	National Industrial Policy Guidelines 2014-2020	2012	Ministério da Economia e outros ministérios como o Ministério da Educação e Ciência e o Ministério da Proteção Ambiental e Desenvolvimento Regional.
Bélgica	Made different – Factories of the future	2013	Empresários e coordenada em conjunto com o governo.
Suécia	Smart Industry	2013	VINNOVA (agência de inovação sueca) e industriais.
Irlanda	Doing more with Digital; Future Jobs Ireland 2019- Ireland's Industry 4.0 Strategy 2020-2025	2013	Departamento de Comunicações, Ação Climática e Meio Ambiente (DCCAE).
Áustria	Industrie 4.0 Oesterreich	2014	Ministério do Transporte, Inovação e Tecnologia.
Dinamarca	Manufacturing Academy of Denmark (MADE)	2014	Associação Independente MADE (Manufacturing Academy of Denmark).
Países Baixos	Smart Industry	2014	Governo e stakeholders da indústria.
Estônia	Digital Agenda 2020	2014	Governo.
Malta	Digital Malta Strategy	2014	Secretaria Parlamentar de Serviços Financeiros, Economia Digital e Inovação do Gabinete do Primeiro-Ministro.
França	Alliance pour l'Industrie du Futur	2015	Governo Francês
Luxemburgo	Third Industrial Revolution strategy (TIR)	2015	Governo
Finlândia	Digitalisation, experimentation and deregulation (Public sector ICT).	2015	Departamento de TIC do Ministério das Finanças
Chipre	Cyprus Digital Strategy – Action Plan 2015 - 2017.	2015	Ministério do Transporte, Comunicações e Trabalho.
Croácia	National strategy and Action plan for Cybersecurity (There is no National Strategy for digitization)	2015	Escritório de Segurança Nacional.
Romênia	Digital Agenda for Romania 2020 (No results until now)	2015	Ministério das Comunicações e Sociedade da Informação.
Eslováquia	Smart Industry	2016	Ministério da Economia

País	Política	Ano de lançamento	Lançado por
Espanha	Industria Conectada 4.0	2016	Secretário Geral da Indústria
Hungria	IPAR4.0 National Technology Initiative	2016	Ministério da Economia e Academia Húngara do Instituto de Ciências para a Ciência da Computação e Controle (MTA SZTAKI).
Lituânia	Pramonè 4.0	2016	Governo Lituano
Polônia	Initiative and Platform Industry 4.0	2016	Ministério das Finanças e Desenvolvimento.
República Tcheca	Průmysl 4.0	2016	Ministério da Indústria e Comércio.
Eslovênia	Digital Coalition Slovenia 2020	2016	Governo.
Grécia	National Digital Policy 2016- 2021	2016	Ministério da Política Digital, Telecomunicações e Mídia.
Itália	Industria 4.0	2017	Ministério do Desenvolvimento Econômico.
Portugal	Indústria 4.0	2017	Ministério da Economia e executado pela COTEC - entidade privada.
Bulgária	Draft Industry 4.0/ "National Development Program of Bulgaria 2030"/National Program "Digital Bulgaria 2025	2020	Ministério do Transporte, Informação, Tecnologia e Comunicação.

Fonte: Elaborado a partir dos dados dos relatórios por países do Digital Transformation Monitor (European Commission, 2021a) e dos relatórios do Monitoring Progress in National Initiatives on digitising industry- Country report (VVA & WIC Consult, 2019).

Dos 28 relatórios sobre digitalização dos países da União Europeia, alguns possuem iniciativas isoladas para estimular a digitalização da indústria, mas não possuem uma estratégia nacional de digitalização, tais como: Croácia, Bulgária e Letônia. Embora o guia (*National Industrial Policy Guideline 2014-2020*) não seja um plano de digitalização da indústria da Letônia, também visa melhorar a digitalização da economia. A Bulgária tinha apenas um projeto de estratégia nacional de digitalização, mas a previsão de execução era para 2020 a 2030, ainda não tem um relatório disponível de execução.

Segundo Smit *et al.* (2016), além da Alemanha outros países também demonstraram apoio e interesse para a implantação Indústria 4.0 tais como a Áustria, Bélgica, Dinamarca, Finlândia, França, Itália, Holanda, Portugal, Espanha, Suécia o Reino Unido.

A Alemanha além do pioneirismo com a Indústria 4.0 tem uma das indústrias manufatureiras mais competitiva do mundo. A utilização da TIC tem relevante participação no sucesso da sua indústria manufatureira, dado que 90% dos seus processos de produção são apoiados por alguma TIC. Entretanto, enquanto umas companhias buscam introduzir as tecnologias associadas à Indústria 4.0, outras já estão cruzando a fronteira e se transformando em empresas digitalizadas e criando novos modelos de negócios. A formulação de políticas industriais deve abordar essa complexidade e mudanças em curso, com uma visão sistêmica da introdução e o impacto dessas novas tecnologias (Kagermann, 2015).

O termo Indústria 4.0 isso resultou do trabalho do Ministério da Educação e Pesquisa (BMBF), em 2006, e de um grupo consultivo a "*Industry-Science Research Alliance*" que congregaram especialistas da ciência e da indústria para elaboração de uma política de inovação interministerial, a "*High-Tech Strategy*" (Estratégia de Alta Tecnologia). Em 2011, o governo alemão lançou o "Projeto do Futuro" pelo grupo Alliance de Promotores de Comunicação de Pesquisa em Indústria-Ciência, em colaboração com a Academia Nacional de Ciência e Engenharia (ACATECH) e foi criado um grupo de trabalho "Indústria 4.0", que apresentou o relatório final, apoiado pelo BMBF, em abril de 2013 (GTAI, 2014). O "Plano de Ação Estratégia de alta tecnologia 2020" pelo Governo Federal Alemão incentivou a lançar a



Plataforma Industrie 4.0 pelas associações empresariais BITKOM (indústria digital), VDMA (indústria transformadora) e ZVEI (indústria eletrotécnica), em 2013. A Indústria 4.0 foi se consolidando por meio de múltiplas políticas estratégicas e pela atualização e continuidade dessas políticas, incluindo a Digital Agenda que foi lançada em 2014. A Digital Agenda centrava-se em três pontos estratégicos: a) crescimento e emprego; b) acesso e participação; e c) confiança e segurança (Horst & Santiago, 2018).

Em 2015, a Plataforma Industrie 4.0 foi ampliada com o apoio do Ministério da Economia e Energia e do Ministério da Educação e Pesquisa. A estratégia consistiu em envolver vários *stakeholders* tanto do setor privado, associações empresariais, sindicatos, organizações de pesquisa e instituições políticas. A partir da consolidação da Plataforma Industrie 4.0, os atores envolvidos ressaltaram a importância da cooperação internacional. O Ministério da Economia da Alemanha e a Plataforma Industrie 4.0 apoiaram a Comissão da União Europeia para incentivar a Indústria 4.0 na Europa. Os desafios para a consolidação da Indústria 4.0 vão além das fronteiras, pois a digitalização da produção também se dá no âmbito da cadeia de valor, neste aspecto, é importante a cooperação supranacional em relação às questões de parametrização e regulação (European Commission, 2017).

No foco estratégico do governo alemão observou-se a necessidade de harmonização global dos conceitos da Indústria 4.0, por meio do SCI 4.0, apoiado desde 2017 pelo projeto de financiamento GoGlobal *Industrie 4.0* do Ministério Federal Alemão para Assuntos Econômicos e Energia (BMW). Dessa iniciativa, resultou na cooperação de forma bilateral entre o governo alemão com o Japão, China, Coreia do Sul e Estados Unidos. Na Europa, a cooperação para estabelecer parâmetros, compilações gerais para chegar a uma padronização de ações representativas da Indústria 4.0 foi trilateral entre Alemanha, França e Itália (DIN & DKE, 2020). O alvo principal das políticas desenvolvidas por estes países da UE primeiramente observa-se que é o setor industrial. Dentre os 28 países analisados, 16 deles direcionam as políticas da Indústria 4.0 para a implementação com foco na indústria (quadro1). No entanto, com o estímulo à adoção de tecnologias emergentes facilitadoras da Indústria 4.0, os modelos de negócios digitalizados serão uma opção para os demais setores da economia (Majstorovic & Mitrovic, 2019). O Quadro 2 destaca o público alvo das iniciativas adotadas para estimular a implementação da Indústria 4.0 nos países da UE.

**Quadro 2. Público Alvo das políticas para a Indústria 4.0 nos países da EU**

TARGET	DE	AT	BE	DK	SK	ES	FR	HU	IT	LT	LU	NL	PL	PT	CZ	SE	FI	EE	SI	IE	CY	GR	MT	RO	UK
Manufactures/Industry	X		X	X	X	X	X	X		X	X		X	X	X	X			X		X				X
ICT sector/digital solutions	X									X	X							X				X		X	
Services																X								X	
Public Sector																X			X				X		
SME	X		X	X	X	X	X							X		X				X	X	X			
Large companies				X																					
All Enterprises/sectors		X	X						X	X		X								X			X		X
Universities/Institutes and research	X	X		X	X			X		X			X		X	X									X
Polymakers	X	X						X							X										
Workers		X																							
Civil Society/ stakeholders	X				X			X			X		X		X				X	X			X		

Fonte: Elaborado a partir dos dados dos relatórios por países do *Digital Transformation Monitor* (European Commission, 2021a) e dos relatórios do *Monitoring Progress in National Initiatives on digitising industry-Country report* (VVA & WIC Consult, 2019).

No Quadro 2, pode-se indentificar além da indústria e industriais o público alvo que se destaca setorialmente são as empresas de TIC e soluções digitais, corroborado por Majstorovic e Mitrovic (2019) que ressaltam o direcionamento das políticas também para estimular a adoção de IoT e CPS. Embora, a digitalização tenha sido adotada em primeira mão pelas grandes empresas, as SMEs, devido sua importância para as economias destes países, são alvo estratégico das políticas de alguns países como Alemanha, Bélgica, Dinamarca, França, Suécia,

Portugal, Eslováquia, Espanha, Chipre e Grécia. A estratégia da maioria dos países se direciona para estimular a iniciativa privada a implementar medidas de digitalização. Para Luxemburgo, Finlândia, Eslovênia e Chipre e Malta estabeleceram medidas marcadamente voltadas para a digitalização do setor público. Observa-se também que essas políticas têm sido formuladas procurando envolver diferentes *stakeholders* como os industriais, os formuladores de políticas, investigadores, trabalhadores e sociedade civil em geral.

Considerando que nem todos os países membros da UE têm o mesmo grau de desenvolvimento da indústria manufatureira, as políticas voltadas para a Indústria 4.0 também estão em diferentes estágios e percursos (Smit et al., 2016). O resultado do índice de economia digital e sociedade que são baseados em dados de 2019, destacam-se como líderes na UE e unem-se aos líderes globais Finlândia, Suécia, Dinamarca e Holanda, e tendo como seguidores Malta, Irlanda e Estônia (European Commission, 2020b). Os países que mais se destacam com mais empresas com tecnologias avançadas facilitadoras da Indústria 4.0 são a Alemanha, França, Espanha, e Holanda como líderes, considerando os 27 países membros da EU (European Commission, 2021).

Nos países membros da UE, Majstorovic and Mitrovic (2019) analisam que a Itália e a Suécia têm como eixo estratégico na entrega de tecnologias de última geração. A Alemanha e a Holanda apresentam maior foco no desenvolvimento de novos produtos e melhoria de processos industriais. Setorialmente, o foco estratégico que prevalece nestes países foi direcionado a IoT e CPS. O Quadro 3 apresenta os principais eixos estratégicos da política de digitalização e implementação da Indústria 4.0 nos países da UE.

**Quadro 3. Principais eixos da política da Indústria 4.0 nos países da UE**

País	Áreas Estratégicas
Alemanha	Inovação digital e mercado de TIC; transformação de modelos de negócios e entrega de produto / serviço. R&D em IoT e integração de sistemas; educação e formação profissional e a natureza mutável dos locais de trabalho no ambiente das TIC;
Áustria	Seis grupos de trabalho temáticos: (1) Normas e padrões; (2) Pesquisa, desenvolvimento e inovação; (3) Qualificação e habilidades para a Indústria 4.0; (4) Estratégias regionais; (5) O humano na fábrica digital; (6) Logística inteligente.
Bélgica	Voltada para a redução dos custos de produção, digitalizando os processos operacionais, integrando ainda mais os sistemas físicos cibernéticos, bem como aprimorando a força de trabalho e reduzindo o consumo de energia.
Dinamarca	O foco geral é em empresas, universidades e organizações que buscam aprimorar suas capacidades e fortalecer o ecossistema de manufatura. Os temas de pesquisa e inovação da MADE estão focados no desenvolvimento e implementação de soluções avançadas de manufatura e Indústria 4.0 no setor manufatureiro.
Eslováquia	Melhorar a consciência e a cooperação; Atividades de P&D; Fábricas do futuro, acesso ao financiamento; mercado de trabalho, educação e competências; ajustes do marco regulatório que incentivam a inovação.
Espanha	Foco no apoio à implementação de projetos de transformação digital através do apoio a PME e microempresas. Setor industrial.
França	O IdF está estruturado em cinco pilares: ofertas tecnológicas, transformação de negócios, treinamento, cooperação internacional e promoção do IdF Foco em tecnologias novas e emergentes, como manufatura aditiva, IoT, novos materiais, computação de alto desempenho, objetos inteligentes e inteligência artificial.
Hungria	A iniciativa é baseada na recente estratégia de reindustrialização da Hungria do Ministério da Economia Nacional. Implementação dos elementos da economia do conhecimento nas estratégias industriais setoriais.
Itália	Aproveitar ao máximo as oportunidades relacionadas com a quarta revolução industrial, promovendo investimentos em inovação, ativos intangíveis e I&D, disseminando a cultura ligada a “Indústria 4.0” e desenvolvendo competências.

<b>País</b>	<b>Áreas Estratégicas</b>
Lituânia	Digitalização da indústria, novas tecnologias e padronização nos principais setores estratégicos da economia lituana. Reindustrializar a economia; a criação de parcerias público-privadas é essencial; ênfase no envolvimento das principais partes interessadas é crucial.
Luxemburgo	A participação multifuncional foi organizada em nove grupos de trabalho, composta por seis pilares verticais específicos do setor que cobrem energia, mobilidade, edifícios, alimentos, indústria e finanças, e três eixos horizontais que tratam de considerações gerais da economia, conhecidas como Economia Inteligente, Economia Circular e Modelo Social.
Países Baixos	Setores de alta tecnologia, indústria química, agroalimentar e logística.
Polônia	Os investimentos em inovação e P&D serão direcionados por meio de novos modelos de negócios, um ambiente jurídico propício à constituição de novas empresas, e uma revisão da legislação que rege os institutos de pesquisa. Sensibilização, construção de competências, desenvolvimento de infraestrutura, apoio às PME, ações focadas em vários setores industriais (por exemplo, setor de manufatura ou fornecedor de tecnologia).
Portugal	A Indústria 4.0 apoia o desenvolvimento de competências, novos métodos e aplicações digitais em 6 pilares estratégicos: qualificação do capital humano; cooperação tecnológica; start-up i4.0; financiamento e incentivo ao investimento; internacionalização; e normas e regulamentos.
Tchecoslováquia	O foco está na construção de infraestrutura de dados e comunicação, adaptação do sistema educacional, introdução de novas ferramentas no mercado de trabalho, adaptação do ambiente social e fiscal auxiliam as empresas relacionadas com a introdução de novas tecnologias e know-how.
Suécia	O P2030 concentra-se em uma variedade de áreas de foco: busca apoiar a adoção de tecnologia inovadora e práticas de manufatura avançadas nas empresas e melhorar a educação de produção.
Finlândia	TIC, Digitalização de serviços públicos e com a ajuda de novas práticas operacionais, os serviços públicos se tornarão orientados para o usuário e principalmente digitais. Serão também estabelecidos princípios para a digitalização de todos os serviços públicos e serão desenvolvidos um sistema de serviço de balcão único e legislação de gestão da informação.
Estônia	Criar um ambiente que facilita o uso das TIC e o desenvolvimento de soluções inteligentes nas empresas em geral.
Eslovênia	Esta estratégia estabelece os principais objetivos de desenvolvimento estratégico da Eslovênia nesta área e funde o Plano de Desenvolvimento de Rede de Banda Larga de Próxima Geração até 2020 e a Estratégia de Segurança Cibernética em um quadro estratégico unificado.
Irlanda	A estratégia definiu uma visão e uma série de ações e etapas práticas para incentivar e ajudar mais cidadãos e pequenas empresas a se conectarem. Fase 1 focada em Negócios e Empreendimentos, Treinamento Cidadão e Escolas e Educação
Chipre	Uma estratégia holística, incluindo infraestrutura de TIC, digitalização do setor público e aprimoramento das competências digitais (e-skills), desenvolvimento do empreendedorismo digital
Grécia	Com foco em sete áreas, duas das quais relacionadas com a digitalização da economia e da indústria (Área 2: Acelerar a digitalização da economia, Área 3: Promover as TIC na Indústria a fim de desenvolver a economia digital e o emprego).
Malta	Aumentar o nível de conectividade e a utilização dos serviços de Internet pelos cidadãos. Foco em TIC.
Romênia	eGovernment, interoperabilidade, segurança cibernética, computação em nuvem, dados abertos, big data e mídia social, TIC na educação, saúde, cultura e e-inclusão, comércio eletrônico, banda larga e infraestrutura de serviços digitais
Reino Unido	Inovação e comercialização com foco em vários setores industriais e 27 áreas de tecnologia chave.

Fonte: Elaborado a partir dos dados dos relatórios por países do *Digital Transformation Monitor* (European Commission, 2021a) e dos relatórios do *Monitoring Progress in National Initiatives on digitising industry-Country report* (VVA & WIC Consult, 2019).

Países como Alemanha, Suécia, República Checa, Áustria, Eslováquia, França, Irlanda, Chipre e Romênia colocaram foco estratégico também na área de educação. Entre as principais medidas estão a implementação de TIC na educação, como medidas que auxiliem o desenvolvimento de habilidades e capacidades para o mundo do trabalho num ambiente em transformação digital (quadro 3).

As políticas que prevalecem são compreendidas como uma abordagem *bottom-up*. Essas estratégias também têm sido fomentadas pelos governos que destinam a implementação para algum ministério específico ou em conjunto com outros ministérios, dando uma abordagem mais holística, como pode ser observado no comparativo do quadro 4.

#### Quadro 4. Tipos de abordagem da implementação de política e principal origem do financiamento

Países		DE	AT	BE	DK	SK	ES	FR	HU	IT	LT	LU	NL	PL	PT	CZ	SE	FI	EE	SI	IE	CY	GR	MT	RO	UK
Tipos de abordagem da política	Top-down		X			X				X																
	Bottom-up	X		X	X		X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X		X
	Indefinida																						X		X	
Fundos de apoio	Público					X			X	X	X					X		X	X		X	X	X	X		
	Privado																				X					
	Misto	X	X	X	X		X	X				X	X	X	X		X								X	X

Fonte: Elaborado a partir dos dados dos relatórios por países do Digital Transformation Monitor (European Commission, 2021a) e dos relatórios do *Monitoring Progress in National Initiatives on digitising industry-Country report* (VVA 6 WIC Consult, 2019). \*siglas em inglês.

Entre os países da UE apenas a Eslovênia possui um desenho de políticas elaborado essencialmente pela iniciativa privada. Outros países, tais como França, Alemanha, Áustria, Bélgica, Dinamarca, Espanha, Luxemburgo, Portugal, Polônia, Países Baixos, Suécia, Romênia e Reino Unido, envolvem vários atores para a elaboração dessas estratégias, buscando maior envolvimento na consecução da estratégia, e abrangem um *mix* de fundos e investimentos públicos e privados (Quadro 4). Os maiores orçamentos projetados para a execução e implementação das políticas e projetos voltados para a digitalização são da França, Itália, Alemanha, Espanha, Reino Unido Finlândia e Polônia. (European Commission, 2021a). Estratégias Nacionais previstas predominantemente com fundos públicos se destacam em países como Eslováquia, Hungria, Itália, Lituânia, Estônia, Irlanda, Chipre, Malta, Espanha, Finlândia e República Tcheca) (Quadro 4). As principais políticas nacionais dependem significativamente de financiamento público, o orçamento total de todos os países, do período de 2014 a 2019, foi de 34 bilhões de euros (Majstorovic & Mitrovic, 2019).

Os programas da UE para a digitalização da economia vêm buscando sinergias entre os instrumentos e destinação de fundos de diferentes políticas e programas como Horizonte 2020, Connecting Europe Facility (CEF), Creative Europe Programme (incluindo Mídia), Fundo InvestEU, COSME, Programa do Mercado Único (Single Market Programme), Fundo para o Desenvolvimento Regional Europeu (European Regional Development Fund-ERDF), European Social Fund Plus incluindo Iniciativa para o Emprego dos Jovens), Fundo para a Agricultura (European Agricultural Fund for Rural Development-EAFRD), Erasmus, Fundo para a adaptação à Globalização Europeia (European Globalisation Adjustment Fund), Fundo para a Gestão Integrada de Fronteiras (Integrated Border Management Fund), Fundo para a Segurança Interna (Internal Security Fund), Ação para o Ambiente e Clima (incluindo Eficiência Energética e Fundo Europeu Marítimo e das Pescas (European Maritime and Fisheries Fund) (European Commission, 2018c).

A percepção pelos Estados-Membros da UE das políticas voltadas para a Indústria 4.0 é a de que a abordagem deveria ser mais ampla, abrangendo as mudanças sociais e os novos

paradigmas empresariais que se desenvolvem sob a introdução das novas tecnologias da Indústria 4.0. Além disso, como a Indústria 4.0 afeta potencialmente toda a cadeia de valor, as empresas que possuem sucursais em diferentes países da UE podem compensar em sua cadeia de valor os diferentes estágios de implantação e avanços das tecnologias da Indústria 4.0. Por outro lado, preocupa a questão da mudança de paradigma no âmbito da força de trabalho, tornando essencial a reflexão sobre como políticas mais integradas podem contribuir na educação e formação da força de trabalho nos países da UE (Smit et al., 2016).

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONTRIBUIÇÕES

Em síntese, a contribuição deste artigo consistiu em: a) identificar as políticas supranacionais da União Europeia Governo voltados para implementar medidas que fortalecessem os pilares da Indústria 4.0 para a reconversão tecnológica do sistema produtivo; b) identificar 25 iniciativas nacionais europeus de políticas voltadas para a digitalização e comparar as estratégias; c) analisar as políticas estratégicas dos países membros da EU.

A possibilidade de uma reindustrialização dos países europeus (consagrada no novo pacote de fundos comunitários) tem aumentado a atenção dos *policymakers* e *stakeholders* para criar condições de implementação da indústria 4.0, devido à importância que indústria manufatureira exerce nestas economias. A Alemanha assumiu a vanguarda na Indústria 4.0, ou seja, deu-se por iniciativa da convergência entre os interesses público e privado para formatar um *framework* tecnológico que colocasse não só a indústria manufatureira no topo da competitividade global, bem como os demais setores econômicos e produtivos. Por outro lado, a União Europeia também apresentou rapidamente políticas que enquadrassem os novos conceitos de digitalização da economia e mais precisamente adequasse as políticas e os fundos estruturais às necessidades de um novo desenho competitivo que os países membros da UE estavam solicitando.

Como principais políticas que conjugaram esforços para enquadrar-se às necessidades para a implementação da indústria 4.0 ou foram políticas que produziram os primeiros alicerces destacaram-se: Estratégia da União Europeia para a Especialização – S3 Inteligente e a Digitalização para a Indústria Europeia (DEI). A formulação dos planos e estratégias para a implementação da Indústria 4.0 na UE se alicerça em conceitos já incorporados nos modelos de inovação, tais como a visão de Sistema Nacional de Inovação (Lundvall, 1992) e na tríplice Hélice tal qual abordam Etzkowitz and Leydesdorff (2000).

Os Estados têm adotado o papel de indutores na elaboração e implementação da Indústria 4.0, bem como na promoção de fundos públicos para a consecução desses planos e programas, mas a maioria tem investimento público e privado. Espera-se que o processo de reconversão tecnológica atinja todos os setores, mas a indústria tem estado no topo das prioridades da maioria dos programas nacionais. Embora as grandes corporações estejam na dianteira da incorporação da reconversão tecnológica I4.0, muitos países europeus direcionam medidas específicas para apoiar as PME neste processo.

Porém, este é um processo de que implica não somente em reconversão tecnológica, de implementação de tecnologias avançadas, mencionadas por este artigo, mas também que mudança de paradigma que altera comportamento não só dá oferta, como da demanda, além dos fatores de produção como tecnologia, capital e da mão de obra. No eixo estratégico da digitalização está a capacitação dos europeus para a era digital. Entretanto, essas políticas se implantadas também levam tempo a repercutir, pois envolve a capacitação da mão de obra de diferentes gerações e níveis escolares.

Com a pandemia causada pela covid-19 criaram-se várias demandas globais, as quais as empresas não têm condições de satisfazê-las, pelo menos no curto prazo. Ademais, o fechamento das fronteiras como medida profilática para evitar o espriamento viral reforça a

ideia de produzir localmente. Embora tenha ocorrido uma queda abrupta do consumo e renda, que certamente se refletirá nos avanços da implementação da indústria 4.0, por outro lado, a adoção da indústria 4.0 se tornará mais eminente. Recomenda-se novos estudos relacionando os impactos da pandemia na implementação da indústria 4.0 e o impacto na cadeia de valor global. Ainda, sugere-se futuros estudos sobre os investimentos realizados e projetados nas políticas públicas e privadas para a implementação da indústria 4.0.

## REFERÊNCIAS

Agostini, L., & Nosella, A. (2019). The adoption of Industry 4.0 technologies in SMEs: results of an international study. *Management Decision*, 58(4), 625-643. doi:10.1108/md-09-2018-0973

Atik, H., & Unlu, F. (2020). Industry 4.0-Related Digital Divide in Enterprises: An Analysis for The European Union-28. *Sosyoekonomi*, 28(45), 225-244. doi:10.17233/sosyoekonomi.2020.03.13

Buchi, G., Cugno, M., & Castagnoli, R. (2020). Smart factory performance and Industry 4.0. *Technological Forecasting and Social Change*, 150, 10. doi:10.1016/j.techfore.2019.119790

Castelo-Branco, I., Cruz-Jesus, F. et Oliveira, T.. (2019). Assessing Industry 4.0 readiness in manufacturing: Evidence for the European Union. *Computers in industry*, 107, 22-32. doi:10.1016/j.compind.2019.01.007

Ciffolilli, A., & Muscio, A. (2018). Industry 4.0: national and regional comparative advantages in key enabling technologies. *European Planning Studies*, 26(12), 2323-2343. doi:10.1080/09654313.2018.1529145

DIN e V & DKE - Deutsche Kommission Elektrotechnik (2020). DIN and DKE ROADMAP German Standardization Roadmap Industrie 4.0. Standardization Council Industry 4.0. Version 4, Germany, pp.138. Retrieve from < <https://www.plattform-i40.de/PI40/Navigation/EN/Home/home.html>>

Etzkowitz, H., & Leydesdorff, L. (2000). The dynamics of innovation: from National Systems and “Mode 2” to a Triple Helix of university–industry–government relations. *Research Policy*, 29(2), 109-123. doi:10.1016/s0048-7333(99)00055-4

European Commission (2017). *Shaping Europe’s digital future: Implementation of an Industry 4.0 Strategy - The German Plattform Industrie 4.0*. [Acesso 25 nov. 2020]. Disponível em: < <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/blog/implementation-industry-40-strategy-german-plattform-industrie-40>>

European Commission (2018). *Shaping Europe’s digital future: The Fourth Industrial Revolution*. [Acesso 25 nov. 2020]. Disponível em: < <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/fourth-industrial-revolution>>

European Commission (2018a). *Shaping Europe’s digital future: POLICY - Coordination of European, national & regional initiatives*. [Acesso 25 nov. 2020]. Disponível em: < <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/coordination-european-national-regional-initiative>>

European Commission (2018b). *Shaping Europe's digital future. POLICY- Pillars of the Digitising European Industry initiative*. Acceso: 10 jan. 2021]. Disponível em: < <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/pillars-digitising-european-industry-initiative>>

European Commission (2018c). *Proposal for a regulation of the European Parliament and of the Council establishing the Digital Europe programme for the period 2021-2027*. Brussels. [Acesso 13 jan. 2021]. Disponível: < <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM:2018:434:FIN>>

European Commission (2020). *Smart Specialization Platform*. [Acesso 16 jan. 2021]. Disponível: < <https://s3platform.jrc.ec.europa.eu/>>

European Commission (2020a). *Shaping the digital transformation in Europe. Final report*. DOI: 10.2759/294260 [Acesso 25 jan. 2021]. Disponível: < file:///C:/Users/Usuario/Downloads/FinalreportofthestudyShapingthedigitaltransformationinEuropepdf%20(1).pdf >

European Commission (2020b). *Digital Economy and Society Index (DESI) 2020. Thematic chapters*. [Acesso 25 jan. 2021]. Disponível: <<https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/digital-economy-and-society-index-desi>>

European Commission (2021). *Data dashboard*. [Acesso 25 jan. 2021]. Disponível: <https://ati.ec.europa.eu/data-dashboard/country>

European Commission (2021a). *Digital Transformation Monitor*. [Acesso 25 jan. 2021]. Disponível: <https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/dem/monitor/category/national-initiatives>

Fuchs, C. (2018). Industry 4.0: The Digital German Ideology. *tripleC: Communication, Capitalism & Critique. Open Access Journal for a Global Sustainable Information Society*, 16(1), 280-289. doi:10.31269/triplec.v16i1.1010

GTAI-Germany Trade & Investments (2014). *Industrie 4.0: Smart Manufacturing for the future*. [Acesso 16 nov. 2020]. Disponível em:< [http://file:///C:/Users/Usuario/Downloads/GTAI%20-%20industrie4.0-smart-manufacturing-for-the-future-en%20\(1\).pdf](http://file:///C:/Users/Usuario/Downloads/GTAI%20-%20industrie4.0-smart-manufacturing-for-the-future-en%20(1).pdf) >

Hervas-Oliver, J.-L., Gonzalez-Alcaide, G., Rojas-Alvarado, R., & Monto-Mompo, S. (2020). Emerging regional innovation policies for industry 4.0: analyzing the digital innovation hub program in European regions. *Competitiveness Review: An International Business Journal, ahead-of-print*(ahead-of-print). doi:10.1108/cr-12-2019-0159

Horst, J, & Santiago, F (2018). What can policymakers learn from Germany's Industrie 4.0 development strategy? Working paper 22, United Nations Industrial Development Organization.

Hoyer, C., Gunawan, I., & Reaiche, C. H. (2020). The Implementation of Industry 4.0-A Systematic Literature Review of the Key Factors. *Systems Research and Behavioral Science*, 37(4), 557-578. doi:10.1002/sres.2701

- Kagermann, H., Wahlster, W., & Helbig, J. (2013). Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0, Securing the future of German manufacturing industry, Final report of the Industrie 4.0 Working Group, Acatech- National Academy of Science and Engineering. [Acesso 29 nov. 2020]. Disponível em: 2013. <https://www.din.de/blob/76902/e8cac883f42bf28536e7e8165993f1fd/recommendations-for-implementing-industry-4-0-data.pdf>.
- Kagermann, H. (2015). Change Through Digitization—Value Creation in the Age of Industry 4.0. In: Albach H., Meffert H., Pinkwart A., Reichwald R. (eds) *Management of Permanent Change*. Springer Gabler, Wiesbaden. doi:10.1007/978-3-658-05014-6\_2
- Lee, J. (2015). Smart Factory Systems. *Informatik-Spektrum*, 38(3), 230-235. doi:10.1007/s00287-015-0891-z
- Lepore, D., & Spigarelli, F (2020). Integrating Industry 4.0 plans into regional innovation strategies. *Local Economy*, 15. doi:10.1177/0269094220937452
- Liao, Y., Deschamps, F., Loures, E. D. F. R., & Ramos, L. F. P. (2017). Past, present and future of Industry 4.0 - a systematic literature review and research agenda proposal. *International Journal of Production Research*, 55(12), 3609-3629. doi:10.1080/00207543.2017.1308576
- Lu, Y. (2017). Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues. *Journal of Industrial Information Integration*, 6, 1-10. doi:10.1016/j.jii.2017.04.005
- Lundvall, B-A., 1992. National Systems of Innovation: *Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*. Pinter, London
- Madsen, D. O. (2019). The Emergence and Rise of Industry 4.0 Viewed through the Lens of Management Fashion Theory. *Administrative Sciences*, 9(3), 25. doi:10.3390/admsci9030071
- Majstorovic, V. D., & Mitrovic, R. (2019). Industry 4.0 Programs Worldwide. In (pp. 78-99): Springer International Publishing.
- Ministry of Transport, Information, Technology and Communications (2021). Digital Transformation of Bulgaria for the period 2020-2030. [ Acesso 28 jan. 2021]. Disponível: [https://www.mtitc.government.bg/sites/default/files/digital\\_transformation\\_of\\_bulgaria\\_for\\_the\\_period\\_2020-2030\\_f.pdf](https://www.mtitc.government.bg/sites/default/files/digital_transformation_of_bulgaria_for_the_period_2020-2030_f.pdf)
- Morrar, R., Arman, H., & Mousa, S. (2017). The Fourth Industrial Revolution (Industry 4.0): A Social Innovation Perspective. *Technology Innovation Management Review*, 7(11), 12-20. doi:10.22215/timreview/1117
- Nazarov, D., & Klarin, A. (2020). Taxonomy of Industry 4.0 research: Mapping scholarship and industry insights. *Systems Research and Behavioral Science*, 37(4), 535-556. doi:10.1002/sres.2700
- Park, Y.-T. (2000). National systems of Advanced Manufacturing Technology (AMT): hierarchical classification scheme and policy formulation process. *Technovation*, 20(3), 151-159. doi:10.1016/s0166-4972(99)00103-0



- Reischauer, G. (2018). Industry 4.0 as policy-driven discourse to institutionalize innovation systems in manufacturing. *Technological Forecasting and Social Change*, 132, 26-33. doi:10.1016/j.techfore.2018.02.012
- Rejikumar, G., Raja, S. V., Arunprasad, P., Jinil, P. I., & Sreeraj, K. M. (2019). Industry 4.0: key findings and analysis from the literature arena. *Benchmarking: An International Journal*, 26(8), 2514-2542. doi:10.1108/bij-09-2018-0281
- Slusarczyk, B. (2018). INDUSTRY 4.0 - ARE WE READY? *Polish Journal of Management Studies*, 17(1), 232-248. doi:10.17512/pjms.2018.17.1.19
- Schwab, Klaus (2016). *The Fourth Industrial Revolution*. 1° ed., New York: World Economic Forum.
- Smit, J., Kreutzer, S., Moeller, C., & Carlberg, M. (2016). Industry 4.0 a study for the European Parliament. [Acesso 13 jan. 2021]. Disponível: < <http://www.europarl.europa.eu/studies>>
- Valdani Vicari e Associati – Economis & Policy (VVA); & WIC Consult (2019). Monitoring progress in national initiatives on digitising industry - Country Report. [Acesso 05 jan. 2021]. Disponível: < <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/workshop-monitoring-progress-national-initiatives-digitising-industry>>
- Xu, L. D. (2020). The contribution of systems science to Industry 4.0. *Systems Research and Behavioral Science*, 37(4), 618-631. doi:10.1002/sres.2705
- Zeng, J. (2021). China's Artificial Intelligence Innovation: A Top-Down National Command Approach? *Global Policy*. doi:10.1111/1758-5899.12914
- Zhang, C. M., & Chen, Y. (2020). A Review of Research Relevant to the Emerging Industry Trends: Industry 4.0, IoT, Blockchain, and Business Analytics. *Journal of Industrial Integration and Management-Innovation and Entrepreneurship*, 5(1), 165-180. doi:10.1142/s2424862219500192