



Indústria 4.0

Recursos humanos
e educação para o mundo 4.0



Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
Ciência, Tecnologia e Inovação





cgée

Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
Ciência, Tecnologia e Inovação



Indústria 4.0

Recursos humanos
e educação para o mundo 4.0



© Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE)

O Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) é uma associação civil sem fins lucrativos e de interesse público, qualificada como Organização Social pelo executivo brasileiro, sob a supervisão do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI). Constitui-se em instituição de referência para o suporte contínuo de processos de tomada de decisão sobre políticas e programas de ciência, tecnologia e inovação (CT&I). A atuação do Centro está concentrada nas áreas de prospecção, avaliação estratégica, informação e difusão do conhecimento.

DIRETOR-PRESIDENTE

Marcio de Miranda Santos

DIRETORES

Luiz Arnaldo Pereira da Cunha Junior

Regina Maria Silverio

EDIÇÃO | *Marianna Nascimento*

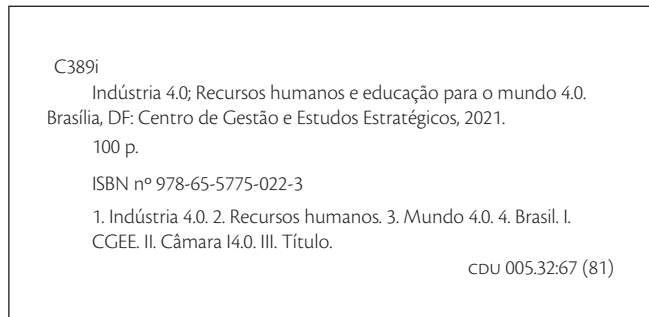
DIAGRAMAÇÃO | *Contexto Gráfico*

CAPA E INFOGRÁFICOS | *Contexto Gráfico*

PROJETO GRÁFICO | *Núcleo de design gráfico do CGEE*

COORDENAÇÃO DA COMUNICAÇÃO INTEGRADA | *Jean Marcel da Silva Campos*

Catálogo na Fonte



Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
SCS Qd 9, Bl. C, 4º andar, Ed. Parque Cidade Corporate
70308-200, Brasília, DF
Telefone: (61) 3424.9600
<http://www.cgee.org.br>, @cgee_oficial

Referência bibliográfica:

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS - CGEE. **Indústria 4.0**; Recursos humanos e educação para o mundo 4.0. Brasília, DF: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2021. 100 p.

Esta publicação é parte integrante das atividades desenvolvidas no âmbito do 2º Contrato de Gestão CGEE – 21º Termo Aditivo/Ação: Estudos, Análises e Avaliações/Projeto: Inovação para o Desenvolvimento Nacional: Subsídios Técnicos para Políticas - 8.10.53.06.01.01 /MCTI/2021.

Todos os direitos reservados pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE). Os textos contidos nesta publicação poderão ser reproduzidos, armazenados ou transmitidos, desde que seja citada a fonte.



Indústria 4.0

Recursos humanos e educação
para o mundo 4.0

SUPERVISÃO

Luiz Arnaldo Pereira Jr.

EQUIPE TÉCNICA DO CGEE

Mayra Juruá Gomes de Oliveira (coordenação)

Thiago Silveira Gasser

Jackson Maia

Lucas Varjão Motta

Verena Hitner Barros

CONSULTORIA

Ana Luíza Matos de Oliveira

Gilberto Lacerda Santos

GRUPO DE TRABALHO CAPITAL HUMANO DA CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA 4.0

Prof. Klaus Schutzer

Pós-Graduação em Engenharia de Produção da
Universidade Federal do ABC (PGEPR/UFABC)

Flávio de Queiroz Costa

Conselho Nacional de Desenvolvimento
Científico e Tecnológico (CNPq)

Frankwaine Pereira de Melo

Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (Senai)

Eliana Emediato

Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI)



Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
Ciência, Tecnologia e Inovação

Onde o futuro está presente



SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	7
1. PANORAMA DE HABILIDADES E COMPETÊNCIAS PARA UM MUNDO 4.0	9
1.1. Justificativa	9
1.2. Objetivo	11
1.3. Habilidades necessárias ao mercado de trabalho de uma economia e sociedades digitais	11
1.4. Panorama da produção científica sobre habilidades para um mundo 4.0 a partir de análise de redes	29
1.5. Recomendações: monitoramento das habilidades da força de trabalho, currículos, metodologias de ensino e exclusão digital	43
Referências	53
2. FORMAÇÃO PROFISSIONAL NA ERA DA INDÚSTRIA 4.0: SABERES TÉCNICOS E TECNOLÓGICOS PARA UMA SOCIEDADE EM TRANSFORMAÇÃO	61
2.1. As tecnologias disruptivas e a emergência de novos modos de produção industrial	61
2.2. A educação profissional no sistema educacional para a Indústria 4.0: 5 pistas para atualização de currículos	77
2.3. Recomendações finais	89
Referências	93
LISTA DE GRÁFICOS	97
LISTA DE FIGURAS	97

LISTA DE TABELAS

98

SIGLAS E ABREVIATURAS

99



APRESENTAÇÃO

Este estudo é proveniente do projeto Subsídios para a Câmara Brasileira da Indústria 4.0, uma iniciativa da Câmara Brasileira da Indústria 4.0. A coordenação desta Câmara é feita pelo Ministério da Economia (ME) e pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI), com a participação de atores do setor público e de representantes dos setores industriais e da academia.

O projeto busca elaborar estudos estratégicos a fim de acelerar a transformação digital na indústria brasileira, por meio de proposições de ações para impulsionar as atividades da Câmara, contribuindo para o aprimoramento e para a produção de políticas públicas. A adoção de tecnologias 4.0 pelo setor industrial é tema prioritário, porém permeado por múltiplos desafios para sua implementação.

Entre os desafios do setor industrial brasileiro elencados pela Câmara Brasileira da Indústria 4.0 estão as necessidades de:

- Aumentar a competitividade e a produtividade das empresas brasileiras por meio da Indústria 4.0
- Melhorar a inserção do Brasil nas cadeias globais de valor
- Introduzir o uso de tecnologias da Indústria 4.0 nas pequenas e médias empresas
- Garantir instrumentos para que soluções de empresas de base tecnológica, *startups* e integradoras possam ser ofertadas e disponibilizadas diretamente às empresas
- Assegurar estabilidade e volume de recursos a custo adequado para a implementação de iniciativas para a Indústria 4.0
- Identificar e desenvolver soluções para a Indústria 4.0 adequadas às empresas do parque produtivo brasileiro e
- Evitar a sobreposição de esforços individuais de instituições públicas e privadas e pulverização de recursos para solucionar necessidades e demandas da Indústria 4.0 no Brasil.

O Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) vem oferecendo contribuições à Câmara Brasileira da Indústria 4.0, fornecendo subsídios para superar os entraves observados pelos membros e buscando facilitar a formulação de iniciativas voltadas para a adoção de tecnologias 4.0 pela

indústria brasileira. Por meio de estudos estratégicos, o CGEE espera aumentar o conhecimento dos atores sobre as necessidades do setor, bem como promover os incrementos necessários para o futuro.

Deste modo, O CGEE e a Câmara Brasileira da Indústria 4.0 esperam, com este conteúdo, contribuir para o melhoramento do cenário do setor industrial brasileiro, promovendo maior produtividade, competitividade e desenvolvimento econômico.

Luiz Arnaldo Pereira da Cunha Junior

Diretor do CGEE



1. PANORAMA DE HABILIDADES E COMPETÊNCIAS PARA UM MUNDO 4.0

1.1. Justificativa

A transição progressiva da economia e da sociedade para modelos de alta interface com a tecnologia e para modos de produção e relações digitais redimensiona a necessidade de políticas públicas voltadas à formação e à inserção de recursos humanos nos meios de produção. Inegavelmente, os impactos da digitalização do mundo ultrapassam o papel da indústria 4.0, falando-se frequentemente em um mundo 4.0¹, em um processo acelerado pela necessidade de prevenir o contágio da Covid-19 a partir de 2020 (ZEMTSOV, 2020).

Sobre a conceituação do termo “4.0” e suas derivações, considera-se Indústria 4.0 (e mundo 4.0) a partir de Pfeifer (2017), que aponta que o termo, surgido a partir da Feira Industrial de Hannover de 2011, deu origem à visão de uma “nova revolução industrial” (SCHWAB, 2019), inspirando o debate sobre o futuro do trabalho e sobre a sociedade como um todo. Esta ideia, posteriormente, espalhou-se para outros países, com um pico do tema em 2016, quando a reunião de Davos do Fórum Econômico Mundial teve como tema Conquistando a Quarta Revolução Industrial.

O termo Indústria 4.0 joga luz sobre a indústria como vetor de uma transformação mais ampla na sociedade em um momento no qual este setor parecia ter perdido protagonismo com o processo de desindustrialização (PFFEIFER, 2017). Para muitos, até o conceito de indústria 4.0, a produção industrial era a “velha economia”, residual e em permanente declínio.

Como exemplos do que seria a indústria 4.0, comumente são listados: i) *cyber physical systems*, ii) a internet das coisas, dos serviços e das pessoas; iii) realidade virtual e aumentada; iv) robótica avançada; v) impressão 3D; vi) inteligência artificial; vii) *Big Data*; viii) computação ou informação

1 O uso do termo “mundo 4.0” ou “Brasil 4.0” considera que os impactos da fase da indústria global extrapolam à própria organização industrial e produtiva, afetando também outras áreas da economia e da sociedade. Esse impacto também é esperado no Brasil.



em nuvem; ix) *wearables* (aparelhos afixados ao corpo humano que auxiliam na produção ou na vida); entre outros (BONGOMIN *et al.*, 2020).

No Brasil, um país com alta desigualdade, baixo custo relativo do trabalho pouco qualificado e baixa automação, é preciso tratar o tema de forma a não ampliar ainda mais as desigualdades pré-existentes. De fato, no Brasil há forte tendência à precarização em um mundo 4.0. Inclusive, as profissões que mais crescem no Brasil conectadas a novas tecnologias, segundo o próprio *ranking* do LinkedIn (WEF, 2019; LINKEDIN, 2020), indicam esta precarização: entre as 15 profissões emergentes no Brasil em 2020, estão representantes de vendas, especialistas em sucesso do cliente e motoristas. Também, desde 2017, a informalidade vinha crescendo no Brasil (até antes da pandemia de Covid-19), bem como a precarização da força de trabalho, com a chamada “uberização” (ABÍLIO, 2017). OECD (2019) destaca também a correlação do mundo 4.0 com formas precárias de inserção no mercado de trabalho, em escala que já não pode ser tratada como marginal.

Porém, adaptar-se a um mundo 4.0 não necessariamente significa ampliar a precarização. Relacionada a este fato está a estrutura produtiva brasileira, que vem passando por um processo de desindustrialização². Neste sentido, a preparação de trabalhadores para o mercado de trabalho precisa considerar também que a formação é apenas uma parte necessária da equação, pois, se não houver emprego da força de trabalho qualificada na organização produtiva do mundo 4.0, haverá um desperdício de talentos e de recursos.

Partindo dessas constatações, a Câmara Brasileira da Indústria 4.0 (Câmara I4.0) solicitou ao Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) que desenvolvesse uma série de notas técnicas para apoiar o desenvolvimento de seus trabalhos. A Câmara I4.0 é uma articulação criada em 2019 para articular importantes atores públicos e privados; além de impulsionar a competitividade da indústria brasileira e a inserção nacional em cadeias globais de valor. Em seu plano de ação, estão contempladas iniciativas para enfrentar “Desafios para dispor de recursos humanos qualificados para atuarem no ambiente da Economia 4.0 e no desenvolvimento de tecnologias relacionadas” (Câmara da Indústria 4.0, 2019).

2 A produção industrial (indústria geral) com ajuste sazonal tendo como base (100) o valor de 2002 ficou consistentemente abaixo de 100 pontos a partir de 2014 no Brasil, chegando a cair a 65 pontos em abril de 2020, como consequência da pandemia de Covid-19 (IEDI, 2020).



1.2. Objetivo

A presente nota técnica teve como objetivo principal mapear as principais habilidades para um mundo 4.0 a partir de diversos autores, setores e países. Para alcançar esse objetivo, foram analisados documentos transdisciplinares de referência na literatura mundial. Além disso, foi realizado um levantamento da produção científica sobre o tema registrada no repositório *Web of Science*. Espera-se que o resultado da pesquisa possa nutrir a Câmara I4.0 e, em particular seu Grupo de Trabalho (GT) Capital Humano com elementos para a formulação de políticas públicas e de programas de apoio simultâneo à inovação tecnológica e à garantia de empregos qualificados.

O trabalho parte do arcabouço analítico do relatório *OECD Employment Outlook 2019: The Future of Work* (OECD, 2019), no qual é apresentada uma visão integrada sobre o mundo 4.0, incluindo educação, desigualdade, desafios demográficos, regulação do trabalho, proteção social (em especial quanto ao seguro-desemprego e à realocação de trabalhadores), entre outros. O relatório alerta que o futuro dependerá da capacidade de planejamento dos Estados para o mundo 4.0, sendo essa uma questão estratégica.

Ao final da nota, são apresentadas, a título exploratório, algumas sugestões de políticas públicas visando ao aprimoramento de currículos acadêmicos e à incorporação de novas metodologias de ensino (*e-learning*, *gamificação*, *serious games*, *learning factories*, etc). As sugestões também advogam pela necessidade de ampliar o conhecimento sobre as habilidades atuais da força de trabalho brasileira e sobre as necessidades presentes e futuras do mercado de trabalho. É inequívoca a necessidade de aprofundamento e refinamento constantes do conhecimento sobre a interação entre oferta de empregos e demanda de habilidades para o mundo 4.0, assim como o fazem países da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento (OCDE) e da União Europeia.

1.3. Habilidades necessárias ao mercado de trabalho de uma economia e sociedades digitais

Pinzone *et al.* (2017) apontam que, apesar do rápido desenvolvimento em direção à Indústria 4.0, ainda há muito desconhecimento quanto à evolução de perfis e habilidades necessárias e sobre como as empresas deveriam lidar com a lacuna de habilidades que está sendo criada. Nesse sentido,



o presente estudo visa a contribuir para apoiar a transição do setor educacional e produtivo para um mundo 4.0.

Definir as habilidades necessárias é um desafio complexo, pois depende de diversos fatores (Figura 1), como a competição internacional e a globalização; mudanças tecnológicas; escolhas corporativas; mudanças demográficas; macroeconomia; escolha do consumidor; ambiente regulatório; e o meio político e de relações de trabalho. **Somente a partir deste complexo quadro, único para cada país, setor e momento histórico, é possível pensar um rol de habilidades necessárias.**

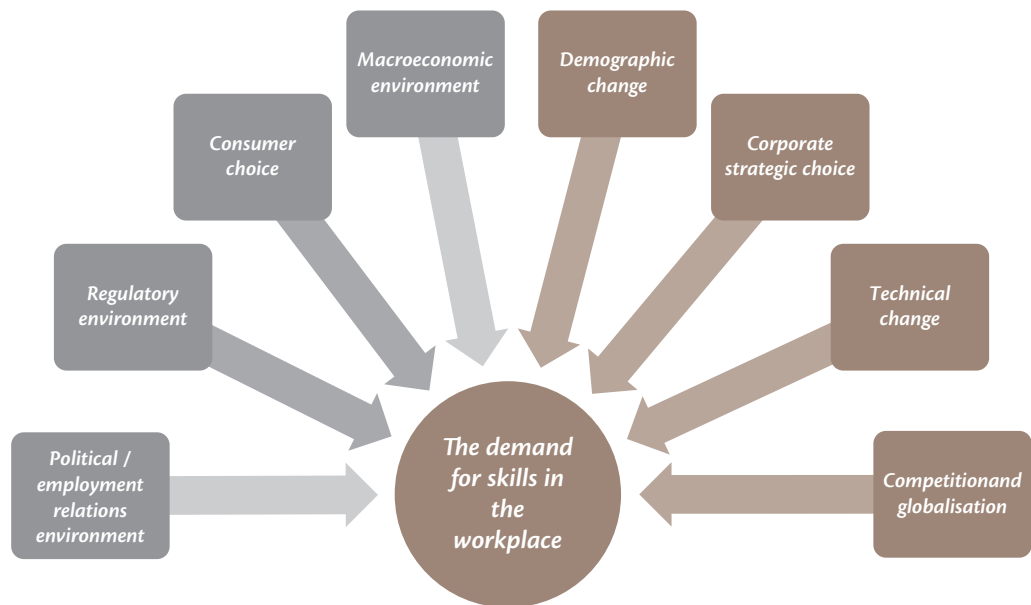


Figura 1 – Fatores que influenciam as habilidades necessárias para o mercado de trabalho

Fonte: UKCES (2014)

Os fatores elencados na Figura 1 não influenciam apenas os empregos existentes, mas também moldam as profissões do futuro. Assim, para elaborar políticas visando à formação de recursos humanos futuros, é necessário planejamento de longo prazo (Figura 2).

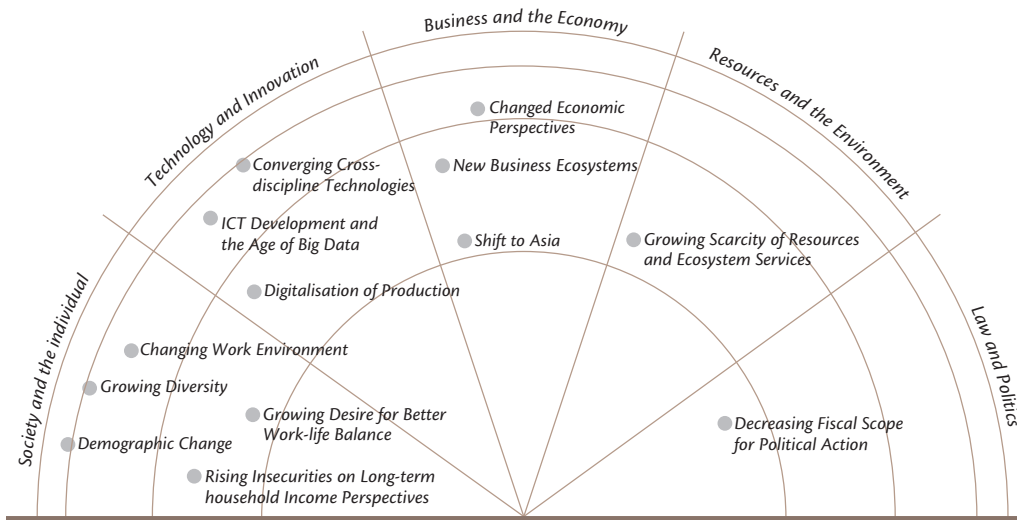


Figura 2 – Tendências que direcionam o futuro do emprego e das habilidades no Reino Unido

Fonte: UKCES (2014)

Para construir o panorama da produção científica a respeito das habilidades para uma economia e sociedade digitais, utilizou-se a base de dados *Web of Science*, na qual foram realizadas duas buscas sucessivas para levantamento de artigos indexados sobre o tema.

O primeiro levantamento, realizado em 25 de junho de 2020, almejava testar e construir o espaço conceitual adequado para os artigos a serem analisados. Assim, a busca foi iniciada em torno do conceito de Indústria 4.0, um termo bastante específico e que garantiria observar resultados com conteúdo provavelmente ligados a tecnologias disruptivas, em particular a processos de digitalização. Assim, utilizaram-se os fatores de busca “*industry 4.0*” ou “*advanced manuf**” e cruzaram-se estes com variações ligadas à ideia de habilidades e capacidades, que, em língua inglesa, possuem variações significativas (“*skill**” ou “*capacit**” ou “*abilit**”). A busca identificou 1.068 artigos, os quais foram analisados com a ajuda do *software* VOSViewer e do *software* Gephi, com *plugins* específicos desenvolvidos pelo CGEE. Dos artigos selecionados, 10,79% envolviam coautores dos EUA; 8,77%, da China; 7,32%, da Alemanha; e 5,97%, da Itália.



A Figura 3, que analisa a coocorrência de termos nos artigos, mostra que o termo “capacity” está mais ligado a características da área gerencial relacionadas à performance. Já o termo “skills” está mais ligado a termos referentes à educação, ao mercado de trabalho e à própria indústria 4.0. Esta análise preliminar indicou, portanto, que, para o levantamento almejado de bibliografia especializada, seria mais adequado realizar buscas com o termo skill. Mais adiante, esta nota demonstrará que o próprio *World Economic Forum* (WEF) tem dado bastante ênfase a esse termo. A partir da rede inicial construída com o VosViewer e de pesquisas bibliográficas na literatura nacional e internacional, notou-se que, de fato, há um interesse nas skills (habilidades) enquanto conceito com mais nuances e mais dinamicidade que as análises baseadas somente em qualificações formais ou diplomas.

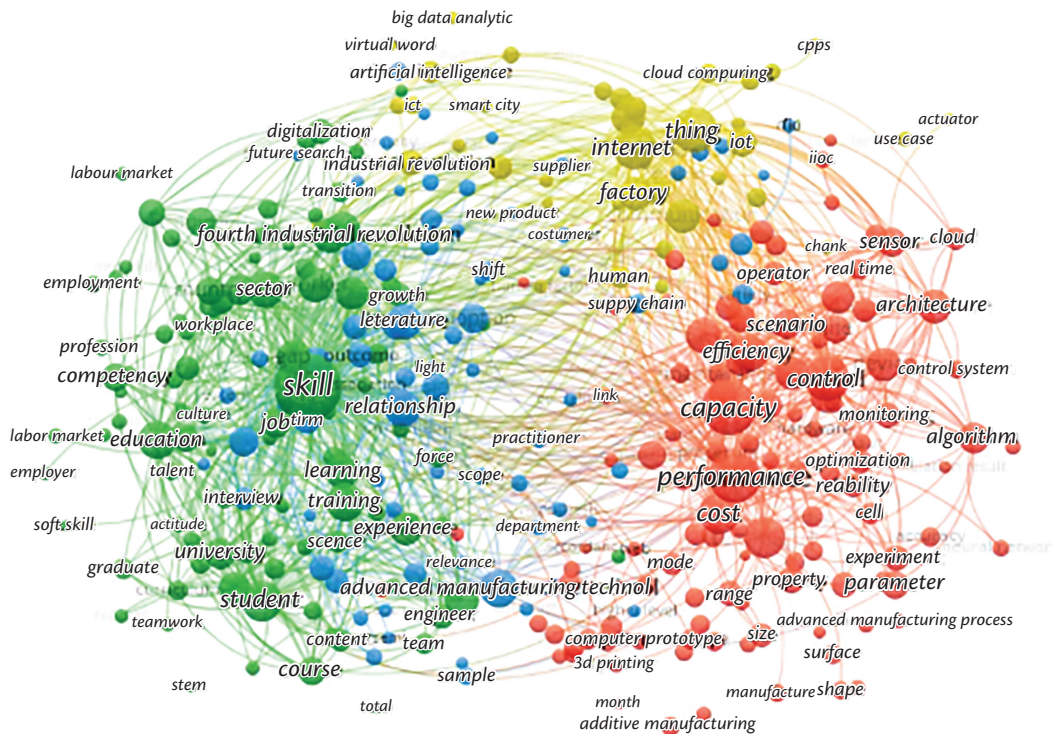


Figura 3 – Análise de artigos selecionados da Web of Science
 Fonte: CGEE (2020)



É importante fazer esta consideração pois, ao falar em indústria 4.0 e habilidades necessárias, muitos estudos abordam Ciência e Tecnologia como equivalente a desenvolvimento tecnológico e/ou às chamadas *Science, technology, engineering and mathematics* (STEM), tradicionalmente tidas como disciplinas centrais para o desenvolvimento tecnológico. Nas áreas STEM, estudos recentes mostram que o Brasil forma poucos trabalhadores em relação a outros países. Segundo Bonini *et al.* (2020), em média, no Brasil, a força laboral STEM corresponde a 0,79% do total e, nos Estados Unidos, a 6,2% do total. Com base em dados do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep), Bonini *et al.* (2020) afirmam que 129.863 estudantes concluíram cursos de ensino superior em áreas STEM em 2009 e 214.820, em 2017, um aumento de 65,3%. No conjunto não STEM, o aumento foi de 17,7%. Correspondentemente, a proporção de concluintes nessas carreiras aumentou de 13,4%, em 2009, para 17,8%, em 2017. A título de comparação, na China, na Índia e nos Estados Unidos, este índice foi, respectivamente, de 41%, 21% e 13%. Assim, embora menos que China e Índia, o Brasil já possui uma proporção de graduados nas carreiras STEM maior do que os Estados Unidos em 2016 (BONINI *et al.*, 2020).

Para os objetivos da presente nota técnica, as capacidades e habilidades necessárias são abordadas do ponto de vista da qualificação e da adequação para o mundo do trabalho e não somente a partir da área de titulação (se STEM ou não). Há um reconhecimento, inclusive, da necessidade de diversidade de áreas do conhecimento e da interdisciplinaridade para promoção do desenvolvimento tecnológico e da inovação. Assim, além da área do conhecimento ligada à formação – e além das habilidades técnicas – as habilidades possuem outras nuances, como aponta o Fórum Econômico Mundial (WEF 2019):

As habilidades são a nova moeda no mercado de trabalho. Elas expressam a oferta e a demanda com maior precisão do que as ocupações, cujas especialidades e habilidades requeridas vêm mudando cada vez mais rápido, assim como os diplomas que muitas vezes já estão desatualizados no momento em que são obtidos. O ritmo atual de mudança requer direcionamento rumo a um mercado de trabalho baseado não em diplomas, mas em habilidades, que é uma variável muito mais dinâmica. O uso de habilidades como uma variável de análise fornece uma ferramenta poderosa para ajudar os formuladores de políticas a se prepararem para o futuro ao mesmo tempo em que constroem resiliência nos dias atuais.



- (1) habilidades funcionais, como marketing e atendimento ao cliente;
- (2) habilidades de soft power, como liderança;
- (3) habilidades digitais, como mídias sociais; e
- (4) habilidades de valor agregado, como o inglês (WEF 2019, p.1, tradução nossa).³

Por outro lado, a literatura acadêmica sobre *skills* para o mundo 4.0 foca tanto em *hard skills* (competências técnicas) quanto em *soft skills* (habilidades relacionadas a aspectos da personalidade). Surpreendentemente, há muita ênfase em *soft skills* como habilidades de difícil aquisição e mais duradouras, enquanto as *hard skills* demandam constante atualização. Além disso, a literatura frisa que investir em certas habilidades que não são passíveis de automatização pode ser um diferencial: segundo Frey e Osborne (2013), é pouco provável que sejam automatizadas habilidades ligadas à inteligência criativa, à inteligência social (como necessário, por exemplo, para profissões relativas ao cuidado) e à percepção e manipulação (como em atividades em meios desestruturados ou em constante alteração).

E quais seriam as habilidades para um mundo 4.0? De forma convergente com a abordagem dos sistemas nacionais de inovação, nos quais são relevantes as especificidades de cada país e seus contextos históricos, políticos e institucionais, a literatura aponta que, **embora exista um conjunto de habilidades comuns ou recorrentes para grande parte das profissões e trabalhos, um aprofundamento das competências depende da especificidade de setores econômicos, profissões e até mesmo de países/áreas geográficas para que seja possível delimitar melhor um conjunto de características.** E há algumas iniciativas neste sentido. WEF (2019, p. 12) ressalta as habilidades necessárias para os “*emerging jobs*” a partir de *ranking* do Coursera. Já WEF (2017) usa outro ranqueamento para a avaliação de habilidades para um mundo 4.0, o *ranking* do LinkedIn, a partir de dados de usuários da rede social. A metodologia proporciona tanto um mapeamento de habilidades multifuncionais por áreas do conhecimento, idades, países (WEF, 2017), quanto fornece *rankings* de habilidades mais demandadas (Figura 4).

3 *Skills are the new currency on the labour market. Skills indicate demand and supply at a more nuanced level than occupations, whose required expertise and skills are changing increasingly quickly, and degrees, which are often already outdated by the time they are obtained. The current pace of change requires following the direction of a skills-based, rather than degree-based labor market, which is a much more dynamic variable. Using skills as a variable of analysis provides a powerful tool in helping policymakers prepare for the future while building resilience in the present day.*

(1) functional skills such as marketing and customer service;

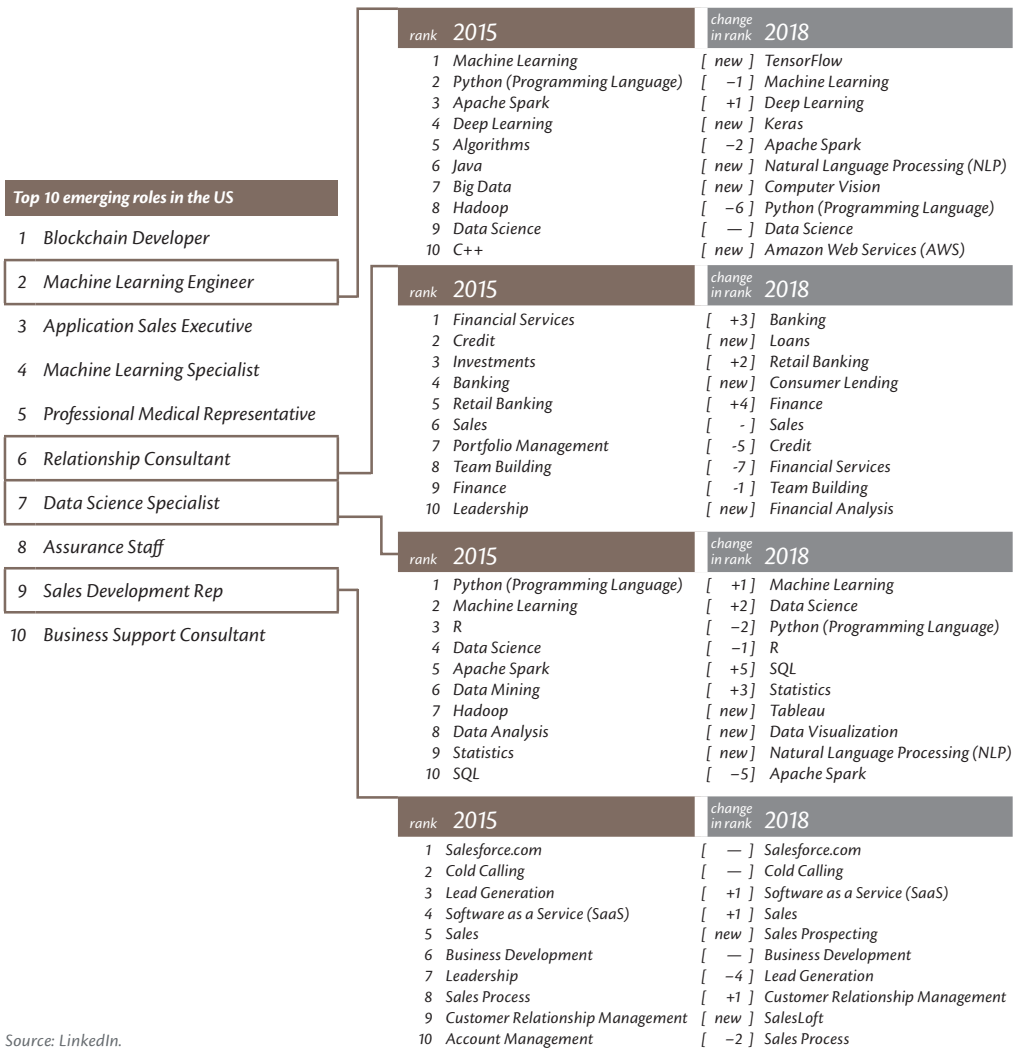
(2) soft-power skills such as leadership;

(3) digital skills such as social media; and

(4) value-added skills such as English (WEF 2019, p.1).



Change in rank of skills genome of selected emerging roles



Source: LinkedIn.

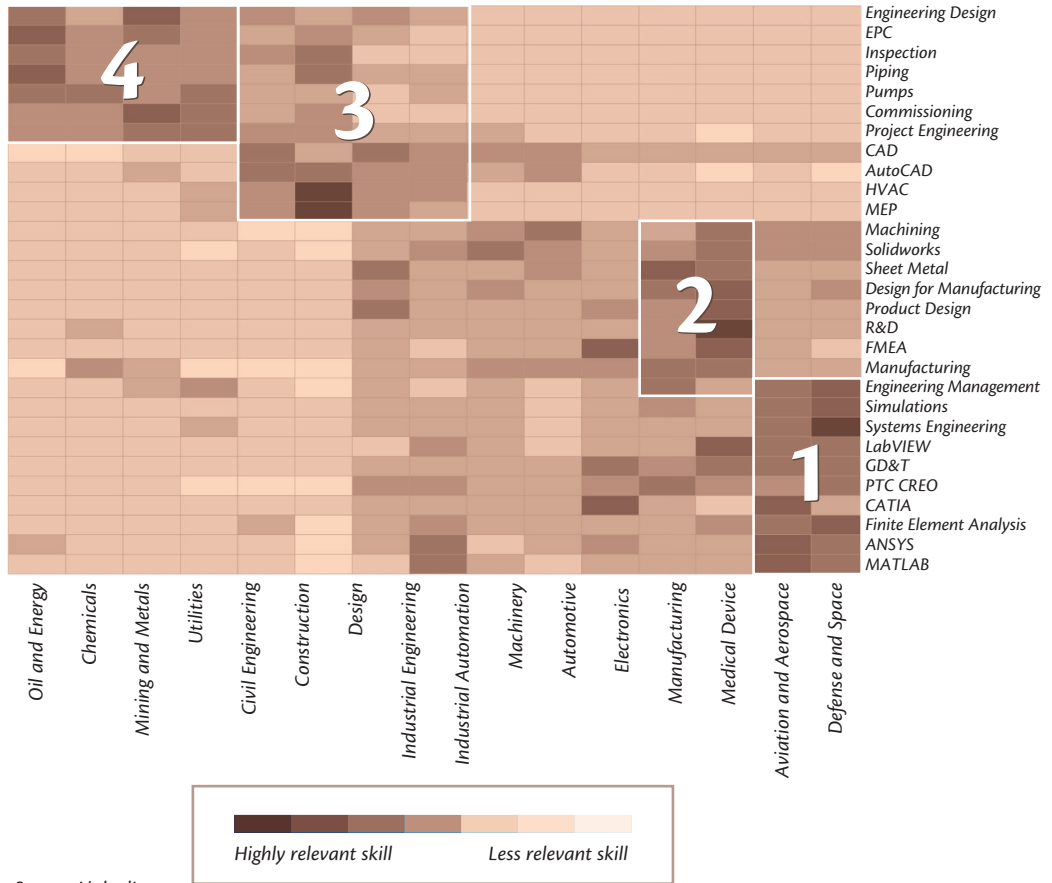
Figura 4 – 10 vagas emergentes nos EUA e genoma de habilidades

Fonte: WEF (2019)

Vale ressaltar que as 15 áreas do conhecimento mais representativas entre membros da rede social LinkedIn, da qual saem os dados para o ranking, são: i) Administração de negócios; ii) Ciência da computação; iii) Economia; iv) Psicologia; v) Contabilidade; vi) Engenharia eletrônica; vii) Marketing; viii) Engenharia mecânica; ix) Ciência política; x) Literatura americana; xi) Tecnologia da Informação; xii) Finanças; xiii) Business Commerce; xiv) História; e xv) Engenharia da comunicação (WEF, 2017).



Outra abordagem interessante de WEF (2016) é a do “mapa de calor” das habilidades para diferentes indústrias também a partir da metodologia do LinkedIn (Figura 5).



Source: LinkedIn.

Figura 5 – Mapa de calor: distribuição de habilidades de engenheiros mecânicos em diferentes indústrias

Fonte: WEF (2016)

Vale também destacar o trabalho de Accenture (2018), que sugere “focar no desenvolvimento das competências que são duradouras e (pelo menos até agora) exclusivamente humanas, em vez de apostar em habilidades técnicas específicas, pois a maioria destas se modifica permanentemente. Eles enfatizam a necessidade de desenvolver competências ‘fundacionais’ que serão necessárias em todos os setores, inclusive nos mais técnicos” (ACCENTURE, 2018, p.17). Segundo Accenture (2018), as competências técnicas não perderam sua relevância, mas, cada vez mais, poderão ser



“terceirizadas” para máquinas⁴. Segundo a empresa, a maioria das competências técnicas está tornando-se obsoleta cada vez mais rápido, o que intensifica o foco no lado humano do trabalho. Há citações no documento sobre a importância de “fazer boas perguntas e se relacionar com os outros” como algo mais importante que as competências técnicas.

Accenture (2017; 2018) reúne mais de cem competências em seis grupos (Tabela 1) que incluem competências “humanas” (como competências “analíticas” e de “inteligência social”) e competências “de máquinas” (ou “de rotina”). Accenture (2017) parte da análise de mil programas de desenvolvimento de força de trabalho, *inputs* de experts e análise de *Big Data*.

Tabela 1 – Dicionário de habilidades

<i>Skills family</i>	<i>Foundational</i>	<i>Medium</i>	<i>Master</i>
LEARN TO EARN	· <i>Digital literacy</i>	· <i>Employability basics</i>	· <i>Business conduct and protocol</i>
	· <i>Focused attention</i>	· <i>Organization</i>	· <i>Job searching (e.g., Resume writing and interviewing skills)</i>
	· <i>Numeracy</i>	· <i>Prioritization</i>	
	· <i>Reading comprehension</i>	· <i>Sequencing</i>	
	· <i>Self-efficacy</i>	· <i>Time management</i>	
	· <i>Working memory</i>		
	· <i>Writing</i>		

⁴ Para estimar a vulnerabilidade dos empregos, Accenture (2018) estabelece que os empregos nos quais os trabalhadores passam 75% ou mais de seu tempo realizando tarefas que demandam mais competências “de máquina” do que “humanas” têm alto risco de serem substituídos pela automação até 2020. Já os empregos em que os trabalhadores passam entre 25% e 74,9% do tempo realizando tarefas “de máquina” apresentam risco médio, e aqueles nos quais os trabalhadores passam menos de 25% do tempo nessas tarefas apresentam baixo risco de automação. Accenture (2018) traz interessantes projeções sobre o mercado latino americano e a automação nesse sentido, mas o tema foge do escopo de nosso trabalho.



Skills family	Foundational	Medium	Master
BUILD TECH KNOW-HOW	· Awareness of and ability to use professional tools and programs	· Coding	· Analysis and application of data
	· Awareness of data sources and applications	· Content creation	· Graphic and visual design
		· Data interpretation	· Software design
		· Understanding of professional tools and programs' functionality	
APPLY WE'Q	· Collaboration	· Active listening	· Delegation
	· Communication	· Emotional self-regulation	· Leadership
	· Listening	· Mindfulness	· Management of direct reports and supervisors
	· Self-control	· Negotiation	· Service mindset
	· Teamwork	· Self-awareness	· Storytelling
		· Social intelligence	
CREATE AND SOLVE	· Basic problem solving	· Decision making	· Analysis and synthesis
	· Creativity	· Judgment	· Critical thinking
	· Empathy	· Logical reasoning	· Design thinking
		· Planning and execution	· Entrepreneurial mindset
CULTIVATE A GROWTH MINDSET	· Curiosity	· Adaptability and continuous learning	· Ability to give and receive feedback
	· Flexibility	· Agility	· Global mindset
	· Motivation to learn	· Grit and perseverance	· Growth mindset
	· Openness	· Imagination	· Resilience
	· Optimism	· Zest	
	· Receptiveness to change		

Fonte: Accenture (2017)



A metodologia utilizada também pode ser replicada, como foi por Accenture (2017), para investigar em maior profundidade as habilidades específicas para uma profissão selecionada, ou várias.

A seguir, é apresentada uma síntese de artigos acadêmicos nacionais e internacionais sobre o tema encontrados em pesquisa bibliográfica. Essa síntese fornece um panorama de quais habilidades para um mundo 4.0 podem ser encontradas na literatura e deixa claro que, para pensar as habilidades para um mundo 4.0, é importante olhar para setores e níveis tecnológicos, **a fim de conseguir traçar um panorama mais preciso e profundo das habilidades necessárias.**

1. Gudanowska *et al.* (2018) citam um modelo de competências universais para a Indústria 4.0 como primeira etapa para medi-las. A lista foi elaborada a partir da descrição de postos de trabalho e de competências em diversas empresas (Tabela 2).

Tabela 2 – Lista de competências no modelo universal de competências

<i>Social competencies</i>	<i>Personal competencies</i>	<i>Managerial competencies</i>	<i>Professional competencies</i>
<i>Building a relationship</i>	<i>Pursuit of results (entrepreneurship)</i>	<i>Building and efficient organization</i>	<i>Administering/ maintaining documentation</i>
<i>Sharing knowledge and experience</i>	<i>Innovativeness and flexibility</i>	<i>Team building</i>	<i>Negotiating</i>
<i>Identification with the company</i>	<i>Analytical thinking</i>	<i>Ability to delegate</i>	<i>Orientation in business</i>
<i>Communication</i>	<i>Self-reliance</i>	<i>Motivating</i>	<i>Procedures – knowledge and application</i>
<i>Customer orientation</i>	<i>Decision-making</i>	<i>Strategic thinking</i>	<i>IT skills</i>
<i>Teamwork/Team collaboration</i>	<i>Troubleshooting</i>	<i>Planning</i>	<i>Technical skills</i>
<i>Solving the conflict</i>	<i>Thoroughness/Reliability</i>	<i>Leadership</i>	<i>Professional knowledge</i>
<i>Cooperation within the company</i>	<i>Professional development/ Readiness to learn</i>	<i>Project management</i>	<i>Process management</i>
<i>Exert influence</i>	<i>Managing each other</i>	<i>Team management</i>	<i>Knowledge of foreign languages</i>

Fonte: Gudanowska *et al.* (2018)



2. Schallock *et al.* (2018) apontam como importantes: “*Digital learning techniques; Job-related qualification; Lead and operate production systems; Interdisciplinary product and process development; Specific industry 4.0 competencies; Competency evaluation*” Schallock *et al.* (2018, p. 28). No entanto, afirmam que os recursos humanos se tornam ainda mais importantes nos tempos da Indústria 4.0. Nesse sentido, é preciso desenvolver:

Habilidades técnicas, como por exemplo instalar e operar dispositivos de TI: *RFID-tags*, tablets ou veículos guiados automaticamente (AGV). Habilidades de transformação (por exemplo, propor e realizar mudanças nos três estágios do sistema de produção; aprender a adaptar os princípios de transformação em suas plantas domésticas). Habilidades sociais (por exemplo trabalho em equipe, transferência de conhecimento, aquisição de conhecimento, colaboração para sincronização de processos e datas de entrega e análise de defeitos). Schallock *et al.* (2018, p. 28, tradução nossa).⁵

3. Cotet *et al.* (2020) identificam características da geração Z (nascida entre 1995 e 2012, chamada de *iMillennials*) que se relacionam à indústria 4.0, levando em consideração o “*Emotional Quotient Inventory*” (EQ-I⁶) e o “*Achievement Motivation Inventory*” (AMI⁷). Como as novas gerações têm mais familiaridade com as tecnologias que as anteriores, é preciso investir em habilidades interpessoais (“*soft skills*”): esta geração precisa saber comunicar-se com pessoas e com máquinas com a mesma facilidade Cotet *et al.* (2020, p.11). Assim, o estudo enfatiza a necessidade de pensar a educação dentro da geração considerada, suas habilidades e como aprimorar suas características de forma que os *iMillennials* não sejam somente simples operadores, mas trabalhadores criativos.
4. Bongomin *et al.* (2020), enfatizam o papel das plataformas de aprendizado *on-line* (*Massive Open Online Course – MOOC*), para além da readaptação dos sistemas formais de educação. Também sintetizam as seguintes habilidades requeridas para a indústria 4.0 (Tabela 3).

5 Technical skills, e.g. install and operate IT devices: *RFID-tags*, tablets or automatic guided vehicle (AGV). Transformation skills (e.g. propose and realize changes in all three stages of the production system; learn to adapt transformation principles in their home plants). Social skills (e.g. team work, knowledge transfer, knowledge acquiring, collaboration for synchronization of processes and delivery dates and analyzing defects) Schallock *et al.* (2018, p. 28).

6 Segundo os autores, EQ-I compreende 15 âmbitos: “*Intrapersonal (involving Self-Regard, Emotional Self-Awareness, Assertiveness, Independence, and Self-Actualization); Interpersonal (comprising Empathy, Social Responsibility, and Interpersonal Relationship); Stress Management (containing Stress Tolerance and Impulse Control); Adaptability (providing Reality-Testing, Flexibility, and Problem-Solving); and General Mood (containing Optimism and Happiness). It is recommended for use in corporate settings for recruitment, screening, employee development and leadership programs*”.

7 Segundo os autores, AMI é “*a personality inventory designed to measure a broad construct of work-related achievement motivation and the motivational traits that lead to socio-professional and also personal achievement*”.



Tabela 3 – Habilidades requeridas para a indústria 4.0

Theory and expertise skills	Technical skills Hardware skills	Software and algorithms skills (digital skills)	Personal (soft) skills
<p>Material and production skills, process skills, electrical engineering, software, ICT, statistical knowledge</p>	<p>Mechanical and plant engineering, automation technology, mechatronics, microsystems technology, electronics, hydraulics, specialized knowledge of manufacturing activities and process, awareness of ergonomics, designers, grid optimization engineering, manufacturing operations management</p>	<p>Documentation and reading, integration, customizing (process mapping)</p>	<p>Self and time management, adaptability and ability to change, team-working abilities, social skills, communication skills, trust in new technology, creativity, design, innovation, leadership, mindset for continuous improvement and lifelong learning, complexity, abstraction and problem-solving, self-directed action, self-organization, project management, human interaction, languages (English, German, etc.), autonomy, cognitive flexibility, responsibility, reliability, service orientation, negotiation, critical thinking, people management, coordinating, decision-making, service orientation</p>
<p>Knowledge of management, organizational and processual, understanding</p>		<p>Maintenance, servicing and further development of the systems, training and continuous professional development, IT knowledge and abilities, data and information processing and analytics, ability to interact with modern interfaces (human-machine/human-robot), awareness for IT security and data protection, computer programming/coding abilities, software engineering, data science, analytical/logic thinking, data/Big Data analytics, visualization, Internet of Things (IoT), IT architecture, digital media, virtual modelling, information complexity and data management, process simulation knowledge, server's knowledge, emotional intelligence</p>	



<i>Theory and expertise skills</i>	<i>Technical skills Hardware skills</i>	<i>Software and algorithms skills (digital skills)</i>	<i>Personal (soft) skills</i>
<i>Interdisciplinary/generic knowledge about technologies and organizations, understanding of legal affairs, product management, multiproject management, supply chain and support services, logistics, abilities in the STEM subjects (science, technology, engineering, and mathematics), general understanding of machine interactions, general understanding of machine interactions, general interdisciplinary knowledge of methods.</i>			

Fonte: Bongomin *et al.* (2020).

5. Tessarini Júnior e Saltorato (2018) também fazem um levantamento de competências requeridas para a indústria 4.0, a partir de uma revisão bibliográfica (Tabela 4).

Tabela 4 – Competências requeridas para a indústria 4.0

Competências funcionais	Resolução de problemas complexos
	Conhecimento avançado em TI, incluindo codificação e programação
	Capacidade de processar, analisar e proteger dados e informações
	Operação e controle de equipamentos e sistemas
	Conhecimento estatístico e matemático
Competências comportamentais	Alta compreensão dos processos e atividades de manufatura
	Flexibilidade
	Criatividade
	Capacidade de julgar e tomar decisões
	Autogerenciamento do tempo
	Inteligência emocional
Competências sociais	Mentalidade orientada para aprendizagem
	Habilidade de trabalhar em equipe
	Habilidades de comunicação
	Liderança
	Capacidade de transferir conhecimento
	Capacidade de persuasão
	Capacidade de comunicar-se em diferentes idiomas

Fonte: Tessarini Júnior e Saltorato (2018)



6. Sallati *et al.* (2019) elencam habilidades técnicas, metodológicas, sociais e pessoais como importantes. Segundo os autores, tais habilidades podem ser desenvolvidas nas chamadas “learning factories”.

Na categoria de Competências Técnicas, é necessário que os profissionais possuam conhecimentos de ponta; apresentem profundo conhecimento de processos, especialmente de processos de manufatura Sallati et al. (2019, p. 9, tradução nossa), juntamente com habilidades de TI, como a compreensão de questões de segurança cibernética, codificação e habilidades de mídia Sallati et al. (2019, p.9,11,13, tradução nossa).

As Competências Metodológicas compreendem criatividade; resolução de problemas e conflitos; tomada de decisão; habilidades analíticas e de pesquisa; e forte orientação para a eficiência. As Competências Sociais exigidas dos profissionais da Indústria 4.0 incluem habilidades interculturais e linguísticas; habilidades de comunicação e networking; capacidade de trabalho em equipe, busca por compromissos e cooperação; capacidade de transferência de conhecimento; e habilidades de liderança. A última categoria, Competências Pessoais, requer que os profissionais tenham flexibilidade; tolerância a uma rotação de cargos e tarefas; motivação para aprender; capacidade de trabalhar sob pressão; mentalidade sustentável; e conformidade. Outras habilidades mencionadas que se enquadram nesta categoria são autonomia, responsabilidade e pensamento empreendedor. Sallati et al. (2019, p. 204, tradução nossa).⁸

7. Hecklau *et al.* (2016, tradução nossa) elencam i) competências técnicas: conhecimento e habilidades relacionadas ao trabalho⁹; ii) competências metodológicas: todas as habilidades para resolução de problemas em geral e tomadas de decisão¹⁰; iii) competências sociais: todas as habilidades e competências, bem como a atitude para cooperar e se comunicar com os outros¹¹; e iv) competências pessoais: os valores sociais, motivações e atitudes de um indivíduo¹². Qualificação, por outro lado, é o processo de desenvolver competências através de treinamento e educação. A partir desse ponto, o *paper* monta um modelo de competências (Tabela 5 e Tabela 6).

⁸ *In the category of Technical Competencies, it is necessary that professionals possess state-of-the-art knowledge; present deep understanding of processes, especially of manufacturing processes Sallati et al. (2019, p. 9), alongside with IT skills, such as understanding of cybersecurity issues, coding, and media skills. Sallati et al. (2019, p.9,11,13).*

The Methodological Competencies comprise creativity; problem and conflict solving; decision making analytical and research skills; and strong efficiency orientation.

Social Competencies required from Industry 4.0 professionals include intercultural and language skills; communication and networking skills; the ability for teamwork, compromising and cooperation; ability to transfer knowledge; and leadership skills. The last category, Personal Competencies, requires professionals to have flexibility; tolerance to a job and task rotation; motivation to learn; ability to work under pressure; sustainable mindset; and compliance. Other mentioned skills that fall into this category are autonomy, responsibility, and entrepreneurial thinking. Sallati et al. (2019, p. 204).

⁹ *Job-related knowledge and skills*

¹⁰ *All skills and abilities for general problem solving and decision making*

¹¹ *All skills and abilities as well as the attitude to cooperate and communicate with others*

¹² *An individual's social values, motivations, and attitudes*



Tabela 5 – Derivações das competências principais para desafios identificados

ECONOMIC CHALLENGES	ONGOING GLOBALIZATION
	<i>Intercultural skills, language skills, time flexibility, networking skills, process understanding</i>
	<i>Increasing need for innovation</i>
	<i>Entrepreneurial thinking, creativity, problem solving, work under pressure, state-of-the-art knowledge, technical skills, research skills, process understanding</i>
	<i>Demand for higher service-orientation</i>
	<i>Conflict solving, communication skills, ability to be compromising, networking skills</i>
	<i>Growing need for cooperative and collaborative work</i>
SOCIAL CHALLENGES	DEMOGRAPHIC CHANGE AND CHANGING SOCIAL VALUES
	<i>Ability to transfer knowledge, accepting work-task rotation and work-related change (ambiguity tolerance), time and place flexibility, leadership skills</i>
	<i>Increasing virtual work</i>
	<i>Time and place flexibility, technology skills, media skills, understanding IT security</i>
	<i>Growing complexity of processes</i>
TECHNICAL CHALLENGES	EXPONENTIAL GROWTH OF TECHNOLOGY AND DATA USAGE
	<i>Technical skills, analytical skills, efficiency in working with data, coding skills, understanding IT security, compliance</i>
	<i>Growing collaborative work on platforms</i>
	<i>Ability to work in teams, virtual communication skills, media skills, understanding of IT security, ability to be cooperative</i>
ENVIRONM. CHALLENGES	CLIMATE CHANGE & RESOURCE SCARCITY
	<i>Sustainable mindset, motivation to protect the environment, creativity to develop new sustainable solution</i>
POLITICAL AND LEGAL CHALLENGES	STANDARDIZATION
	<i>Technical skills, coding skills, process understanding</i>
	<i>Data security & personal privacy</i>
	<i>Understanding of IT security, compliance</i>

Fonte: Hecklau et al. (2016)



Tabela 6 – Competências agregadas por categorias

Category	Required competencies	Context
TECHNICAL COMPETENCIES	State-of-the-art knowledge	Due to increasing job responsibility knowledge is getting increasingly important
	Technical skills	Comprehensive technical skills are needed to switch from operational to more strategic tasks
	Process understanding	Higher process complexity demands a broader and deeper process understanding
	Media skills	Increasing virtual work requires employees to be able to use smart media, e.g. smart glasses
	Coding skills	Growth of digitized processes creates a higher need for employees with coding skills
	Understanding IT security	Virtual work on servers or platforms obligates employees to be aware of cyber security
METHODOLOGICAL COMPETENCIES	Creativity	Need for more innovative products, as well as for internal improvements, requires creativity
	Entrepreneurial thinking	Every employee with more responsible and strategic tasks has to act as an entrepreneur
	Problem solving	Employees must be able to identify sources of errors and be able to improve processes
	Conflict solving	A higher service-orientation increases customer relationships; conflicts need to be solved
	Decision making	Since employees will own higher process responsibility, they have to make their own decisions
	Analytical skills	Structuring and examining large amounts of data and complex processes becomes mandatory
	Research skills	Need to be able to use reliable sources for continuous learning in changing environments
	Efficiency orientation	Complex problems need to be solved more efficiently, e.g. analyzing growing amounts of data



Category	Required competencies	Context
SOCIAL COMPETENCIES	Intercultural skills	Understanding different cultures, especially divergent work habits, when working globally
	Language skills	Being able to understand and communicate with global partners and customers
	Communication skills	Service-orientation demands good listening and presentation skills, whereas increasing virtual work requires sufficient virtual communication skills
	Networking skills	Working in a highly globalized and intertwined value chain requires the knowledge networks
	Ability to work in a team	Growing teamwork and shared work on platforms expects the ability to follow team rules
	Ability to be compromising and cooperative	Entities along a value chain develop to equal partners: every project needs to create win-win situations, especially in businesses with increasing project work
	Ability to transfer knowledge	Companies need to retain knowledge within the company; especially with the current demographic change, explicit and tacit knowledge needs to be exchanged
	Leadership skills	More responsible tasks and flattened hierarchies make every employee becoming a leader
PERSONAL COMPETENCIES	Flexibility	Increasing virtual work makes employees become time and place independent: work-task rotation further requires employees to be flexible with their job responsibilities
	Ambiguity tolerance	Accepting change, especially work-related change due to work-task rotation or reorientations
	Motivation to learn	More frequent work-related change makes it mandatory for employees to be willing to learn
	Ability to work under pressure	Employees involved in innovation processes need to cope with increased pressure, due to shorter product life cycles and reduced time-to-markets
	Sustainable mindset	As representatives of their companies, employees also need to support sustainability initiatives
	Compliance	Stricter rules for IT security, working with machine, or working hours

Fonte: Hecklau et al. (2016)



A partir disso, os autores sugerem medir tais habilidades, com ajustes para cada departamento ou perfil de emprego, já que cada vaga específica requer competências diferentes. A partir deste estudo, fica mais claro que, dependendo do setor, do país e do nível tecnológico, são necessárias diferentes combinações de habilidades, sendo difícil apontar um conjunto estático que se aplique a qualquer país e a qualquer setor e que seja, ao mesmo tempo, profundo. Para o Brasil, será preciso um esforço de reflexão sobre a trajetória da indústria e da economia brasileira para, a partir dela, construir políticas para a formação e a capacitação de recursos humanos adequados.

8. Pinzone *et al.* (2017) discutem a evolução das habilidades necessárias para a Indústria 4.0 a partir de setores específicos e da tecnologia de cada setor. Segundo os autores, o estudo de um conjunto de características necessárias deve partir das condições materiais. A partir, então, de cinco setores (*Operations Management, Supply Chain Management, Product-Service Innovation Management, Data Science Management, IT-OT Integration Management*), os autores descrevem um conjunto de habilidades técnicas necessárias para cada uma dessas áreas (a partir de *inputs* de empresários destes ramos no norte da Itália). O artigo enfatiza que as habilidades (técnicas) elencadas são muito diversas de acordo com a área que se analisa.

1.4. Panorama da produção científica sobre habilidades para um mundo 4.0 a partir de análise de redes

Nas primeiras seções da presente nota técnica, foi mencionado o levantamento de produções científicas realizada na *Web of Science*. Como dito, a pesquisa inicial apontou que o termo “habilidades” era mais preciso para os objetivos do trabalho e, por isso, a pesquisa foi refeita em 24 de julho de 2020, refinando os termos de busca de forma a garantir o uso de “*skill*”. Assim, realizou-se uma segunda busca na *Web of Science* com a seguinte composição:

“skill” and (“employ” or job) and (digital or 4.0)*

O objetivo da busca foi obter um conjunto de publicações internacionais representativo do debate acadêmico e científico sobre as habilidades necessárias a uma economia e sociedade digitais, com foco em educação e recursos humanos para o mercado de trabalho.

Foi feito também um recorte temporal para artigos a partir de 2010. Com efeito, o crescimento da relevância da temática foi facilmente perceptível: no primeiro ano da série, foram encontrados 35 artigos; já em 2019, foram 288. No total, foram selecionados 1.350 artigos. Em termos de países,

Estados Unidos e Espanha foram aqueles com maior número de publicações (Tabela 7). Os cinco países que mais publicaram artigos que constam nesta base (em coautoria com pesquisadores de outros países ou não) são os Estados Unidos (186 artigos) e Espanha (102), seguidos por Inglaterra (88), Alemanha (77), e Romênia (76). O Brasil está na 19ª posição, com 21 artigos, sendo 16 de autores exclusivamente brasileiros e 5 artigos em coautoria, cada um com autores da Espanha, Portugal, França, Finlândia e Alemanha (em separado).

Tabela 7 – Ranking de número de artigos por país considerando os 19 países que mais publicaram artigos na rede construída

Número de artigos por país	
País	Total
Estados Unidos	186
Espanha	102
Inglaterra	88
Alemanha	77
Romênia	76
Austrália	67
Rússia	65
Itália	56
Malásia	42
Eslováquia	37
África do Sul	35
Índia	34
Canadá	30
Portugal	29
Finlândia	29
Holanda	28
República Popular da China	27
Grécia	22
Brasil	21

Fonte: *Web of Science*. Elaboração: CGEE

Nota: Apenas os 19 países com maior produção no levantamento



Quanto aos temas, os 1.350 artigos encontrados demonstraram o crescimento do tema não apenas em termos quantitativos, mas também em relação à sua penetração em debates sobre campos específicos da formação profissional, tais como marketing e enfermagem. Os artigos demonstram também a relevância ao redor do mundo do enfrentamento da desigualdade e da exclusão digital (*digital divide*), seja em termos de renda, gênero ou região. O levantamento demonstra também o reconhecimento dos desafios de novos gestores e de líderes de organizações frente a uma nova estrutura produtiva. Os novos desafios para a educação dos chamados nativos digitais e para a requalificação profissional também são percebidos nos artigos levantados, com destaque para a busca por novas formas de ensino-aprendizagem (*e-learning*) e o uso crescente de jogos eletrônicos, e-portfólios e *storytelling* como ferramentas de desenvolvimento pessoal e de habilidades específicas.

O conjunto de documentos foi analisado com o apoio de uma rede de similaridade semântica que facilitou a identificação temática por meio de agrupamentos (*clusters*). A rede foi construída com uso das ferramentas *Insight Net* e *Insight Net Browser*, desenvolvidas pelo CGEE. A Figura 6 mostra a rede construída, na qual cada ponto (nó) representa um artigo científico, aproximado de outros nós com conteúdos semanticamente próximos.

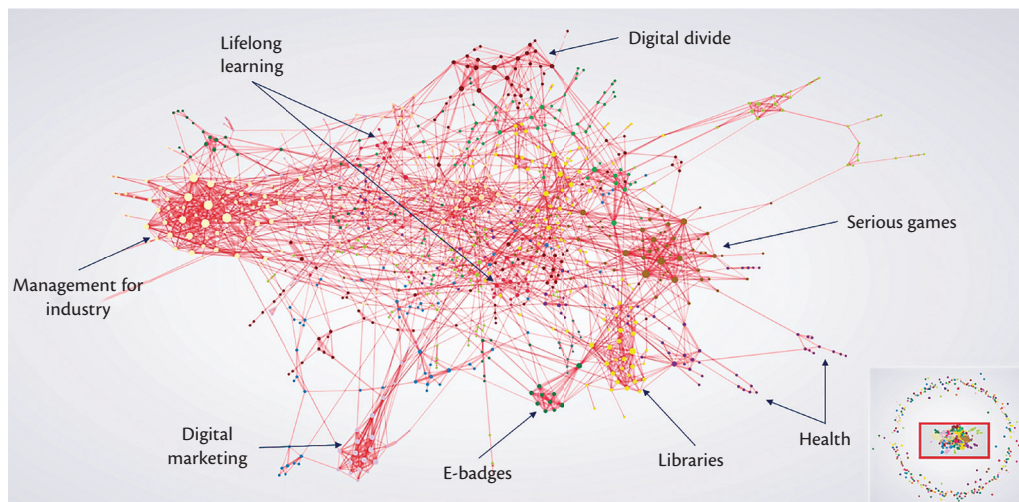


Figura 6 – Visão geral da rede de artigos com identificação de *clusters*

Fonte: Elaboração própria da rede no software Gephi 0.9.2



O primeiro ponto a notar é que, ainda que tenha sido feito um refinamento da busca, verifica-se um conjunto expressivo de artigos focados na discussão de capacidades organizacionais de indústria e firmas em seu processo institucional de digitalização (pontos amarelos na parte esquerda da rede). No centro da rede, encontram-se variados grupos de artigos cujas temáticas entrelaçam-se em torno do debate geral sobre a necessidade de recursos humanos qualificados como fator de produção do sistema produtivo, bem como de novas formas de ensino-aprendizagem para o desenvolvimento de habilidades consideradas essenciais. Já nas bordas da rede, há vários grupos com temas específicos sobre formações, certificações e setores diretamente influenciados pela digitalização. Alguns temas de interesse identificados na rede (*clusters*) estão desenvolvidos a seguir.

a) Capital humano enquanto fator de produção da indústria 4.0

Ainda que o impacto da digitalização ultrapasse o setor industrial e atinja progressivamente o trabalho e as ocupações de diversas naturezas, parece verdade que, no presente, o emprego industrial é impactado de forma mais imediata e perceptível do que outros setores e empregos. Assim, não causa estranhamento que uma parte considerável dos artigos levantados na *Web of Science* enfoquem o capital humano para a indústria. Em outras palavras, as habilidades e a formação dos trabalhadores são analisadas enquanto aprimoramento de um fator de produção que permanece sendo relevante na indústria: os recursos humanos. Assim, é possível identificar artigos que tratam da qualificação para setores específicos à luz de seus processos de mudança tecnológica; e também artigos que tratam especificamente das novas formas de gestão das *smart factories*. É importante notar que, mesmo em artigos com foco industrial e/ou setorial, as habilidades socioemocionais são destacadas como relevantes e transversais, como no artigo *Transformation towards smart factory system: Examining new job profiles and competencies* (JERMAN, PEJIĆ-BACH, ALEKSIĆ, 2020), recém-publicado em 2020 por autores da Eslovênia e da Croácia.

Este artigo amplia a compreensão do conceito de sistema de fábricas inteligentes e sua implementação na indústria automotiva, abordando as mudanças necessárias no aspecto humano do sistema, ou seja, as competências dos funcionários, bem como nos novos perfis de trabalho. Uma abordagem de pesquisa qualitativa foi usada a partir de um estudo de caso da indústria automotiva na Eslovênia. Para fins



de coleta de dados, foi utilizada uma entrevista semiestruturada com uma amostra de especialistas dos setores governamental, educacional e automotivo privado. Para a análise dos dados coletados, utilizou-se o método de análise de conteúdo. Os resultados da pesquisa indicam que mudanças significativas são essenciais na transformação do sistema tradicional para um sistema de fábrica inteligente, especialmente em relação à mentalidade organizacional, a arquitetura do sistema e seus processos e a inclusão de tecnologias da Indústria 4.0 em todos os níveis. Além disso, os resultados indicam que as mudanças são essenciais em relação aos futuros perfis de trabalho e competências. Embora existam diferentes percepções sobre os empregos do futuro e as competências necessárias para as mudanças induzidas pela Indústria 4.0, dependendo do setor em que o especialista está empregado, há um consenso geral de que perfis de trabalho relacionados a programação, mecatrônica, robótica, análise de dados, Internet das Coisas, design e manutenção de sistemas inteligentes, análise de processos e biônica são os novos perfis de trabalho necessários em sistemas de fábrica inteligentes. Além da grande ênfase na habilidade e conhecimento técnico, as *soft skills* são consideradas importantes, bem como as competências de aprendizagem contínua, flexibilidade, criatividade, resolução de problemas, pensamento crítico e analítico. (JERMAN, PEJIĆ-BACH, ALEKSIĆ, 2020, tradução nossa)¹³

13 This paper increases understanding of the concept of smart factories system and its implementation in the automotive industry in terms of addressing necessary changes in human aspect of system, namely, employees' competencies, as well as to new job profiles. A qualitative research approach was used by utilizing a case study of the automotive industry in Slovenia. For the purpose of data collection, we used a semistructured interview on a sample of experts from governmental, educational, and private automotive sectors. In order to analyse gathered data, we used the method of content analysis. Research results indicate that significant changes are essential in the transformation from traditional to a smart factory system, especially regarding organizational mindset, the architecture of system and its processes, and the inclusion of Industry 4.0 technologies at all levels. Also, results indicate changes are essential regarding future job profiles and competencies. Although there are different perceptions about future jobs and competencies needed for Industry 4.0-induced changes, depending on the sector in which the expert is employed, there is an overall agreement that job profiles related to programming, mechatronics, robotics, data analysis, Internet of Things, design, and maintenance of smart systems, process analysis, and bionics are the new job profiles needed in smart factory systems. In addition to the high emphasis on technical skill and knowledge, soft competencies are considered important, as well as competencies of continuous learning, flexibility, creativity, problem solving, critical, and analytical thinking. (JERMAN, PEJIĆ-BACH, ALEKSIĆ, 2020).



b) Setor de saúde / saúde pública

É possível identificar dezenas de artigos cujas temáticas interligam o debate das habilidades e da digitalização ao setor de saúde. Dentre eles, uma parte significativa aborda diretamente questões relativas à formação dos profissionais de saúde, seja em termos de incorporação de novas tecnologias na atuação profissional (em particular no ensino de enfermagem), seja em novas formas de ensino e aprendizagem em espaços formais de ensino. Os quatro artigos a seguir exemplificam essa abordagem:

- O artigo canadense *Virtual reality simulation training for health professions trainees in gastrointestinal endoscopy* (KHAN *et al.*, 2018) busca medir a efetividade do uso de simulações de realidade virtual para o treinamento de trabalhadores da saúde. Esta metodologia foi comparada à tradicional de treino com o paciente, treino usando outra forma de simulação de simulação ou nenhum treino.
- O artigo *Healthcare professionals' competence in digitalisation: A systematic review*, de pesquisadores do Japão e da Finlândia (KONTTILA *et al.*, 2019), trata das competências digitais no contexto de assistência à saúde como um aspecto fundamental para a segurança dos pacientes. Segundo o estudo, profissionais da saúde precisam ter motivação e vontade para adquirir experiência na digitalização em seu contexto profissional.
- O inglês/australiano *Gaming in Nursing Education* (PRONT *et al.*, 2018) investiga o uso de videogames para o aprendizado de enfermagem. Segundo o estudo, foram identificados potenciais benefícios do uso da metodologia para a tomada de decisões, motivação, lógica, entre outros.
- O artigo de pesquisadores australianos *Digital Health and Professional Identity in Australian Health Libraries: Evidence from the 2018 Australian Health Information Workforce Census* (GILBERT *et al.*, 2020) examinou a força de trabalho na área de biblioteconomia da saúde na Austrália e seu progresso quanto a capacidades digitais.

Ainda no campo da saúde, mas sob outra perspectiva, foram identificados artigos em que a saúde mental é apontada um fator importante para a performance de líderes e equipes. Nessas abordagens, frequentemente é destacada a necessidade do desenvolvimento de habilidades como equilíbrio emocional, motivação e gerenciamento de equipes para resolução de conflitos. Exemplos:



- O artigo de pesquisadores alemães *Development and Evaluation of Digital Game-Based Training for Managers to Promote Employee Mental Health and Reduce Mental Illness Stigma at Work: Quasi-Experimental Study of Program Effectiveness* (HANISCH et al., 2017), que buscou desenvolver e avaliar um programa de treinamento baseado em um jogo digital para promover a saúde mental dos trabalhadores e reduzir os estigmas quanto a doenças mentais no trabalho.
- O artigo de pesquisadores de Hong Kong *Evaluation of a Web-Based Social Network Electronic Game in Enhancing Mental Health Literacy for Young People* (LI et al., 2013), que investigou a eficácia de um jogo eletrônico em rede social para aumentar o conhecimento sobre saúde mental e desenvolvimento de *skills* por parte de pessoas jovens.

c) Futuro do jornalismo, novas habilidades para mídias digitais e marketing

O futuro do jornalismo também é um tema abordado por uma série de artigos da rede construída. A produção de artigos sobre esse tema é bastante recente, aparecendo sobretudo a partir de 2015. Os países que aparecem com maior frequência nas discussões são Estados Unidos, Espanha e Alemanha.

O debate foca sobretudo no futuro da profissão, na forma como a digitalização impacta o trabalho nesse setor e nas habilidades requeridas para esses profissionais. O artigo russo de Salnikova (2019) *Robots versus journalists: does journalism have a future?*, por exemplo, analisa as mudanças provocadas pela digitalização na profissão de jornalista e destaca a visão de estudantes da área sobre o futuro que os aguarda.

O artigo trata das perspectivas de robotização de grande parte do trabalho do jornalista, podendo levar a perdas de empregos na indústria da mídia, transformação de habilidades profissionais tradicionais e surgimento de novos padrões e competências. A atualidade do artigo é comprovada pela necessidade de explorar as novas fronteiras do jornalismo como profissão. A autora analisa os dois tipos de trabalho que podem ser automatizados e as atividades jornalísticas em que a inteligência artificial não pode substituir um ser humano. O objeto de estudo são os dados das pesquisas mais recentes, levantamentos sociológicos e estatísticas sobre a transformação do mercado midiático atual, assim como os novos requisitos de competências para os trabalhadores da mídia



no contexto da revolução digital. Com base em extenso material factual e previsões de especialistas, a autora infere que é hora dos profissionais da mídia ampliarem a gama de competências e determinarem um nicho profissional para garantir-lhes um emprego em caso de demissões causadas pela robotização. Os resultados originais de uma pesquisa sociológica realizada no Departamento de Jornalismo Internacional da Universidade MGIMO garantem a novidade científica do artigo. O objetivo da pesquisa foi conhecer e analisar a visão dos alunos de graduação sobre suas perspectivas de trabalho como jornalistas, correlacionar seus planos de carreira e as demandas dos empregadores e identificar sua prontidão para se adaptar às novas práticas de mídia. Os resultados da pesquisa levam a autora à conclusão de que é necessário atualizar radicalmente os currículos atuais para focar nas mais recentes tecnologias de informação e comunicação (SALNIKOVA 2019, tradução nossa).¹⁴

O caso específico do marketing digital (*digital marketing*) é tratado de forma semelhante: especialmente a partir de 2017, o debate trata da situação de mercado para os atuais e futuros profissionais da área, em termos de possíveis ameaças e oportunidades, assim como possíveis competências a serem adquiridas para que o profissional se mantenha relevante. O debate sobre este tema é muito presente em países como Estados Unidos, Inglaterra, Austrália e Romênia.

Um exemplo de artigo que trata deste tema é o italiano de 2019 *Employability skills for future marketing professionals*, de Gregorio *et al.* (2016), que trata exatamente de avaliar qual seria o *skillset* necessário para que profissionais tenham sucesso na sua carreira, levando em conta as transformações digitais.

¹⁴ The article deals with the prospects of robotization of a big part of journalists' work that may lead to redundancies in the media industry, transformation of traditional professional skills and emergence of new standards and competencies. The topicality of the article is proved by the need to explore the new boundaries of journalism as a profession. The author analyzes both types of work that can be automated, and those journalist activities where artificial intelligence cannot replace a human. The subject of the study is the data of the most recent researches, sociological surveys and statistics on transformation of the current media market and the new requirements for media-workers' competencies in the context of the digital revolution. Basing on extensive factual material and experts' forecasts, the author infers that it is high time for media professionals to extend the range of competencies and determine a related professional niche to secure them a job in case of redundancies caused by robotization. The original results of a sociological survey carried out at the Department of International Journalism of MGIMO University build up the scientific novelty of the article. The aim of the survey was to find out and analyze the undergraduate students' vision of their work prospects as journalists, to correlate their career plans and employers' demand, and to identify their readiness to adapt to the new media practices. The results of the survey bring the author to the conclusion that it is necessary to radically update the current syllabi to focus on the most recent information and communication technologies (SALNIKOVA, 2019).



d) Biblioteconomia e arquivologia: as novas bibliotecas e formatos de curadoria

Dentre as profissões afetadas de forma mais direta e imediata pelo processo de digitalização, está certamente a de arquivistas e bibliotecários de maneira geral. Os artigos levantados abordam essa questão e, assim como no debate sobre o futuro do jornalismo, incluem os desafios da atividade profissional e incorporação de novas tecnologias e também as necessidades de atualização da formação dos novos bibliotecários e arquivistas. Como exemplo, o artigo estadunidense de Ratledge *et al.* (2017), *An analysis of the changing role of systems librarians*, analisa como a adoção de novas tecnologias na gestão das bibliotecas alterou as funções e as responsabilidades dos bibliotecários, assim como as competências buscadas pelos empregadores. Os Estados Unidos são um país bastante presente nessa discussão, mas é interessante notar que o tema é relevante independentemente do grau de desenvolvimento do país, havendo também artigos de autores de países tão diversos como África do Sul, Irã, Botswana e Nigéria.

e) Aprendizagem para novas gerações e letramento digital

Como esperado, muitos dos artigos da rede tratam da aprendizagem para novas gerações. Alguns tratam do ensino para novas gerações em setores e profissões específicos, como visto anteriormente. Outros tratam da aprendizagem de forma mais geral.

Um grupo de artigos trata a questão do aprendizado de habilidades técnicas e socioemocionais para jovens. Em particular, são tratados os métodos de ensino e as expectativas que existem sobre o ensino para jovens. Na Croácia, por exemplo, foi desenvolvido o estudo (LASIĆ-LAZIĆ *et al.*, 2017) *Students' attitudes toward computer science in elementary school*, que destaca a importância do ensino de informática a partir do ensino básico e interrogou futuros professores do ensino primário e secundário sobre a importância da temática e a carga horária que deveria ser implementada nas escolas. De forma geral, os países que tratam com mais frequência dessa temática são Austrália, Alemanha, Itália e Portugal. O tema ganhou força a partir de 2017.

Porém, a questão do ensino de jovens vai além da simples análise do que deve ser inserido em sua carga horária. De fato, para ensinar a uma geração imersa no digital desde o seu nascimento, é preciso adaptar os métodos de ensino e preparar aqueles que vão ensinar. Desta forma, um segundo grupo de artigos trata mais especificamente da importância do letramento digital (*"digital literacy"*)



dos professores. Em particular, o letramento digital é destacado como uma habilidade básica a ser desenvolvida como qualificação de professores visando à incorporação efetiva das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) nos processos de educação de alunos nativos digitais, e futura força de trabalho, em uma economia altamente digitalizada. Um artigo de pesquisadores de Cingapura (LIN *et al.*, 2016), *Levelling up teachers' ICT competencies: a departments approach to ICT integration*, trata exatamente desta questão. Os autores destacam as medidas tomadas pelo Ministério da Educação local para driblar a desconfiança dos professores e formá-los para os novos desafios.

f) **Novas formas tecnológicas de ensino: gamificação, *serious games*, realidade aumentada e *storytelling***

As transformações tecnológicas que provocam uma mudança na forma de ensinar, como visto anteriormente, também oferecem novas ferramentas que podem ajudar nessa transição.

Na rede construída, destacou-se o conceito de “*serious games*”¹⁵, ferramentas utilizadas para tratar do uso de jogos eletrônicos no aprendizado: são jogos cujo propósito principal não é o entretenimento. A discussão sobre gamificação do ensino parece ser bastante ampla, uma vez que existe uma conferência internacional sobre o tema que é realizada anualmente há dez anos. Os temas tratados neste *cluster* aplicam-se tanto a ensino e a práticas pedagógicas para ensino fundamental – como ferramenta de desenvolvimento de habilidades socioemocionais como trabalho em equipe – quanto para requalificação de profissionais para o mundo do trabalho 4.o.

Um artigo grego de Tsalapatas *et al.* (2017), *Serious games for building digital skills for employability*, trata de um projeto que usa *serious games* como forma de desenvolver competências digitais em estudantes do ensino secundário.

15 “A serious game or applied game is a game designed for a primary purpose other than pure entertainment. The “serious” adjective is generally prepended to refer to video games used by industries like defense, education, scientific exploration, health care, emergency management, city planning, engineering, and politics” (ATSE, 2020).



O projeto EMPLOY visa ajudar a superar a incompatibilidade de habilidades no mercado de trabalho através da construção de competências digitais para o emprego entre alunos do ensino secundário. O projeto visa atingir este objetivo através de abordagens ativas de aprendizagem experiencial que expõem os alunos à forma como as competências digitais podem ser aplicadas em contextos de trabalho. EMPLOY desenvolve um *serious game*, um jogo digital concebido para a aprendizagem, através do qual os alunos constroem amplas competências digitais úteis em contextos de trabalho (TSALAPATAS *et al.*, 2017, tradução nossa).¹⁶

Karagozlu (2018), de Chipre, analisa, no artigo *Determination of the impact of augmented reality application on the success and problem-solving skills of students*, outro aspecto importante que emerge neste cluster, que é a realidade aumentada. No *paper*, analisa-se o ensino de ciências a partir da realidade aumentada e o impacto desta aplicação do desenvolvimento dos alunos e em suas habilidades de resolução de problemas.

Outro tema recorrente no *cluster* é o uso de *storytelling* para o ensino como forma de transmissão e fixação de conteúdo.

g) Novas formas de valorização de competências: e-portfolios e storytelling como ferramenta de desenvolvimento de habilidades e e-badges

E-portfolios, *storytelling* e *e-badges* são três temas interligados que, muitas vezes, aparecem juntos em estudos de caso e em artigos identificados. Os portfólios e certificados eletrônicos são frequentemente relacionados a novas estratégias de ensino, mas também de certificação. Destaca-se a crescente necessidade de veicular currículos on-line, comprovar habilidades adquiridas de forma informal e realizar um pareamento entre perfil de competências da força de trabalho e habilidades requeridas pelos empregadores.

¹⁶ The EMPLOY project aims to help bridge the skills mismatch in the job market by building digital competences for employment among secondary education students. The project aims to achieve this objective through active, experiential learning approaches that expose learners to the way digital skills may be applied in work contexts. EMPLOY develops a serious game, namely a digital game designed for learning, through which learners build broad digital skills useful in work contexts (TSALAPATAS *et al.*, 2017).



Os *e-portfolios* (portfólios on-line), além de serem um recurso importante na busca de emprego em um mercado cada vez mais digitalizado e exigente, também vêm sendo utilizados como método de desenvolvimento de capacidades específicas ou, em alguns casos, como motivação para a aprendizagem. Essa temática é tratada sobretudo na Austrália e na Rússia e aparece sobretudo a partir de 2017. Em outro grupo de artigos identificado, destaca-se o uso múltiplo do conceito de narrativa digital (*digital storytelling*) para o ensino (de idiomas, por exemplo), mas também como habilidade importante para jovens na busca de empregos. EUA, Malásia e Romênia são países muito envolvidos na discussão, que existe ao menos desde 2010, mas que conheceu grande ascensão a partir de 2014, com pico em 2018.

O artigo romeno de Sava e Malita (2010) *Learn about finding jobs from digital storytelling and ePortfolios through the L@JOST project* faz a ponte entre essas novas abordagens, mostrando o potencial de seu uso conjunto. As autoras defendem o uso destas ferramentas em um projeto que visa a ajudar jovens a adquirir experiências, auxiliando-os, dessa forma, na busca por empregos melhores.

Para serem eficazes no século 21, os cidadãos e os trabalhadores devem ser capazes de exibir uma gama de habilidades funcionais e de pensamento crítico relacionadas à informação, mídia e tecnologia. Devido à crise econômica global, para os formandos ou estudantes em busca de emprego talvez seja mais difícil do que nunca ter sucesso no mercado de trabalho. Eles devem usar todas as ferramentas que conhecem para expressar seus conhecimentos, competências e habilidades relacionadas. Como a narrativa digital (*digital storytelling*) e o ePortfolio são ferramentas inovadoras que podem ser usadas com sucesso no ensino e na aprendizagem, tentamos combiná-los e estender sua usabilidade para uma experiência de aprendizagem em busca de emprego. Através do projeto L@JOST, a partir das experiências de ex-alunos com histórias digitais de sucesso, dos pontos de vista e feedback de empregadores e, desta forma, fornecendo algumas dicas para construção de ePortfolios, esperamos orientar alunos que vão se formar para que entrem com sucesso do mercado de trabalho e, mais do que isso, para que encontrem um emprego adequado, de acordo com suas competências e habilidades. Neste artigo, a partir com o feedback do grupo-alvo e, conseqüentemente, através dos resultados do projeto, iremos oferecer



algumas contribuições sob a perspectiva romena para os alunos que vão se formar e que estão à procura de emprego (SAVA; MALITA, 2010, tradução nossa)¹⁷.

Um terceiro grupo dá ênfase a uma nova forma de certificação para habilidades e/ou experiências em espaços não formais de ensino. Essas certificações, chamadas de *badges* digitais, fazem parte do chamado *informal learning*, são oferecidas por diversas instituições (*Mozilla Open Badges*, por exemplo) e são cada vez mais reconhecidas no mercado de trabalho. Os países mais ativos nas pesquisas sobre esse tema são os EUA e Finlândia.

Também podem-se observar conexões entre os *e-badges*, os *e-portfolios* e, ainda, a gamificação, já tratada anteriormente, como em artigo do pesquisador tcheco Štoger (2012) ("*Badges for (lifelong) learning - gamification, enhanced visibility of reached achievements and continuous building of e-portfolio as data source for learning analytics*").

A vida útil de habilidades e conhecimentos específicos está ficando cada vez mais curta. Paralelamente, as novas competências são obtidas como parte do processo de aprendizagem ao longo da vida. Apenas uma parte desses processos é efetivamente reconhecida na forma de diplomas, certificados e referências. A diversidade de ambientes onde você precisa se apresentar de uma maneira específica (por exemplo, para o potencial empregador ou grupo de amigos) demanda um sistema flexível e transparente que permita a construção contínua de um e-portfólio contendo realizações alcançadas e metas de aprendizagem. O enorme potencial neste campo é apresentado pela Open Badge Infrastructure criada pela Mozilla Foundation. Essa infraestrutura apresenta os chamados "badges" concedidos por qualquer emissor a qualquer pessoa na forma de uma imagem digital. Esse arquivo

17 *To be effective in the 21st century, citizens and workers must be able to exhibit a range of functional and critical thinking employability skills related to information, media and technology. Due to the global economic crisis, for the graduating students or students looking for a job it is perhaps more hard than ever to success on the job market. They must use every tool they know to express them, and to reflect their knowledge, competences and related skills. As digital storytelling and ePortfolio are innovative tools which could be successfully used in teaching and learning, we have been tried to combine them and to extend their usability for a job searching learning experience. Through the L@JOST project, by learning from ex-students successful digital stories experiences, by employers points of view and feedback, and, consequently, by providing some ePortfolios construction tips we hope to avoid such situations for students going to graduate and to guide them to successfully approach the job market, and more than that, to find a proper job, according with their competences, abilities and skills. Through this paper, according with the target group feedback, and, consequently, through the project outputs, we will offer some insightful inputs from Romanian perspective and for students going to graduate and who are looking for a job (SAVA; MALITA, 2010).*



é um objeto digital independente com informações codificadas sobre os parâmetros de realização alcançada, o emissor, o receptor, etc. A integração de tal ferramenta nos sistemas de gerenciamento de conteúdo (CMS) existentes, sistemas de gerenciamento de aprendizagem (LMS), sistemas de portfólio eletrônico, redes sociais, provedores de serviços online incluindo jogos e também intranets, pode levar a uma fonte única de dados de aprendizagem pessoal. Este artigo descreve brevemente o status atual de implementação e também os riscos, ameaças e fraquezas dessa infraestrutura (Štogr, 2012, tradução nossa)¹⁸.

h) Exclusão digital: necessidades especiais e acesso, gênero e diferenças geracionais

Por fim, um tema central tratado no grupo de artigos selecionados é a exclusão digital (*"digital divide"*). Em um país como o Brasil, com alta desigualdade, este tema é de extrema importância. Observam-se quatro grandes vertentes dentro deste grupo, com destaque para estudos advindos de dois países: Espanha e Estados Unidos.

A primeira vertente é uma análise sobre desigualdade de pessoas com necessidades especiais frente à capacidade de aquisição de habilidades. Essa discussão é liderada pelos Estados Unidos.

Na segunda vertente, a Espanha lidera os estudos sobre a desigualdade no acesso à internet e seus impactos como fator de disparidade no desenvolvimento de habilidades.

Uma terceira trata da desigualdade sob o prisma do gênero e também é mais estudada pela Espanha. Um artigo interessante nesta temática é iraniano, de Dehghan (2010) (*"ICT and gender digital divide in Iran"*).

¹⁸ *The lifetime of skills and particular knowledge is getting shorter. In parallel, the new skills are obtained as a part of the lifelong learning process. Only a part of these processes is actually recognized and even fixed in a form of degrees, certificates and references. The diversity of both personal learning environments and situations when you have to present yourself in a specific way (e.g. to the potential employer or group of friends) demands the flexible and transparent system that enables continuous building of e-portfolio of reached achievements and learning goals. The huge potential in this field is presented by the Open Badge Infrastructure created by The Mozilla Foundation. This infrastructure supports so-called "badges" granted from any issuer to anybody in the form of a digital picture. Such a file is the independent digital object with encoded information about parameters of reached achievement, issuer, earner etc. Integration of such a tool into the existing content management systems (CMS), learning management systems (LMS), e-portfolio systems, (digital) social networks, online service providers including games and also intranets could lead to the unique distributed personal learning analytics data source. This paper describes briefly the current status of implementation and also risks, threats and weaknesses of such an infrastructure. (ŠTOGR, 2012).*



As TIC (Tecnologias de Informação e Comunicação) aumentam o letramento feminino em mídias, as oportunidades de emprego e a possibilidade de teletrabalho e, ao mesmo tempo, amparam os interesses dos homens, as normas tradicionais e os valores existentes em termos de divisão sexual do trabalho à custa da dominação das mulheres no Irã. O objetivo deste artigo é examinar as oportunidades e ameaças criadas pelas TIC sobre a questão da desigualdade de gênero no Irã. As diferenças de gênero ocorrem por meio de um processo de socialização primeiro na família e, posteriormente, no sistema educacional. Enquanto as mulheres não tiverem oportunidades suficientes em termos de acesso às TIC e a oportunidades de trabalho como os homens têm, qualquer lampejo de esperança para melhorar o status social das mulheres e alcançar a igualdade de gênero não terá sentido (DEHGAN, 2010, tradução nossa)¹⁹.

Em uma quarta vertente, os EUA tratam mais especificamente das desigualdades geracionais: crianças, estudantes, famílias, pais. É uma temática que já vem de mais longe: em 2011-2012 já havia discussões sobre o tema, porém, pondera-se que o recorte escolhido para artigos nesse estudo é a partir de 2010.

1.5. Recomendações: monitoramento das habilidades da força de trabalho, currículos, metodologias de ensino e exclusão digital

No decorrer do desenvolvimento deste panorama e à luz da experiência internacional, evidenciou-se a importância da disponibilização e do monitoramento de dados e informações sobre as habilidades e capacidades da força de trabalho brasileira, de forma estruturada e perene, de forma a viabilizar iniciativas que promovam o pareamento entre oferta e demanda de qualificações no

¹⁹ ICT (Information and Communication Technologies) increase women's media literacy, job opportunities and the possibility of tele-working and at the same time they support men's interests, traditional norms and existent values in terms of gender division of labor at the cost of domination of women in Iran. The aim of this article is to examine the opportunities and threats of ICT on gender inequality in Iran. Gender differences happen through a socialization process first in the family, and later on, the educational system. If women have not enough opportunities in terms of access to the ICT and job opportunities in the way that men do, any flicker of hope in improving women's social status in order to achieve gender equality is meaningless (DEHGAN, 2010).



mundo 4.0. Para tanto, são necessárias informações específicas sobre qualificações, ainda não disponíveis no Brasil. Esta é uma questão estratégica para o desenvolvimento, como se pode perceber pela implementação de sistemas de monitoramento implantados por alguns países. De fato, há, na atualidade, diversos sistemas de monitoramento de habilidades nacionais/de blocos de países, que auxiliam os Estados no planejamento educacional e econômico. Ter conhecimento sobre a qualificação de sua própria força de trabalho e quais as habilidades mais necessárias é uma questão estratégica. Formas de medir competências específicas (*e-badging*) e de mostrar tais competências (*e-portfolios*) são necessárias. Há algumas plataformas disponíveis neste sentido no mercado (como as citadas *Coursera* e *LinkedIn*), como a nota mostrou, e podem ser mais bem aproveitadas no Brasil.

Na Europa, há um mapeamento constante das necessidades do mercado e habilidades da força de trabalho. A União Europeia tem mecanismos para medir as competências de sua força de trabalho, por meio da *European e-Competence Framework* (e-CF). A abordagem não se baseia em perfis de vagas de emprego, mas em competências e elenca cinco níveis de proficiência possíveis em cada uma das 41 competências elencadas (EUROPEAN E-COMPETENCE FRAMEWORK, 2020).

No que diz respeito às competências relacionadas com as TIC, o European “e-Competence Framework” apresenta 40 competências, incluindo habilidades e requisitos de conhecimento, que podem ser utilizadas em toda a Europa. Da mesma forma, o projeto EDISON está trabalhando no desenvolvimento de uma “Estrutura de Competências em Ciência de Dados” (Data Science Competences Framework) que inclui: grupos de competências, big data e ferramentas analíticas e linguagens de programação. Os referidos arcabouços conceituais não foram desenvolvidos com um enfoque específico na Indústria 4.0, mas representam um ponto de partida útil para a identificação de competências relevantes e a análise da sua evolução na Indústria 4.0 (PINZONE *et al.*, 2017, p.2, tradução nossa).²⁰

20 With regard to ICT-related competences, the European “e-Competence Framework” provides 40 competences, including skills and knowledge requirements, which can be used across Europe. Similarly, the EDISON project is working on the development of a “Data Science Competences Framework” that includes: competence groups, big data and analytics tools and programming languages. It is worth noting that the above-mentioned frameworks were not developed with a specific focus on Industry 4.0 but they represent a useful starting point for the identification of relevant skills and the analysis of their evolution in Industry 4.0 (PINZONE *et al.*, 2017, p.2)



Os EUA contam com o O*NET, fonte de informação sobre a força de trabalho qualificada do país. A Figura 7 mostra o modelo que baseia o trabalho do O*NET (2020).

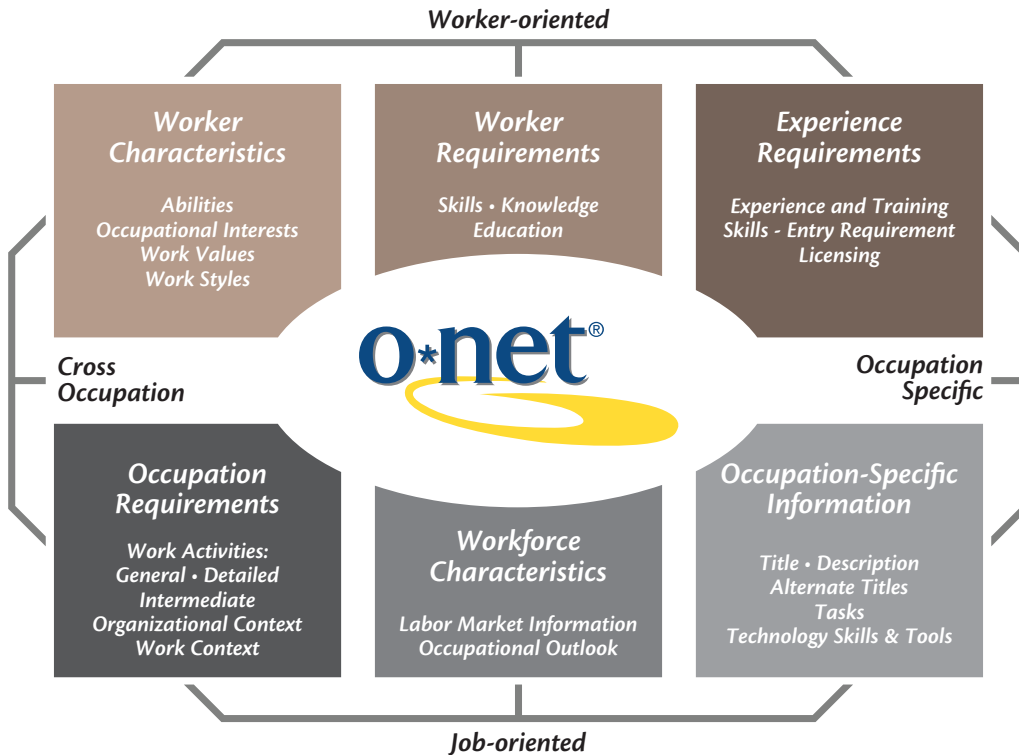


Figura 7 – The O*NET® Content Model

Fonte: O*NET (2020)

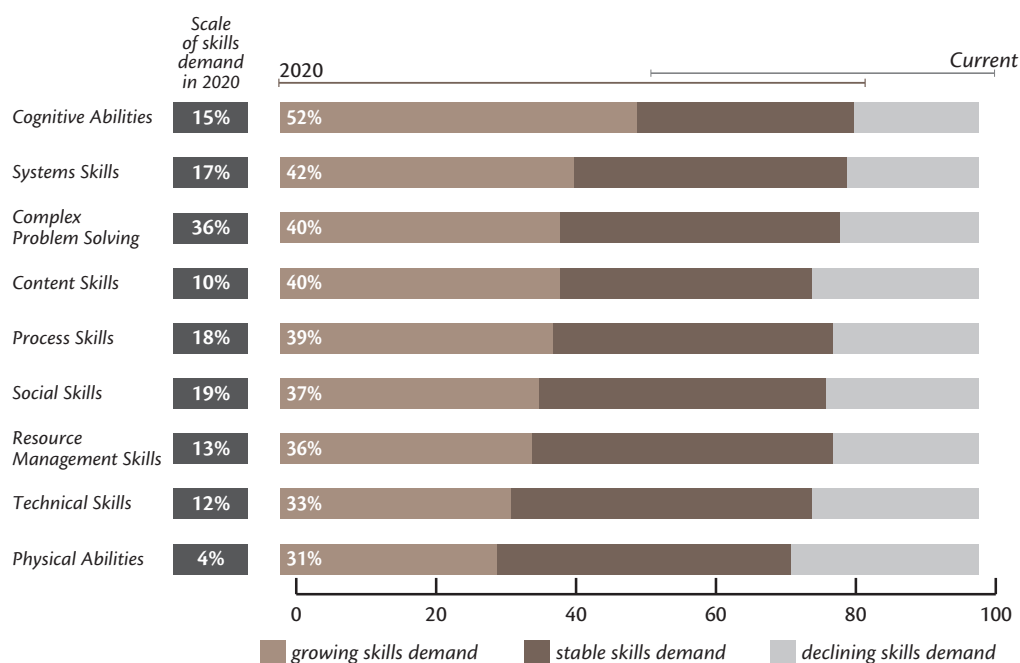
No campo *experience requirements*, há uma lista de diversas habilidades necessárias para a força de trabalho estadunidense, tais como habilidades básicas (leitura, escuta ativa, escrita, fala, matemática, ciência, pensamento crítico, aprendizado ativo, estratégias de aprendizado e monitoramento); habilidades multifuncionais; habilidades sociais (percepção social, coordenação, persuasão, negociação, instrução, disposição para servir); habilidades para resolução de problemas complexos; habilidades técnicas, de sistema e para alocar recursos de forma eficiente. Além disso, são citadas habilidades relativas a conhecimento e a educação.

A metodologia dos EUA, inclusive, serve de inspiração para diversos estudos nesta área, para monitorar as habilidades necessárias no presente e estimar as que serão necessárias no futuro.



A partir de uma pesquisa realizada com indústrias em diversas partes do globo, WEF (2016) chega à seguinte dinâmica relativa às habilidades relacionadas ao *corework* (trabalho principal) a partir da metodologia de O*NET (Gráfico 1).

Share of jobs requiring skills family as part of their core skill set, %



Source: *Future of Jobs Survey, World Economic Forum.*

Gráfico 1 – Mudanças na demanda por habilidades relacionadas ao *corework*, 2015 - 2020, todas as indústrias

Fonte: WEF (2016)

A OCDE também tem interessantes meios de medir habilidades de sua força de trabalho, por meio da ferramenta OECD “*Skills for Jobs*”, com dados interativos em seu site para avaliação das habilidades em excesso ou falta em cada um dos países do grupo (OECD, 2020). O Brasil inclusive aparece na base de dados da instituição (Figura 8). É possível, com a ferramenta, avaliar as habilidades necessárias para executar diversas profissões, inclusive com a opção de avaliar quais as necessidades necessárias para mudar de carreira dentro de um mesmo país.

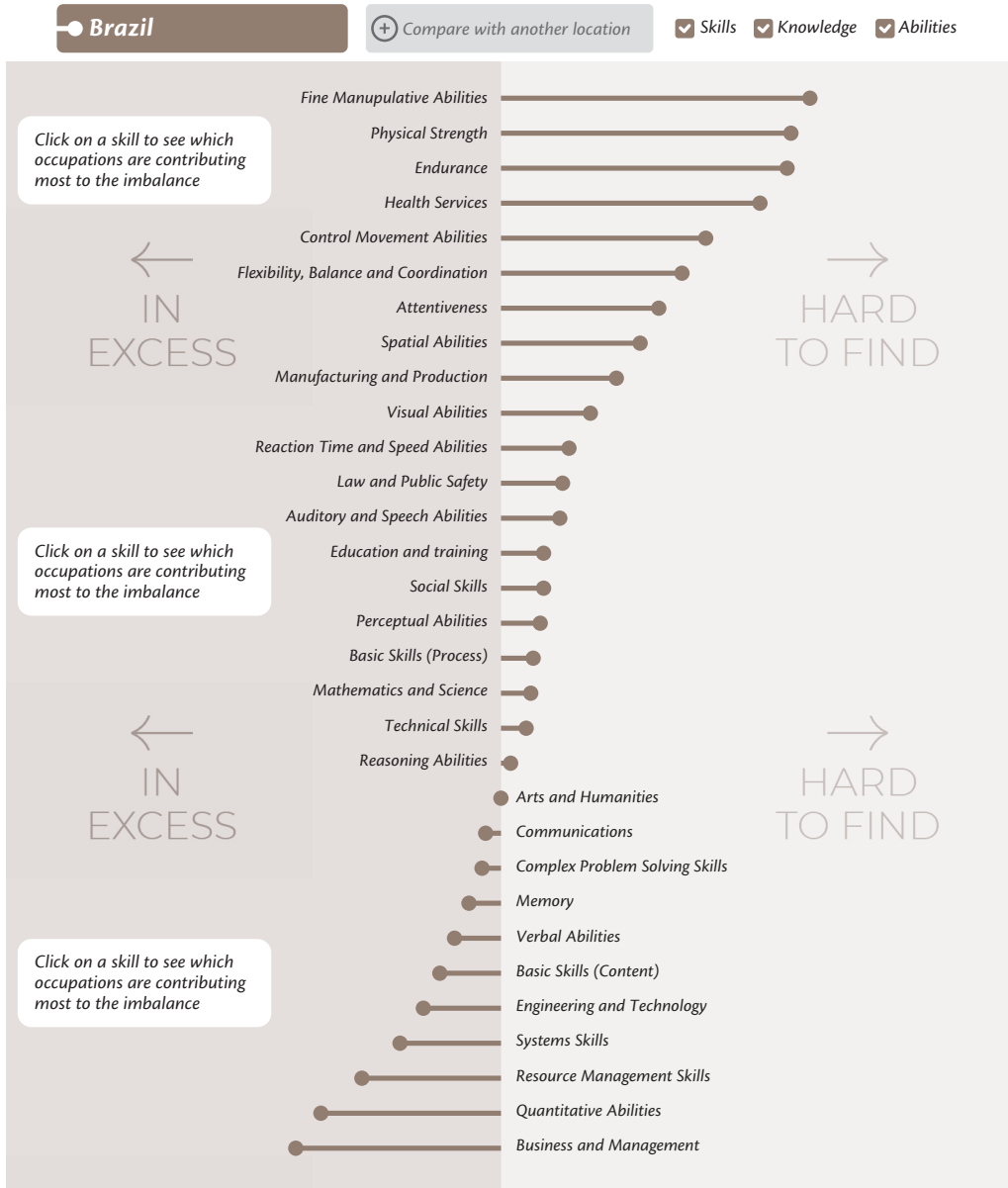


Figura 8 – Desequilíbrio de habilidades no Brasil

Fonte: OECD (2020)



Com este mapeamento de sistemas de monitoramento da qualificação da força de trabalho, a primeira recomendação é que **é preciso pensar um sistema de monitoramento de habilidades no Brasil como realizado por outros países/blocos**. Há, no entanto, outras recomendações de políticas públicas que surgem deste trabalho.

Um item recorrente na literatura, abordado anteriormente nesta nota, são novas formas de ensino, como os *serious games*, a *gamificação* da educação, *storytelling* ou a realidade aumentada. Seria interessante ampliar seu uso no Brasil, seja na educação básica, técnica/tecnológica ou superior. A vantagem deste tipo de abordagem/tecnologia é que ela é motivadora para gerações mais digitalizadas. Entretanto, seu uso precisa ser planejado e concebido de forma especializada, isto é, voltado especificamente para um público e um contexto específicos. É preciso desenvolver o conteúdo a partir da interação entre professores e desenvolvedores que conheçam os objetivos e contextos nos quais as novas formas de ensino serão aplicadas. Não se trata apenas da importação de conteúdo pronto, mas de algo customizado para a realidade brasileira. Para tanto, **a qualificação constante de professores e seu letramento digital é o ponto de partida** para viabilizar o desenvolvimento e a incorporação de novos métodos e ferramentas de ensino. A implantação de laboratórios digitais para desenvolvimento de materiais didáticos digitais pode ser um complemento interessante.

Outro ponto de destaque recorrente na literatura analisada são as chamadas “*learning factories*”, com diversos formatos e objetivos possíveis, em especial na Europa. Schallock *et al.* (2018) apontam que, nas *learning factories*, os participantes (estudantes ou profissionais) precisam não só conhecer as tecnologias, mas aprender como escolher as tecnologias corretas para cada situação, o que faz os estudantes desenvolverem outras competências que não somente as técnicas, propriamente ditas. Um formato de interesse aplicado no Brasil é o relatado por Sallati *et al.* (2019):

As novas tendências originadas pelo paradigma da Indústria 4.0 mudaram o cenário de design e desenvolvimento, assim como o conjunto de competências exigidas dos profissionais. Desta forma, os engenheiros de produto, assim como os estudantes de engenharia nas universidades, devem desenvolver novas habilidades e atender a esses novos requisitos do mercado. Uma alternativa para a preparação de novos profissionais é por meio de ambientes de aprendizagem em cooperação com universidades. Estes ambientes, também chamados de fábricas de aprendizagem (*learning factories*), permitem a transferência de conhecimentos sobre processos e métodos aos alunos através



da introdução de um conceito de fábrica no ambiente acadêmico, no qual os alunos podem aplicar os conhecimentos teóricos adquiridos em situações reais da indústria (Sallati *et al.*, 2019, p. 203, tradução nossa).²¹

No entanto, aponta-se, na literatura, que, a fim de construir/adotar novas metodologias, é preciso considerar as características da geração atual (COTET *et al.*, 2020): a interação com a tecnologia e com o mundo 4.0 para um nativo digital é muito diferente daquela que uma pessoa de geração mais antiga vivência. Precisa-se levar em consideração também a geração dos professores e a necessidade, em alguns casos, de treinamento para a adoção de novas metodologias, como destacado anteriormente em relação à gamificação, por exemplo.

Sobre currículos e habilidades para um mundo 4.0, destaca-se que a rede criada traz 17 artigos específicos sobre o tema, sendo três dos EUA, três da Inglaterra, um de Taiwan, um da Croácia, um da Indonésia, um da Espanha, um da Sérvia, um da Nigéria e um de um conjunto de pesquisadores da Arábia Saudita e Jordânia. Quase todos os estudos tratam de nichos muito específicos (setores e países), **reforçando a ideia de que, para uma análise profunda sobre a necessidade de adaptar currículos a um mundo 4.0, é preciso delimitar setores, campos do conhecimento e níveis tecnológicos.** Isto reflete-se na diversidade encontrada nos artigos sobre a temática de currículos. No conjunto de 17 artigos, trata-se de: colaboração de instituições de educação superior com instituições de tecnologia para repensar currículos de administração; medição de nível de habilidades digitais de estudantes do ensino fundamental em uma determinada escola; necessidade de formação de habilidades específicas (no campo das pesquisas forenses, no campo de desenho industrial [desenho de moldes] e de estudantes de línguas modernas); novas formas de ensinar marketing digital; a necessidade de inserir conteúdos locais no currículo de estudantes do ensino médio em uma escola em Bandung (Indonésia); a busca de um currículo que supere a exclusão digital de pessoas com deficiência; uso de tecnologia por estudantes de marketing do sexo feminino; a necessidade do ensino de manutenção de sistemas de DVD e *home theater* para estudantes de cursos técnicos na Nigéria; o uso de *software-defined radios* para facilitar sistemas multidisciplinares; o uso de tecnologias de *e-learning* para ampliar as capacidades criativas e de resolução de problemas; uma investigação sobre o conteúdo e dinâmicas de um conjunto

21 *The new trends originated from the Industry 4.0 paradigm have changed the design and development scenario, as well as the sets of skills required from professionals. Therefore, product engineers, as well as engineering students in universities, should develop new skills and meet these new market requirements. One alternative to preparing new professionals is through learning environments in cooperation with universities. These learning environments, also called learning factories to enable the transference of knowledge on processes and methods to students through the introduction of a factory concept in the academic environment, in which students can apply the acquired theoretical knowledge in real industry situations (Sallati et al., 2019, p. 203).*



de currículos das áreas de comunicação sem fio; e a aceitação de um tipo de currículo virtual (*e-portfolio*) por parte de estudantes universitários na Malásia.

Outra sugestão, a partir de Accenture (2018), é de apostar no desenvolvimento de competências humanas duradouras, cada vez mais relevantes no mercado de trabalho, além de novas habilidades técnicas. Estas sugestões são recorrentes na literatura, como no trecho a seguir.

Embora existam diferentes percepções sobre empregos do futuro e as competências necessárias para as mudanças induzidas pela Indústria 4.0, dependendo do setor em que o especialista está empregado, há um consenso geral de que perfis de trabalho relacionados a programação, mecatrônica, robótica, análise de dados, Internet das Coisas, design e manutenção de sistemas inteligentes, análise de processos e biônica são os novos perfis de trabalho necessários em sistemas de fábrica inteligentes. Além da grande ênfase na habilidade e conhecimento técnico, as *soft skills* são consideradas importantes, bem como as competências de aprendizagem contínua, flexibilidade, criatividade, resolução de problemas, pensamento crítico e analítico (JERMAN, PEJIĆ BACH, ALEKSIĆ, 2020, tradução nossa).²²

Uma última questão a se abordar, dentre as recomendações, é a *digital divide*, algo muito visível no Brasil. Isso se soma ao desafio da desindustrialização precoce que ocorre no País.

Para o Brasil, a percepção pública sobre ciência, tecnologia e inovação possui diferenças marcantes a partir de aspectos como escolaridade e renda (CGEE, 2015), o que pode estar ligado aos referidos diferenciais de renda na sociedade brasileira. Brasil é, na comparação com a OECD (2018), um dos países com maior diferencial de renda entre uma pessoa com educação superior e uma pessoa sem diploma de educação superior. Na sociedade brasileira, o acesso à educação, em especial a superior, é um grande marcador de distinção social, de ascensão social, que marca fortemente a trajetória dos trabalhadores. Um dos exemplos é a taxa de emprego formal entre os trabalhadores com educação superior completa, constantemente mais alta que o conjunto dos trabalhadores brasileiros (IBGE, 2019). Em relação a profissionais com doutorado, a média é ainda mais alta, com variações não muito significativas entre as grandes áreas do conhecimento.

22 *Although there are different perceptions about future jobs and competencies needed for Industry 4.0-induced changes, depending on the sector in which the expert is employed, there is an overall agreement that job profiles related to programming, mechatronics, robotics, data analysis, Internet of Things, design, and maintenance of smart systems, process analysis, and bionics are the new job profiles needed in smart factory systems. In addition to the high emphasis on technical skill and knowledge, soft competencies are considered important, as well as competencies of continuous learning, flexibility, creativity, problem solving, critical, and analytical thinking (JERMAN, PEJIĆ BACH, ALEKSIĆ, 2020).*



Os profissionais com título de doutorado em cursos de Ciências Sociais Aplicadas, por exemplo, possuem taxa de ocupação formal em torno de 80% (CGEE 2020).

Homens estão mais interessados na área, como argumenta Bonini *et al.* (2020). A idade também é um fator importante de interesse declarado em ciência e tecnologia, com o interesse declarado caindo com o avanço da faixa etária (CGEE, 2015). Porém, como o Brasil ainda se encontra no *boom* demográfico, tal questão pode ser ainda amenizada.

IEDI (2020) destaca que um dos grandes entraves para a digitalização da América Latina é a desigualdade. Segundo o estudo, desde 2008, o crescimento do índice de digitalização ocorreu de maneira muito mais rápida que o índice de desenvolvimento do capital humano, o que traz implicações para a capacidade de difusão destes instrumentos no sistema econômico. Desigualdades sociais e desigualdades entre empresas grandes e micro/pequenas empresas seriam entraves para ampliar o potencial da região nesse sentido. Portanto, é necessário pensar em políticas para superar o *digital divide* no Brasil, observando aspectos como desigualdade de gênero, pessoas com necessidades especiais, desigualdades geracionais e desigualdade no acesso à internet. Esta última impacta o desenvolvimento de habilidades, como alerta a literatura selecionada por meio da rede criada.

Algumas defasagens do Brasil no quesito habilidades para um mundo 4.0 aparecem no último *GEM Report Unesco* (UNESCO, 2020). Segundo análise da instituição, o Brasil apresenta baixíssimo percentual de adultos que possuem oito habilidades básicas de TICs: para dados de 2015 – 2017, entre 73 países, o Brasil está na 55ª posição, ganhando de 18 países somente. No Brasil, nenhuma das oito habilidades é dominada por mais de 50% da população. As oito habilidades consideradas básicas ou essenciais pelo relatório são as seguintes:

- i Copiar ou mover uma pasta ou arquivo;
- ii Usar ferramentas de copiar e colar para mover ou duplicar uma informação dentro de um documento;
- iii Mandar um e-mail com anexo (como documento, foto ou vídeo);
- iv Usar fórmulas aritméticas básicas em uma planilha;
- v Conectar e instalar novos acessórios (como um modem, uma câmera ou uma impressora);



- vi Encontrar, fazer o *download*, instalar e configurar um *software*;
- vii Criar apresentações eletrônicas com um *software* de apresentação (incluindo texto, imagens, sons e vídeo);
- viii Transferir arquivos entre um computador e outros aparelhos.

É dentro do contexto de um país com estrutural desigualdade que se faz necessário pensar nas políticas públicas para preparar o Brasil para um mundo 4.0, pois, como pondera Accenture (2017), “Embora o impacto da mudança atravesse o conjunto da força de trabalho, as populações marginalizadas e vulneráveis correm o risco de uma ‘dupla desvantagem’” Accenture (2017, p. 6, tradução nossa)²³. Para tanto, será necessário definir simultaneamente esforços focalizados com vistas à qualificação e à requalificação específica de profissionais de setores específicos como políticas mais amplas como o letramento digital, com foco prioritário em professores, tanto do ensino básico como superior. A adequação de currículos e a dinamização do acesso a treinamentos para habilidades e competências técnicas específicas não pode ser desconectada da melhoria da qualidade do ensino básico, responsável pelas habilidades basilares e transversais sem as quais o domínio técnico torna-se inócuo.

²³ *while the impact of change cuts across the workforce, marginalized and vulnerable populations risk a ‘double disadvantage’* Accenture (2017, p. 6)



REFERÊNCIAS

- ABÍLIO, Ludmila. **Uberização do trabalho**: subsunção real da viração. Blog da Boitempo. fev. 2017. Disponível em: <https://blogdaboitempo.com.br/2017/02/22/uberizacao-do-trabalho-subsuncao-real-da-viracao/>. Acesso em: 20 jun. 2020.
- ACCENTURE. **New skills now**: inclusion in the digital economy. 2017. 46 p. Disponível em: https://www.accenture.com/t20171012t025413z__w__/in-en/_acnmedia/pdf-62/accenture-new-skills-now-report.pdf Acesso em: 23 jul. 2020.
- ACCENTURE. **América Latina**: Competências para o trabalho na era das máquinas inteligentes. 2018. 36 p. Disponível em: https://www.accenture.com/_acnmedia/PDF-75/Accenture-America-Latina-Competencias-para-o-Trabalho.pdf#zoom=50. Acesso em: 17 jul. 2020.
- ATSE. **Health care**: serious gaming. 2020. Disponível em: <http://www.alamaliah.ae/health-care/> Acesso em: 25 ago. 2020.
- BONGOMIN, O.; OCEN, G.G.; NGANYI, E.; MUSINGUZI, A; OMARA, T. Exponential disruptive technologies and the required skills of industry 4.0. **Hindawi Journal of Engineering**, v. 2020. Disponível em: <https://www.hindawi.com/journals/jje/2020/4280156/>
- BONINI *et al.* Formação e atuação profissional das áreas STEM no Brasil: ainda temos pouco? In: LINHARES, Wendell Luiz. **As ciências sociais aplicadas e a interface com vários saberes** 2. Atena Editora 2020. <https://www.atenaeditora.com.br/post-artigo/30440>
- CÂMARA DA INDÚSTRIA 4.0. **Plano de ação da Câmara Brasileira da Indústria 4.0** - 2019-2022. Brasília – DF: set. 2019. 10 p. Disponível em: https://www.gov.br/economia/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/arquivos/camara_i4o__plano_de_acaoversao_finalrevisada.pdf
- CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS – CGEE. **A ciência e a tecnologia no olhar dos brasileiros**: Percepção pública da C&T no Brasil. Brasília: 2015. 156 p. Disponível em: https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/percepcao_web.pdf. Acesso em: 09 jul. 2020.



CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS – CGEE. **Diagnóstico das ciências humanas, sociais aplicadas, linguística, letras e artes no Brasil**. Brasília: 2020. 352 p.

Disponível em: <http://cgee.postedthis.top/gSuaq>

COTET, G.; CARUTASU, N.; CHISCOP, F. Industry 4.0 Diagnosis from an iMillennial Educational Perspective. **Education Sciences**, v. 10, n.1, p.21, 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/338666997_Industry_40_Diagnosis_from_an_iMillennial_Educational_Perspective/fulltext/5e225e3292851cafc38c7d80/Industry-40-Diagnosis-from-an-iMillennial-Educational-Perspective.pdf

DEHGHAN, H. ICT and gender digital divide in Iran. In: INTED2010 Conference. 8-10 March 2010, Valencia, Spain. **Proceedings...** 2010. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Hossein-Dehqan/publication/311992107_ICT_AND_GENDER_DIGITAL_DIVIDE_IN_IRAN/links/5867af5e08ae6eb871b72137/ICT-AND-GENDER-DIGITAL-DIVIDE-IN-IRAN.pdf

EUROPEAN E-COMPETENCE FRAMEWORK. **e-CF overview**. 2020. Disponível em: <https://www.ecompetences.eu/e-cf-overview/> Acesso em: 28 jul. 2020.

FREY, C.; OSBORNE, M.A. **The Future of employment**: how susceptible are jobs to computerisation? Oxford: Oxford Martin School. Working Paper, 2013. Disponível em: <https://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/future-of-employment.pdf>

GILBERT, C.; GRAY, K.; BUTLER-HENDERSON, K.; RITCHIE, A. Digital health and professional identity in Australian health libraries: Evidence from the 2018 Australian health information workforce census. **Evidence Based Library and Information Practice**, v. 15, n. 1, p. 38-58. 2020. Disponível em: <https://journals.library.ualberta.ca/ebliip/index.php/EBLIP/article/view/29640/22172>

GREGORIO, A.D.; MAGGIONI, I.; MAURI, C.M.; MAZZUCHELLI, A. Employability skills for future marketing professionals. **European Management Journal**, v. 37, p. 251-258. 2019. Disponível em: https://media.salonedellostudente.it/app/uploads/2020/06/19124937/3_EMJ_Employability-skills-for-future-marketing-professionals.pdf



GUDANOWSKA, A.; ALONSO, J.; TÖRMÄNEN, A. What competencies are needed in the production industry? The case of the Podlaskie Region. **Engineering Management in Production and Services**, v. 10, n. 1, p. 65-74. 2018. Disponível em: <https://sciendo.com/article/10.1515/emj-2018-0006>

HANISCH, S.E.; BIRNER, U.W.; OBERHAUSER, C.; NOWAK, D.; SABARIEGO, C. Development and evaluation of digital game-based training for managers to promote employee mental health and reduce mental illness stigma at work: quasi-experimental study of program effectiveness. **JMIR Ment Health**, v. 4, n. 3, p. e31. 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Sabine-Hanisch/publication/318915559_Development_and_Evaluation_of_Digital_Game-Based_Training_for_Managers_to_Promote_Employee_Mental_Health_and_Reduce_Mental_Illness_Stigma_at_Work_Quasi-Experimental_Study_of_Program_Effectiveness/links/5989d394458515605858ba95/Development-and-Evaluation-of-Digital-Game-Based-Training-for-Managers-to-Promote-Employee-Mental-Health-and-Reduce-Mental-Illness-Stigma-at-Work-Quasi-Experimental-Study-of-Program-Effectiveness.pdf

HECKLAU, F.; GALEITZKE, M.; FLACHS, S.; KOHL, H. Holistic approach for human resource management in industry 4.0. **Procedia CIRP**, v. 54, p.1-6. 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Holger-Kohl/publication/309341485_Holistic_Approach_for_Human_Resource_Management_in_Industry_40/links/5950e286aca27248ae4613b9/Holistic-Approach-for-Human-Resource-Management-in-Industry-40.pdf

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Síntese de indicadores sociais: uma análise das condições de vida da população brasileira: 2019**. Rio de Janeiro: IBGE, Coordenação de População e Indicadores Sociais, 2019. 128 p. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101678.pdf>

INSTITUTO DE ESTUDOS PARA O DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL – IEDI. Entraves à digitalização na América Latina e o combate da Covid-19. **Carta IEDI 1041**. 10 jul. 2020. Disponível em: https://www.iedi.org.br/cartas/carta_iedi_n_1014.html. Acesso em: 17 jul. 2020.

JERMAN, A.; PEJIĆ BACH, M.; ALEKSIĆ, A. Transformation towards smart factory system: Examining new job profiles and competencies. **Systems Research and Behavioral**



Science. v. 37, n. 2, p. 388-402. 2020. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/sres.2657>

KARAGOZLU, D. Determination of the impact of augmented reality application on the success and problem-solving skills of students. **Qual Quant**, v. 52, p. 2393–2402 2018. <https://doi.org/10.1007/s11135-017-0674-5>

KHAN, R.; PLAHOURAS, J.; JOHNSTON, B.C.; SCAFFIDI, M.A.; GROVER, S.C.; WALSH, C.M. Virtual reality simulation training for health professions trainees in gastrointestinal endoscopy. **Cochrane Database Syst Rev**. v. 8, n. 8, p.CD008237. 2018. Disponível em: <https://www.cochranelibrary.com/cdsr/doi/10.1002/14651858.CD008237.pub3/full>

KONTTILA, J.; SIIRA, H.; KYNGÄS, H. *et al.* Healthcare professionals' competence in digitalisation: A systematic review. **J Clin Nurs**. v. 28, n. 5-6, p. 745-761. 2019. doi:10.1111/jocn.14710

LASIĆ-LAZIĆ, J.; PAVLINA, K.; PONGRAC PAVLINA, A. Students' attitudes toward computer science in elementary school. In: EDULEARN17 Proceedings, Barcelona, Španjolska: IATED Academy, 2017. **Proceedings...** Barcelona: 2017. p. 741-746. Disponível em: <https://www.bib.irb.hr/919590>

LI, T.M.H.; CHAU, M.; WONG, P.W.; LAI, E.S.; YIP, P.S. Evaluation of a Web-based social network electronic game in enhancing mental health literacy for young people. **J Med Internet Res**. v. 15, n. 5, p. e80. 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Tim-Mh-Li/publication/236911475_Evaluation_of_a_Web-Based_Social_Network_Electronic_Game_in_Enhancing_Mental_Health_Literacy_for_Young_People/links/odeec531ea3089c925000000/Evaluation-of-a-Web-Based-Social-Network-Electronic-Game-in-Enhancing-Mental-Health-Literacy-for-Young-People.pdf

LIN, K.; TAN, S. Levelling up teachers' ict competencies: a department's approach to ict integration. In: INTERNATIONAL TECHNOLOGY, EDUCATION AND DEVELOPMENT CONFERENCE, 10., INTED2016 7-9 March, Valencia, Spain, 2016. **Proceedings...** Valencia, Spain, 2016. p. 6449-6458. Disponível em: <https://library.iated.org/view/LIN2016LEV>



LINKEDIN. **Profissões emergentes 2020**. Disponível em: https://business.linkedin.com/content/dam/me/business/en-us/talent-solutions/emerging-jobs-report/Emerging_Jobs_Report_Brazil.pdf. Acesso em: 06 ago. 2020.

O*NET RESOURCE CENTER. **The O*NET® content model**. Disponível em: <https://www.onetcenter.org/content.html#cm-sub-1-A>. Acesso em: 28 jul. 2020.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT – OECD. **Education at a Glance 2018: OECD indicators**. p.462 p. Disponível em: https://www.cnedu.pt/content/noticias/internacional/Education_at_a_glance_2018.pdf. Acesso em: 28 dez. 2018.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT – OECD. **OECD employment outlook 2019: The future of work**, OECD Publishing, Paris: 2019. Disponível em: https://www.oecd-ilibrary.org/employment/oecd-employment-outlook-2019_9ee00155-en

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT – OECD. **OECD Skills for jobs**. 2020. Disponível em: [https://www.oecdskillsforjobsdatabase.org/imbalance.php#DE/_/_/_/\[%22skills%22%2C%22knowledge%22%2C%22abilities%22\]/co](https://www.oecdskillsforjobsdatabase.org/imbalance.php#DE/_/_/_/[%22skills%22%2C%22knowledge%22%2C%22abilities%22]/co). Acesso em: 30 jul. 2020.

PFFEIFER, Sabine. The Vision of “industrie 4.0” in the making—a case of future told, tamed, and traded. **Nanoethics**, v. 11, p. 107–121. 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/journal/NanoEthics-1871-4765/publication/312928958_The_Vision_of_Industrie_40_in_the_Making-a_Case_of_Future_Told_Tamed_and_Traded/links/5fco049fa6fdcc6cc66f459c/The-Vision-of-Industrie-40-in-the-Making-a-Case-of-Future-Told-Tamed-and-Traded.pdf

PINZONE, M.; FANTINI, P.; PERINI, S.; GARAVAGLIA, S.; TAISCH, M.; MIRAGLIOTTA, G. Jobs and skills in industry 4.0: an exploratory research. **IFIP Advances in Production Management Systems**. Hamburg, v. 513, p. 282-288. 2017.

PRONT, Leeanne; MÜLLER, Amanda; KOSCHADE, Adam; HUTTON, Alison. Gaming in nursing education: a literature review. **Nursing Education Perspectives**, v. 39, n. 1, p 23-28. 2017. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Alison-Hutton-2/>



publication/321763782_Gaming_in_Nursing_Education_A_Literature_Review/links/5d2fb69592851cf4408cea89/Gaming-in-Nursing-Education-A-Literature-Review.pdf

RATLEDGE, D.; SPROLES, C. An analysis of the changing role of systems librarians. **Library Hi Tech**, v. 35, n. 2, p. 303-311. 2017. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/LHT-08-2016-0092/full/html>

SALLATI, Carolina; BERTAZZI, Júlia de Andrade; SCHÜTZER, Klaus. Professional skills in the product development process: the contribution of learning environments to professional skills in the Industry 4.0 scenario. **Procedia CIRP**, v. 84 p. 203-208. 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/335629558_Professional_skills_in_the_Product_Development_Process_the_contribution_of_learning_environments_to_professional_skills_in_the_Industry_40_scenario/fulltext/5e63f3c0299bf1744f679a47/Professional-skills-in-the-Product-Development-Process-the-contribution-of-learning-environments-to-professional-skills-in-the-Industry-40-scenario.pdf

SALNIKOVA, Ludmila. Robots versus journalists: does journalism have a future? **Theoretical and Practical Issues of Journalism**, v. 8, n. 4, p. 668-678. 2019. DOI: 10.17150/2308-6203.2019.8(4).668-678

SAVA, S.; MALITA, L. Learn about finding jobs from digital storytelling and ePortfolios through the L@JOST project. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON VIRTUAL LEARNING, 5., ICVL 2010. 29-31 oct. 2010. **Proceedings...** 2010. p. 304-310. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/39675922/Proceedings-of-ICVL-2010>

SCHALLOCK, B.; RYBSKI, C.; JOCHEM, R.; KOHL, H. Learning factory for industry 4.0 to provide future skills beyond technical training. **Procedia Manufacturing**, v. 23, p. 27-32. 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/324707347_Learning_Factory_for_Industry_40_to_provide_future_skills_beyond_technical_training/fulltext/5e7a59b9a6fdcc57b7bb9f2d/Learning-Factory-for-Industry-40-to-provide-future-skills-beyond-technical-training.pdf

SCHWAB, K. **A quarta revolução industrial**. São Paulo, Edipro. 2019. 160 p.



ŠTOGR, Jakub. Badges for (lifelong) learning - gamification, enhanced visibility of reached achievements and continuous building of e-portfolio as data source for learning analytics. *In: DisCo Conference Reader: New Media and Education*, 7th., Prague, 2012. **Proceedings...** Prague, 2012. p. 172-177. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Jan-Beseda-2/publication/255565714_7th_DisCo_Conference_Reader_New_Media_and_Education/links/56d057b608ae85c823485a32/7th-DisCo-Conference-Reader-New-Media-and-Education.pdf

TESSARINI JÚNIOR, G.; SALTORATO, P. Impactos da indústria 4.0 na organização do trabalho: uma revisão sistemática da literatura. **Revista Produção Online**. Florianópolis, SC, v. 18, n. 2, p. 743-769, 2018. Disponível em: <https://producaoonline.org.br/rpo/article/download/2967/1678>

TSALAPATAS, Hariklia; HEIDMANN, Olivier; HOUSTIS, Elias. Serious games for building digital skills for employability. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE, SGAMES 2016*, Porto, Portugal, June 16-17, 2016. **Proceedings...** 2017. https://eudl.eu/doi/10.1007/978-3-319-51055-2_12

UK COMMISSION FOR EMPLOYMENT AND SKILLS – UKCES. **The Labour market story: skills for the future**; briefing Paper. 2014. 41 p. Disponível em: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/344441/The_Labour_Market_Story_-_Skills_for_the_Future.pdf. Acesso em: 23 jul. 2020.

UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION – UNESCO. **Global education monitoring report, 2020: Inclusion and education: all means all**. Paris: 2020. 502 p. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000373718> Acesso em: 12 jul. 2020.

WORLD ECONOMIC FORUM – WEF. **The Future of jobs: employment, skills and workforce strategy for the fourth industrial revolution**. Jan. 2016. 167 p. Disponível em: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs.pdf. Acesso em: 28 jul. 2020.

WORLD ECONOMIC FORUM – WEF. **The Global human capital report 2017: preparing people for the future of work**. 2017. 203 p. Disponível em: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Global_Human_Capital_Report_2017.pdf Acesso em: 03 ago. 2020.



WORLD ECONOMIC FORUM – WEF. **Data science in the new economy: a new race for talent in the fourth industrial revolution.** 2019. 22 p. Disponível em: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Data_Science_In_the_New_Economy.pdf. Acesso em: 10 jul. 2020

ZEMTSOV, S. New technologies, potential unemployment and 'nescience economy' during and after the 2020 economic crisis. **Reg Sci Policy Pract.** v. 12, n. 4, p. 723-743. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Stepan-Zemtsov/publication/340931936_New_technologies_potential_unemployment_and_'nescience_economy'_during_and_after_the_2020_economic_crisis/links/5ef9a63f299bf18816effa5c/New-technologies-potential-unemployment-and-nescience-economy-during-and-after-the-2020-economic-crisis.pdf.



2. FORMAÇÃO PROFISSIONAL NA ERA DA INDÚSTRIA 4.0: SABERES TÉCNICOS E TECNOLÓGICOS PARA UMA SOCIEDADE EM TRANSFORMAÇÃO

Ementa

Revisão de literatura sobre o avanço das tecnologias disruptivas e seu impacto sobre a produção industrial, de modo geral. Elaboração teórica acerca da dinâmica de impacto da Indústria 4.0 em diferentes cadeias produtivas. Abordagem de estudos anteriormente feitos pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), tais como: Recursos Humanos para Ciência, Tecnologia e Inovação (RHCTI), Mapa da Educação Profissional e Tecnológica e Mapa da Educação Superior no Brasil (Mesup). Apresentação de estudo realizado junto a 20 gestores de Institutos Federais de Educação Tecnológica acerca do impacto da automação e das tecnologias digitais nos currículos dos cursos profissionalizantes de nível médio. As novas habilidades e competências necessárias aos estudantes do ensino médio com foco em sua formação profissional e tecnológica tendo em vista as transformações na indústria, com a incorporação de tecnologias disruptivas. Perspectivas e tendências futuras para o tema.

2.1. As tecnologias disruptivas e a emergência de novos modos de produção industrial

O setor industrial vem acolhendo e impondo mudanças significativas desde que, pela primeira vez, revolucionou seus meios de produção, em decorrência da Revolução Industrial ocorrida entre 1760 e 1840. A partir de então, o avanço da indústria, tal como é conhecida, passou a ser um fator determinante para o modo de funcionamento das sociedades, alterando as formas de organização econômica, os modos de consumo de produtos e as relações de poder entre os países industrializados e os demais, bem como as dinâmicas de formação para o trabalho. O surgimento da era digital — que tem como principal característica a aplicação, para os mais diversos fins, das tecnologias decorrentes da informática, especialmente da internet — é o grande responsável por este novo cenário.



É nesse contexto de emergência de inovações no setor produtivo que surge a expressão “Indústria 4.0”, também chamada de 4ª Revolução Industrial. O termo faz alusão à utilização de processos, dispositivos, técnicas e ferramentas desenvolvidos a partir da combinação de tecnologias físicas, biológicas e digitais para produzir bens de consumo e serviços operacionais. As mudanças já constatadas e previstas nos processos de produção são imensas e acontecem de forma bastante concentrada e abrupta, de modo que o termo “disrupção”, que se refere à interrupção do curso normal de um processo, passa a ser universalmente empregado para designá-las. Falam-se, então, em mudanças disruptivas, em tecnologias disruptivas e em inovações disruptivas, suscetíveis de romperem com os padrões, modelos ou tecnologias já estabelecidos no mercado, impactando todos os setores, incluindo aqueles tradicionais, como o agronegócio. A ideia de disrupção decorre do conceito de “destruição criativa”, cunhado pelo economista austríaco Joseph Schumpeter em 1939 para explicar os ciclos de negócios. Nesta perspectiva, Christensen (2013) passou a empregar o termo ao vislumbrar que o capitalismo funciona igualmente em ciclos e que cada nova revolução (industrial ou tecnológica) destrói a anterior e toma seu mercado, trazendo consigo elementos de mudança que, no caso da Indústria 4.0, são os seguintes:

- i aumento na rapidez do processamento de informações
- ii monitoramento remoto de equipamentos
- iii aumento na transparência de processos produtivos
- iv diminuição da distância entre a gestão da empresa e o chão de fábrica
- v surgimento de máquinas autônomas com capacidade de operar e de programar manutenções
- vi independência manufatureira decorrente do emprego de impressoras 3D
- vii diminuição de custos de produção decorrente da automação inteligente de procedimentos industriais
- viii rapidez na apropriação de inovações tecnológicas
- ix economia de energia e otimização de recursos naturais
- x uso de repositórios digitais em nuvem
- xi drástica diminuição de erros em decorrência da diminuição da intervenção humana
- xii customização de produtos de acordo com especificidades e demandas de grupos de clientes.



Nesta perspectiva, a Indústria 4.0 designa o panorama dos padrões produtivos inovadores, disruptivos e caracterizados por um conjunto de tecnologias emergentes (nanotecnologia, neurotecnologia, biotecnologia, robótica, inteligência artificial, armazenamento de energia, etc.), as quais não definem isoladamente o movimento, que é decorrente da sinergia de todas elas.

O movimento da Indústria 4.0 coloca em pauta o conceito de “fábrica inteligente”, em que todo o processo de disponibilização de um produto deve estar integrado a processos digitais e robóticos em uma dinâmica que possui três características básicas: responsividade, flexibilidade e conectividade. As redes digitais com e sem fio assumem um papel central na linha de montagem e no controle remoto da produção, atribuindo inteligência à fábrica. A fábrica inteligente quebra, assim, paradigmas seculares ao incluir ferramentas tecnológicas, sensores, robôs e automatização nos processos produtivos, a fim de que as operações deixem de ser manualmente controladas, lineares e sequenciais e passem a ser um sistema interconectado e aberto, que está sendo denominado como cadeia de fornecimento digital (*digital supply network*).

Em consequência, a fábrica inteligente demanda trabalhadores que também tenham passado por processos formativos que quebraram paradigmas, deram passos avante, libertaram-se do modo de formação proposto pela sociedade industrial (sequencial, linear, ritmado, homogêneo e cadenciado) e avançaram para o modo de formação proposto pela sociedade digital (concomitante, criativo, dinâmico, heterogêneo e flexível). Em outras palavras, a fábrica dotada de inteligência digital e disruptiva requer menos trabalhadores, mas estes devem ser dotados de conhecimentos e habilidades condizentes com as novas formas de funcionamento do chão de fábrica e devem dominar as tecnologias de controle remoto e digital.

O emprego dos padrões de funcionamento da Indústria 4.0 no setor industrial ocorre desde a primeira década do século 21, conforme indica a Figura 9, na qual se pode vislumbrar também os fatores de inovação que caracterizaram cada Revolução Industrial.

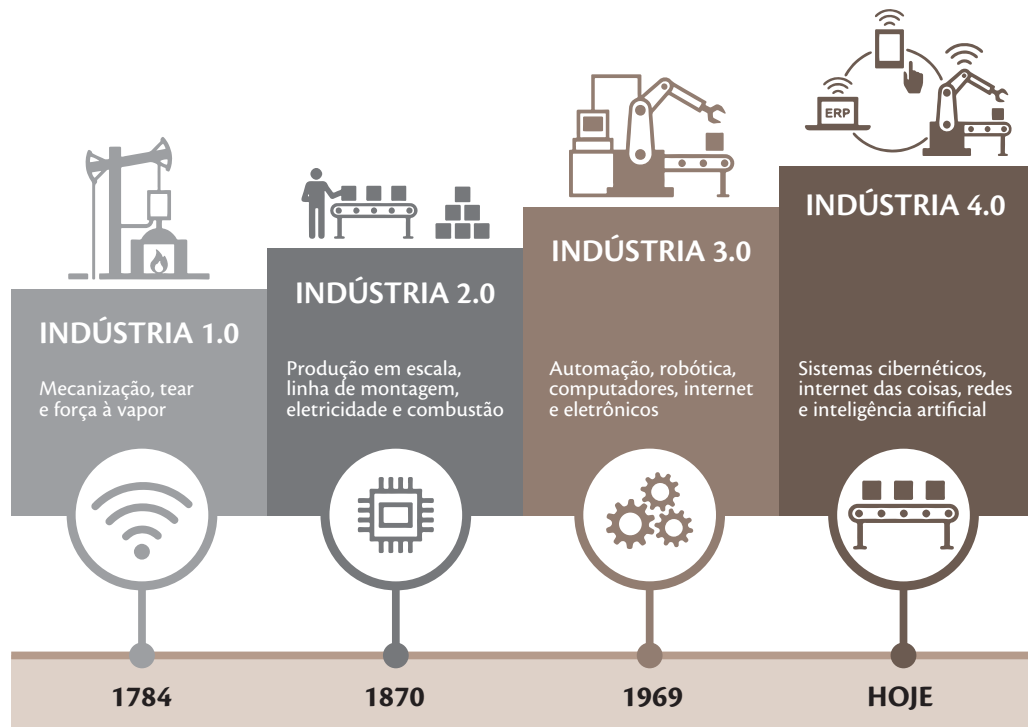


Figura 9 – As Revoluções Industriais

Fonte: (ANADI)

Tal padrão de funcionamento está relacionado com um conjunto de tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0. Tais tecnologias habilitadoras formam um ecossistema ciberfísico que permite a constituição da fábrica inteligente e conectada, na qual, especialmente, a automação, a otimização e a convergência são pré-requisitos da transformação digital, de forma a impactar toda a cadeia de valor (tecnologias, processos e pessoas). Na verdade, o conceito de Indústria 4.0 refere-se à interconexão de toda esta cadeia de valor a partir da introdução, na planta industrial, de dispositivos que permitem a automação de tarefas e o controle de dados e informações.

Segundo o relatório do *Boston Consulting Group* (BCG, 2019), a Indústria 4.0 possui nove principais tecnologias, determinantes da produtividade e crescimento (Figura 10). São elas: segurança da informação, realidade aumentada, *Big Data*, robôs autônomos, simulações, manufatura aditiva, sistemas integrados, computação de nuvem e internet das coisas.

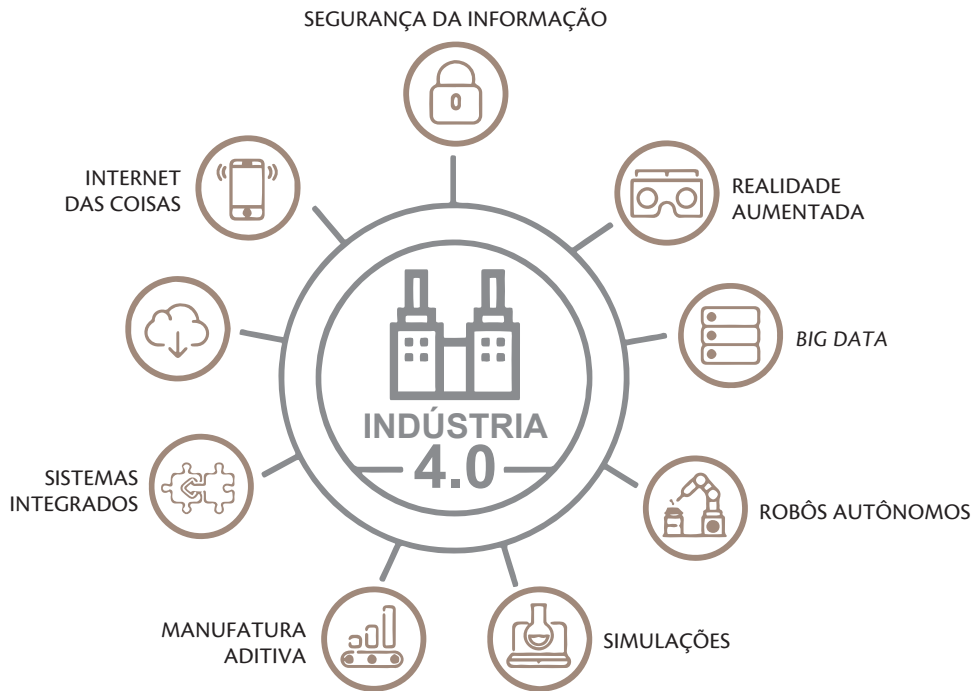


Figura 10 – Tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0

Fonte: (ANADI)

Segurança da informação

A indústria do futuro demanda conexão entre todas as áreas da empresa, mediante a implantação de Tecnologias da Informação (TI) e de Tecnologias de Automação (TA), de modo que a produção possa, mediante sistemas robustos de cibersegurança, ser continuamente protegida contra ameaças e falhas.

Realidade aumentada

A realidade aumentada na indústria permite que as empresas adicionem camadas de informações virtuais ao mundo real e é uma das soluções tecnológicas mais transformadoras utilizadas atualmente. Recursos de realidade aumentada possibilitam, por exemplo, enviar instruções de montagem via



celular para o desenvolvimento de peças de protótipo e utilizar óculos de realidade aumentada para a gestão e operação de determinadas máquinas, melhorando procedimentos de trabalho.

Big Data

Big Data compreende a análise e a interpretação de grandes volumes de dados de alta variedade. Para isso, são necessárias soluções específicas que permitam a profissionais de TI trabalhar com dados não-estruturados a uma grande velocidade, com foco na geração de informações para acompanhamento e tomada de decisões em tempo real.

Robôs autônomos

Robôs são utilizados há muito tempo na indústria. O diferencial do robô da Indústria 4.0 é a capacidade de trabalhar sem a supervisão humana, agindo de forma inteligente, cooperativa e autônoma. A utilização de robôs autônomos reduz custos com mão-de-obra e aumenta a produção, tornando as indústrias mais competitivas.

Simulações

Na indústria 4.0, a simulação computacional é utilizada em plantas industriais para a análise de dados em tempo real, aproximando o mundo físico e o virtual, e para o aperfeiçoamento em configurações de máquinas, a fim de testar o próximo produto na linha de produção virtual antes de qualquer mudança real, gerando otimização de recursos, melhor performance e mais economia.

Manufatura aditiva (ou impressão 3D)

Também conhecida como impressão 3D, este pilar envolve a produção de peças a partir de camadas sobrepostas de material, normalmente em forma de pó, para se obter um modelo 3D. Esta estratégia pode ser utilizada para criar produtos personalizados que oferecem vantagens de construção e desenhos complexos.

Sistemas integrados

Atualmente, nem todos os sistemas são totalmente integrados e falta uma coesão entre empresas e clientes. Até mesmo o processo de produção de uma indústria carece de uma integração plena.



A Indústria 4.0 propõe uma melhor harmonia entre todos que façam parte do ecossistema, garantindo uma gestão integral de experiência para que cadeias de valor sejam realmente automatizadas.

Computação na nuvem

O número de tarefas relacionadas à produção de bens e serviços na indústria tem crescido cada vez mais, demandando o uso de aplicativos e dados compartilhados entre diferentes localidades e sistemas, para além dos limites dos servidores de uma empresa. A computação em nuvem fornece recursos que refletem em uma importante redução de custo, tempo e eficiência na execução destas tarefas.

Internet das Coisas (IoT)

A Internet das Coisas (em inglês, IoT – *Internet of Things*) consiste na conexão entre redes de objetos físicos, ambientes, veículos e máquinas por meio de dispositivos eletrônicos embarcados, permitindo uma coleta e troca de informações mais rápida e efetiva. Na indústria de produtos e serviços, a IoT representa a integração de tecnologias que antes não estavam conectadas e que agora estão interligadas por meio de uma rede baseada em *Internet Protocol* (IP).

O manuseio destas tecnologias disruptivas requer trabalhadores com uma formação que também rompa com os modos tradicionais de capacitação da força de trabalho e possa corroborar e dar suporte aos impactos da Indústria 4.0 na nova organização dos processos laborais (TESSARINI JUNIOR; SALTORATO, 2018). Fala-se em Escola Profissional 4.0 e em Trabalhador 4.0, com forte ênfase em letramento digital, base de conhecimentos necessários para atuar na fábrica digital (UTAMIL *et al.*, 2019).

O trabalhador da fábrica automatizada e digitalizada deve deter, de modo geral, quatro tipos de conhecimentos e habilidades:

- i aqueles referentes às especificidades da produção técnica e/ou tecnológica de sua área de atuação (habilidades técnicas)
- ii aqueles referentes às interações sociais extremamente dinâmicas e focadas nas relações humanas na nova “inteligência da fábrica” (habilidades colaborativas e socioemocionais)



- iii aqueles referentes à criatividade, à mobilidade pessoal e à adaptação contínua a mudanças (habilidades cognitivas) e
- iv aqueles necessários para a compreensão, a manipulação, a intervenção e a gestão inteligente de dispositivos conectados em redes com ou sem fio (habilidades digitais).

2.1.1. Competências e habilidades requeridas para o Mundo 4.0: a qualificação do fator humano da indústria

De acordo com a teoria especializada no tema, bem como os diversos observatórios da indústria pelo mundo afora, a adoção de tecnologias habilitadoras, em conjunto ou individualmente, possibilitará ganhos significativos em produtividade, qualidade e sustentabilidade, além da redução do custo de operação e manutenção das empresas, levando-as ao patamar da Indústria 4.0. Todavia, conforme já indicado no tópico anterior, é preciso considerar também a qualificação do fator humano, que deverá operar as tecnologias habilitadoras e disruptivas com criatividade, comportamento inovador e compreensão ampla das mudanças contínuas geradas pela própria tecnologia em uma indústria em constante transformação. Este aspecto possui tal importância que talvez seja pertinente inserir no rol dos fatores habilitadores da indústria 4.0 um aspecto, intangível, mas fundamental: a qualificação do fator humano da indústria.

Uma rápida revisão de literatura recente sobre a matéria revela a pujança deste movimento de mudança estrutural na indústria de vários países e regiões do mundo e permite discorrer sobre seu impacto na escola de formação profissional e no perfil dos trabalhadores requeridos para os novos ambientes de trabalho.

Em 2017, o *Global Employment Institute*, do Reino Unido, divulgou um amplo estudo sobre os impactos da robótica e da inteligência artificial sobre o emprego (IBA GEI, 2017). O trabalho enfatiza que se trata de um fenômeno global irreversível e que é crucial que os sistemas de educação profissional de todo o mundo invistam na empregabilidade por meio da formação para o desenvolvimento de novas habilidades laborais e socioemocionais requeridas pelo novo modo de funcionamento da indústria.

Na Alemanha, onde há um impressionante avanço da automação industrial, o termo “Indústria 4.0” é objeto de diversos projetos estatais para promover o desenvolvimento de tecnologias de ponta suscetíveis de adequar a indústria de transformação para os novos padrões manufatureiros e, ao mesmo tempo, manter a empregabilidade dos trabalhadores (IAB, 2015).



Na China, o conceito de “*Made in China 2025*” foi adotado pela Academia Chinesa de Engenharia (CAE) no início de 2014 e implica justamente na adoção massiva dos princípios da Indústria 4.0 em todo o setor industrial do país. Um plano estratégico foi elaborado e aprovado pelo Conselho de Estado Chinês e tem como meta revolucionar o setor manufatureiro do país até 2025 por meio da robotização e da automação (CHINA, 2015).

Na União Europeia, de modo geral, o avanço da Indústria 4.0 constitui um fenômeno amplo e de grande envergadura, que já altera todos os padrões de produção industrial da região. Em consequência, já é observada uma diminuição significativa do número de empregos com baixa e média qualificação. O uso de robôs vem reduzindo significativamente o custo da mão-de-obra e a probabilidade de erro humano, enquanto a inteligência artificial começa a substituir o fator humano, mesmo em trabalhos que exigem contato pessoal, como vendas e atendimento ao cliente.

Por sua vez, o Banco Mundial estima que o aumento da automação eliminará 57% dos empregos nos países da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), 47% dos empregos nos Estados Unidos e 77% dos empregos na China. No entanto, o estudo do Banco Mundial constata que, em todos os países, a força de trabalho mais instruída e altamente qualificada consegue adaptar-se melhor aos novos requisitos tecnológicos, enquanto trabalhadores menos instruídos e com baixa qualificação são onerados pela automação, estando mais expostos à perda de renda e ao desemprego (BANCO MUNDIAL, 2018).

Na região da América Latina e Caribe, o avanço da Indústria 4.0 está em fase incipiente e existe o risco de que seja ampliada, na próxima década, o diferencial tecnológico em relação aos países avançados nos próximos anos. Os principais países da região ainda não alcançaram as capacidades mínimas nas tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0. Conforme dados do Observatório Latino-americano da Indústria 4.0 (LATIN AMERICA INDUSTRY 4.0 OBSERVATORY), apesar da existência de “ilhas de inovação industrial” em diversas regiões de vários países, o atraso tecnológico na América Latina reflete-se em um baixo nível de digitalização dos setores industriais, apesar do elevado potencial de mudança estrutural oferecido pela emergência desse novo padrão de produção industrial.

No âmbito específico do Brasil, a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI, 2018), sensível ao incremento deste movimento no país, propõe a Agenda Brasileira para a Indústria 4.0, a fim de que as empresas brasileiras sejam inseridas na Quarta Revolução Industrial e, em decorrência disso, experimentem uma nova onda de transformação. Consequentemente, as



tecnologias disruptivas, associadas às abordagens de melhoria contínua e otimização de processos produtivos, colocarão desafios cruciais em termos de desenvolvimento e atualização da força de trabalho. A introdução, nas empresas brasileiras, das tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0 terá consequências importantes nas habilidades necessárias para ocupar vários cargos em **oito setores**, conforme aponta o Mapa do Trabalho Industrial (SENAI, 2018).

- No **setor automotivo**, as tecnologias disruptivas demandam que a força de trabalho tenha conhecimentos em mecânica de veículos híbridos, em telemetria, em programação de unidades de controles eletrônicos e em tecnologia de informática veicular.
- No campo das **Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC)**, os conhecimentos técnicos e tecnológicos deverão focar nas cinco tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0.
- No setor de **alimentos e bebidas**, as demandas de formação técnica e tecnológica avançam em direções como a impressão de alimentos em impressoras 3D, a manipulação de elementos de robótica, o uso de tecnologias de rastreabilidade de alimentos e os novos materiais para embalagens.
- O setor de **máquinas e ferramentas** deverá requerer técnicos e tecnólogos com formação em tecnologias 3D, em operação de máquinas inteligentes e de controle remoto e em manutenção de dispositivos automáticos.
- A **construção civil** também será impactada na medida em que será preciso avançar na integração de sistemas de automação predial, nas técnicas de construção seca, na gestão inteligente de logística, na exploração de novos materiais, etc.
- A **produção química e a petroquímica** serão permeadas por saberes referentes às análises instrumentais automatizadas, à nanotecnologia, à computação em nuvem e à robotização de processos.
- A **indústria têxtil e do vestuário** requererá profissionais capazes de trabalhar com tecidos avançados; de manusear máquinas cada vez mais sofisticadas e autônomas; e de dominar novas metodologias de engenharia de fibras têxteis.
- Por sua vez, a **indústria de petróleo e gás** será perpassada por conhecimentos em robótica, em controle remoto, em sistemas digitais em rede, etc.

No ambiente do agronegócio, fala-se em Agricultura 4.0 tendo em vista as interfaces cada vez mais amplas desse campo com recursos inteligentes, como: tecnologias de drones, impressão 3D, sensoriamento de animais, realidade aumentada, realidade virtual, equipamentos robotizados,



aplicativos, etc. Esses exemplos impactam tanto os procedimentos de formação inicial da força de trabalho, obtida nos sistemas formais de ensino, quanto os procedimentos de formação continuada, eventualmente oferecida nos meios industriais para a atualização/adaptação de seus quadros face às inovações inseridas nas linhas de montagem, nos ambientes de trabalho, na fábrica e no campo.

Estes e outros exemplos apontam para a emergência de um novo modo de produção industrial que, naturalmente, tem muitas consequências: a mudança é agora um estado permanente, novas profissões surgem e um novo modo de formação profissional e tecnológica é requerido. Tais exemplos apontam também para a pertinência de se considerar o fator humano como mais uma tecnologia habilitadora da Indústria 4.0, sem a qual nenhum movimento de mudança encontra patamar, base ou sustentação. As tecnologias disruptivas vão fomentar a criação de uma miríade de novos negócios e transformar o mercado de trabalho. As pessoas terão um processo contínuo de aprendizado ao longo da vida e deverão estar, permanentemente, em situação de requalificação, a fim de acessarem e desenvolverem novas competências.

2.1.2. As profissões na era da Indústria 4.0

Enfim, já é bastante evidente que a implementação e o crescimento da Indústria 4.0 no país estão, lenta mas firmemente, proporcionando a modernização dos postos de trabalho e levando à necessidade de modificação, igualmente gradual, nos perfis dos trabalhadores. Isso significa que o contexto produtivo criado por esse novo formato industrial tem reflexos no mercado de trabalho nacional, de modo que cabe aos profissionais se prepararem para isso. No que diz respeito ao surgimento de novas profissões de nível técnico, o estudo do SENAI (2018), aponta diversas ocupações que ganham relevância, por segmento industrial, o que também permite ler, nas entrelinhas, o tipo de formação profissional requerido.

a) Profissões novas e em destaque no setor automotivo

No âmbito do setor automotivo, **ganham relevância**, mediante o impacto das tecnologias digitais e disruptivas, as ocupações de:

- i **eletromecânico de automóveis**, que realiza manutenção e instalação de sistemas multimídia e de conectividade; calibra sensores do sistema de segurança e mecanismo de mudança e embreagem automatizadas



- ii **mecânico de automóveis leves**, que inspeciona e repara veículos híbridos, elétricos e direção elétrica
- iii **mecânico de manutenção automotiva**, que atua nos sistemas de reaproveitamento de energia e de telemetria aplicada a mobilidade, bem como na utilização de tecnologias da informação mais complexas no diagnóstico e reparação de automóveis
- iv **técnico em manutenção automotiva**, cuja função é programar centrais (chaves, alarme, multimídia de navegação, injeção eletrônica) via *scanner* e/ou computador.

Entre as **ocupações novas** do setor automotivo, que surgem no âmbito da Indústria 4.0, estão:

- i **mecânico de veículos híbridos**, que realiza diagnósticos de motores a combustão interna e/ou elétricos e todas as atividades de manutenções preditiva e preventiva de veículos híbridos
- ii **mecânico especialista em telemetria**, que tem a função de programar computadores e realizar diagnóstico e reparo em redes eletrônicas
- iii **programador de unidades de controles eletrônicos**, que acessa e reprograma unidades de controle eletrônico por meio de protocolos de comunicação via scanner ou interfaces; e que realiza diagnóstico e análise de dados de testes para sistemas automotivos, subsistemas ou componentes
- iv **técnico em informática veicular**, a quem compete inspecionar ou testar partes de veículos para determinar a natureza ou a causa de defeitos ou avarias, bem como instalar equipamentos para testes, motores ou acessórios e customizar funcionalidades do veículo.

b) **Profissões novas e em destaque no setor de Tecnologias da Informação e Comunicação**

No âmbito das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC), **ganham relevância** as formações técnicas de:

- i **programador de jogos digitais**, voltada para o domínio das técnicas e dos códigos para criação de aparatos digitais lúdicos
- ii **programador multimídia**, que projeta e implementa medidas para a segurança de *websites*; e propõe linguagens de programação, ferramentas de projeto ou aplicativos para desenvolvimento de *softwares*



- iii **técnico em desenvolvimento de sistemas**, que avalia interfaces entre *hardware* e *software*, desenvolve especificações e requisitos de desempenho e faz uso de ferramentas de desenvolvimento de *software*
- iv **técnico em redes de computadores**, responsável pelo diagnóstico e solução de problemas de hardware, de software, ou de rede e de sistema e pela substituição de componentes defeituosos, planejamento coordenação e implementação de medidas de segurança de rede para proteger os dados, *software* e *hardware*.

No que se refere às **ocupações novas** neste segmento, surgidas em decorrência da disrupção que dá forma à Indústria 4.0, tem-se:

- i **analista de Internet das Coisas**, responsável pelo desenvolvimento de soluções de sistemas embarcados para sensoriamento e pela integração de *hardware* e *software* por meio da internet
- ii **engenheiro de cibersegurança**, a quem competirá realizar testes e outras ferramentas de segurança cibernética para manter a empresa segura contra ameaças internas e externas
- iii **analista de segurança e defesa digital**, que identificará riscos existentes ou potenciais com impacto na segurança de informações e que desenvolverá controles ou ações para mitigar riscos
- iv **especialista em Big Data**, que analisará grandes quantidades de dados minerados no meio digital, a fim de analisar o processo produtivo e orientar tomadas de decisão estratégicas
- v **engenheiro de softwares**, profissional capaz de automatizar, centralizar e otimizar todos os processos de uma fábrica, recorrendo a *softwares* feitos sob medida (customizados).

A Tabela 8 apresenta as novas ocupações identificadas no estudo do SENAI (2018) para os oito segmentos industriais considerados.



Tabela 8 – Novas profissões em oito áreas

Novas profissões em oito áreas	
AUTOMOTIVO	TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO
• Mecânico de veículos híbridos	• Analista de IoT (Internet das Coisas)
• Mecânico especialista em telemetria	• Engenheiro de cibersegurança
• Programador de unidades de controles eletrônicos	• Analista de segurança e defesa digital
• Técnico em informática veicular	• Especialista em <i>Big Data</i>
	• Engenheiro de <i>softwares</i>
ALIMENTOS E BEBIDAS	MÁQUINAS E FERRAMENTAS
• Técnico em impressão de alimentos	• Projetista para tecnologias 3D
• Especialista em aplicações de TIC para rastreabilidade de alimentos	• Operador de <i>high speed machine</i>
• Especialista em aplicações de embalagens para alimentos	• Programador de ferramentas CAD/CAM/CAE/CAI
	• Técnico em manutenção em automação
CONSTRUÇÃO CIVIL	QUÍMICA E PETROQUÍMICA
• Integrador de sistema de automação predial	• Técnico em análises químicas com especialização em análises instrumentais automatizadas
• Técnico de construção seca	• Técnico especialista no desenvolvimento de produtos poliméricos
• Técnico em automação predial	• Técnico especialista em reciclagem de produtos poliméricos
• Gestor de logística de canteiro de obras	
• Instalador de sistema de automação predial	
TÊXTIL E VESTUÁRIO	PETRÓLEO E GÁS
• Técnico de projetos de produtos de moda	• Especialista em técnicas de perfuração
• Engenheiro em fibras têxteis	• Especialistas em sismologias e geofísica de poços
• Designer de tecidos avançados	• Especialistas para recuperação avançada de petróleo

Fonte: (SENAI, 2018)



2.1.3. Habilidades necessárias e características dos novos modos de produção

Todavia, as competências e habilidades demandadas pelas novas profissões não se restringem àquelas de natureza técnica. A empregabilidade no âmbito da Indústria 4.0 implica o domínio de quatro principais famílias de habilidades: técnicas, colaborativas e socioemocionais, cognitivas e digitais.

As habilidades técnicas consistem em saber como usar, manipular e operar as tecnologias disruptivas de maneira eficaz, eficiente, segura e adequada para as finalidades do processo produtivo. Elas são necessárias para a exploração de novos contextos digitais e para a solução de problemas usando as ferramentas digitais oferecidas no trabalho emergente.

As habilidades colaborativas e socioemocionais estão relacionadas à capacidade dos indivíduos de colaborar e resolver problemas em ambientes de trabalho delimitados pelas tecnologias digitais. São conhecimentos e atitudes que permitem que os funcionários interajam entre si digitalmente de modo efetivo. Concretamente, elas exigem que cada funcionário tenha um entendimento abrangente de sua própria função e de seu impacto sobre outros usuários de sistemas e processos.

As habilidades cognitivas estão relacionadas à capacidade de criar, inovar, selecionar, interpretar e avaliar informações essenciais para a permanência e a pertinência do indivíduo no processo produtivo. Estão relacionadas com o domínio das linguagens básicas que tornam o indivíduo letrado para se situar plenamente no mercado de trabalho.

As habilidades digitais referem-se ao entendimento e à gestão de dispositivos conectados em redes com ou sem fio nas linhas de montagem e à compreensão dos problemas associados à segurança cibernética e à confidencialidade dos dados. Portanto, essas habilidades referem-se à alfabetização e ao letramento em um ambiente digital.

Essas quatro famílias de habilidades interagem entre si e apontam para que se delimite a qualificação do fator humano na indústria como uma das tecnologias habilitadoras incontornáveis para que a Indústria 4.0 seja possível. Portanto, é necessário considerar este conjunto de habilidades em sua totalidade, posto que as mesmas são fundamentais para assegurar o trânsito do profissional de nível técnico no novo modo de produção industrial, que apresenta as características seguintes:



Descentralização

Na Indústria 4.0, as máquinas não dependerão da interferência humana para funcionarem. Elas contarão com sistemas ciberfísicos que, capazes de tomar decisões sozinhos, recebem informações de como o equipamento está funcionando e comandam a produção em tempo real.

Interoperabilidade

É a capacidade dos sistemas ciberfísicos e humanos se comunicarem uns com os outros por meio da Internet das Coisas associada à computação em nuvem. Para isso, é importante que esses sistemas trabalhem com padrões abertos.

Orientação

Com a Indústria 4.0, é possível reorganizar os departamentos. Com todos os setores alinhados, os gestores asseguram o suporte tecnológico necessário para a realização de entregas com qualidade e prazo.

Virtualização

Outro fundamento das organizações inteligentes é a possibilidade de criar uma cópia virtual dos setores e gerar simulações a fim de monitorar os processos que estão em implementação. Máquinas que usam a virtualização estão mais protegidas contra *malwares* e podem ser usadas para verificar atualizações, realizar ensaios com *softwares* e testar diferentes configurações antes de apresentar o resultado final. Assim, o custo total de operação é reduzido.

Tempo real

A união da alta tecnologia com a virtualização usada na Indústria 4.0 possibilita análises em tempo real. O conhecimento gerado é entregue de imediato, o que otimiza os resultados sem causar impactos negativos na performance. Algumas empresas já usam essa tecnologia para disponibilizar informações completas sobre o mercado financeiro, como cotações da bolsa de valores; índices, taxas e indicadores econômicos; e moedas; entre outros.



Modularidade

A modularidade permite que qualquer atividade da linha de produção seja alterada de imediato. Com a conexão e desconexão de diferentes módulos, as empresas podem fabricar um produto diferente do outro em sequência sem ter que reconfigurar todo o processo. A indústria automobilística, por exemplo, divide os veículos em módulos que facilitam a montagem dos produtos. Essa divisão não é genérica, mas sim específica para cada família de automóveis.

Dado o exposto, é imperativo questionar como esses quatro grupos de habilidades, requeridas para o trabalhador da Indústria 4.0, interferem nos dispositivos de formação profissional, impulsionando-os para a mudança, sob pena de perderem efetividade e pertinência.

2.2. A educação profissional no sistema educacional para a Indústria 4.0: 5 pistas para atualização de currículos

O impacto da Indústria 4.0 na formação profissional é amplo e irreversível. Nos países centrais, onde a Quarta Revolução Industrial já se mostra como um fenômeno observável e amplo, os sistemas de formação profissional já foram ou estão sendo rapidamente adaptados para este cenário em que surgem modos de formação articulados com as características dos modos de produção industrial apontados. Consequentemente, surgem demandas em torno da capacitação inicial e continuada dos professores que atuam nos sistemas de formação profissional e em torno de inovações curriculares e didáticas suscetíveis de também revolucionarem a escola de educação profissional e tecnológica.

2.2.1. Experiência internacional e experiência brasileira

O cenário internacional neste campo aponta para uma revolução nos sistemas de formação, em consonância com a conjuntura dos meios industriais. Na Alemanha, por exemplo, onde 7,27 milhões de pessoas trabalham na indústria e no setor manufatureiro, o sistema dual de ensino profissional permite conciliar prática e teoria para aprender uma profissão e a adoção de ciclos formativos permite uma adaptação mais rápida às mudanças tecnológicas ocorridas no chão de fábrica. Na Inglaterra, adotam-se cada vez mais modelos de formação que acontecem nas indústrias, a fim de diminuir distâncias curriculares e, consequentemente, aumentar a pertinência da formação. No Canadá, o ensino médio profissionalizante, que acontece ao longo de dois anos



entre o ensino médio propedêutico e o ensino superior, é extremamente focado em habilidades e conhecimentos decorrentes das tecnologias habilitadoras e disruptivas citadas anteriormente.

O estudo realizado pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) intitulado Mapa da Educação Profissional e Tecnológica do Brasil (CGEE, 2015) situa a experiência brasileira de formação profissional à luz de algumas tendências internacionais (Alemanha, Inglaterra, Canadá) e conclui que um novo ciclo de política de educação profissional vem sendo delineado desde meados dos anos 2000. Este novo ciclo é delimitado por uma série de ações, programas, políticas públicas e iniciativas, tais como:

- i Programa de Expansão da Rede Federal de Educação Profissional e Tecnológica, que reúne os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia localizados em todos os Estados
- ii Programa Brasil Profissionalizado, responsável por projetos de colaboração entre os governos estaduais e o federal para a expansão e o desenvolvimento das redes estaduais de educação profissional
- iii Rede e-Tec Brasil, que desenvolve cursos de formação e qualificação profissional na modalidade a distância em colaboração com as diferentes redes de educação profissional
- iv Acordo de gratuidade com os serviços nacionais de aprendizagem, no qual as instituições vinculadas ao Sistema S responsabilizam-se por aumentar o número de vagas gratuitas oferecidas anualmente
- v FIES técnico empresa, iniciativa no âmbito do Fundo de Financiamento Estudantil (Fies) que financia cursos técnicos e de qualificação profissional em instituições privadas e no Sistema S
- vi Bolsa-Formação, que configura o principal programa no interior do Programa Nacional de Acesso ao Ensino Técnico e Emprego (Pronatec) e financia o oferecimento de cursos técnicos e qualificação profissional completamente gratuitos em instituições das redes federal, estadual, municipal e privada.

O documento do CGEE conduz ao entendimento acerca do atraso brasileiro neste âmbito, dada a efervescência da mudança de cenários no mundo do trabalho. No entanto, já existe no Brasil a compreensão consolidada de que uma grande parte da nossa força laboral deve ser treinada mais intensivamente e de forma mais contínua ao longo de sua vida. Também já há uma compreensão de que é cada vez mais importante que essa força de trabalho possua uma educação mais rica



em qualificações analíticas gerais que permitam uma constante atualização da sua qualificação ao longo da vida profissional (CGEE, 2015).

Esta é também uma das observações de Maria Lígia de Oliveira Barbosa (BARBOSA, 2018), em estudo realizado para o CGEE acerca da educação tecnológica no Brasil. Para a pesquisadora, esforços devem ser dirimidos a fim de investir em especialização para aumento da empregabilidade, de utilizar modelos não acadêmicos de educação técnica e de valorizar a incorporação de saberes práticos e experienciais.

Por sua vez e embora se referindo ao cenário da formação profissional de nível superior, o estudo, também realizado pelo CGEE, acerca da relação entre a dinâmica econômica e ocupações desse nível de ensino (CGEE, 2018) corrobora a importância crucial de investir em um novo ciclo de política de educação profissional de nível médio. De fato, o estudo enfatiza que, conforme a Relação Anual de Informações Sociais (Rais) 2016, aproximadamente 48,6% dos vínculos empregatícios formais são ocupados por profissionais de nível médio completo. Se somados aos trabalhadores de nível médio que não possuem vínculo empregatício formal, temos aí mais de 50% da força de trabalho formal.

Estas e outras sinalizações indicam que as mudanças nos modos de produção industrial demandam importantes modificações nos modos de formação profissional. Em consonância com o conceito de Indústria 4.0, fala-se em Educação 4.0 (TANRIOGEN, 2018; FISK, 2017) para se referir a estes novos modos de formação, os quais priorizam a experiência prática e a experimentação, assim como a realização de projetos que permitam que os estudantes coloquem a mão na massa, em consonância com a Cultura “*Maker*”. Além disso, há uma valorização da criatividade, da interdisciplinaridade, da utilização de ferramentas tecnológicas na sala de aula, de metodologias ativas e da criação de ambientes didáticos inovadores.

Esses novos modos de formação profissional demandam i) abordagens curriculares mais sistêmicas, com sinergia intensa com o mercado de trabalho e sua evolução; ii) uma sólida educação científica e tecnológica, que forme uma base igualmente sólida para subsidiar as atividades de ensino; iii) inovações em procedimentos de gestão do conhecimento acerca de competências e habilidades dos alunos; e iv) uma forte interação com as tecnologias digitais de informação, comunicação e expressão, suscetíveis de transformarem qualitativamente as relações educativas e de estabelecerem conexões entre a sala de aula e a sociedade em rápida transformação.



2.2.2. A qualificação inicial e continuada dos professores da educação profissional e tecnológica: uma questão incontornável para a implantação da Indústria 4.0

Se, com o advento da Indústria 4.0, o perfil dos trabalhadores muda, a sua dinâmica de formação profissional deve também mudar. De fato, já é do senso comum que cada período histórico de industrialização foi delimitado por um modo específico de formação para o trabalho na indústria. Conforme indica a Figura 11, partiu-se de uma educação para o trabalho alicerçada na aprendizagem do funcionamento dos sistemas mecânicos, dos teares e das máquinas a vapor (Indústria 1.0); avançou-se para uma educação profissional de entendimento da produção em escala, da dinâmica da linha de montagem e do uso da eletricidade e da combustão (Indústria 2.0); seguiu-se para uma escola técnica centrada no ensino da automação decorrente da invenção do chip, da robótica, do funcionamento da computação, da internet e dos dispositivos eletrônicos (Indústria 3.0); e culmina-se, atualmente, na necessidade de formação para o trabalho com sistemas cibernéticos, redes de dados, Internet das Coisas e inteligência artificial (Indústria 4.0).

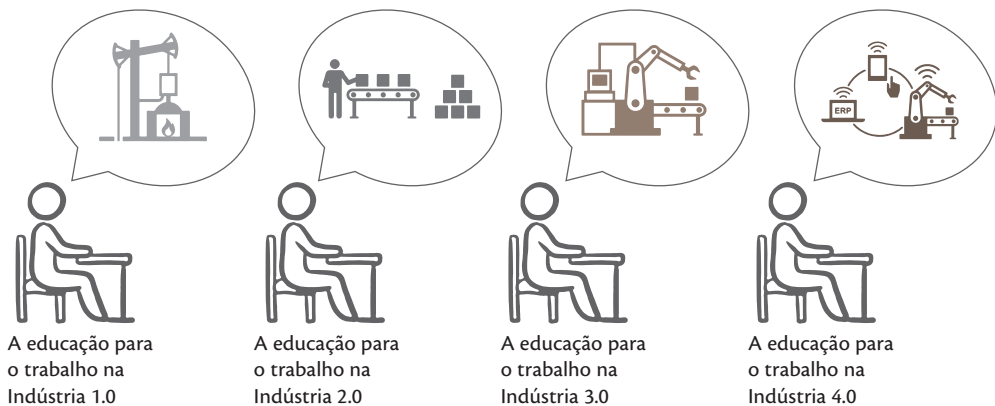


Figura 11 – A evolução da educação para o trabalho

Fonte: Compilação do autor

Todavia, a escola é apenas um edifício que poderia ter qualquer outra destinação não fosse sua ocupação por professores, que a ela atribuem estatuto educativo e intencionalidade pedagógica. Portanto, é imperativo que, na sequência indicada pela Figura 11, inovações didáticas sejam levadas continuamente para todo o ecossistema de profissionalização de nível técnico e tecnológico, o que inclui adequações na formação inicial e continuada dos profissionais docentes. Trata-se de um desafio mundial. A título de exemplo deste movimento na atualidade, algumas iniciativas



são descritas em artigos acadêmicos mundo afora, apesar da escassez de estudos sobre as novas demandas profissionais de professores para a educação técnica de nível médio para a Indústria 4.0.

AFRIANTO (2018), em um estudo sobre perfis de professores indonésios de educação profissional para a Indústria 4.0, observa que lhes é cada vez mais demandado que tenham como meta a formação de seus alunos em três tipos de letramento: digital, tecnológico e humano. O letramento digital visa a aumentar a capacidade de ler, analisar e usar informações no mundo digital (*Big Data*). O letramento tecnológico visa a fornecer uma compreensão sobre o funcionamento de máquinas e sobre as aplicações de tecnologia nos processos industriais. O letramento humano é dirigido a melhorar as habilidades de comunicação.

Por sua vez, Popkova e Zmiyak (2019), pesquisadores da Federação Russa, apontam que os sistemas de formação profissional, para se adaptarem à Indústria 4.0, devem ter a tarefa-chave de formar profissionais técnicos pautados pela adaptabilidade ao novo modo tecnológico, dando prioridade às competências sociais, apesar da óbvia importância das competências técnicas, constatação que tem impacto óbvio sobre o perfil dos professores atuantes nos referidos sistemas.

O estudo alemão dos pesquisadores Abdelrazeq, Janssen, Tummel, Richet e Jeschke (2016), delinea o “Professor 4.0” e os requisitos deste profissional no contexto da Quarta Revolução Industrial. Para eles, o professor deve assumir novos comportamentos didáticos, deve ser continuamente sensibilizado com relação às inovações tecnológicas e deve obter apoio contínuo para lidar com os desafios impostos pela implementação destas inovações tanto na indústria como na escola (embora se refiram aos professores do ensino tecnológico de nível superior).

Nos Estados Unidos, relatório da *Education Commission of the States* (ECS, 2019) aponta que a educação profissional de nível médio avança de uma plataforma baseada na escola para uma plataforma baseada no trabalho. A aprendizagem neste segundo modelo pode incluir diferentes atividades, desde o acompanhamento de profissionais a estágios. Esta virada na educação profissional estadunidense estabelece oportunidades de formação baseadas no trabalho que vão desde exposição profissional em ambiente de sala de aula até experiências de preparação profissional em locais de trabalho reais. Alguns estados ampliam atual e rapidamente as oportunidades de aprendizagem no trabalho e 11 deles já promulgaram legislação para estabelecer ou expandi-las, face ao avanço rápido da Indústria 4.0.



No contexto dos países-membros do BRICS (Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul), relatório de um estudo recente sobre o desenvolvimento de habilidades para a Indústria 4.0 (BRICS, 2016) aponta que a formação de professores para o ensino técnico e tecnológico deve ser encarada com prioridade. A abordagem comparativa de programas desses cinco países traz pistas de que o fortalecimento do ensino técnico deve ter como foco, com mais ênfase, conhecimentos sobre as tecnologias da informação e comunicação (TIC) e habilidades para se trabalhar com dados e, com menos ênfase, habilidades técnicas e habilidades socioemocionais.

No contexto brasileiro, o Programa Nacional de Acesso ao Ensino Técnico e Emprego (Pronatec) – um dos programas abordados no estudo sobre o BRICS – já vai dando lugar a um novo programa para fomentar o ensino técnico no Brasil, intitulado Novos Caminhos. Lançada em outubro de 2019, a iniciativa será voltada para o ensino tecnológico de jovens e terá foco na aprendizagem de novas tecnologias, Indústria 4.0 e empreendedorismo. Mesmo sem ter sido anunciada como substituta do Pronatec, a nova política pública deve ampliar em 80% a oferta de vagas no ensino técnico até 2023 (com expectativa de 1,5 milhão de vagas por ano) e prevê a formação de mais de 40 mil professores até o ano de 2022. Tanto quanto a formação inicial, a formação continuada desses professores é também apontada como uma prioridade, posto que 2 mil vagas de mestrado e doutorado em educação profissional e tecnológica devem ser ofertadas até 2022. Outras 21 mil vagas estão previstas para a formação de professores de ciências e matemática até o final do próximo ano. O Ministério da Educação (MEC) também deve elaborar um marco regulatório na oferta de cursos técnicos no setor privado, com a regularização de diplomas já emitidos, bem como a formulação de um novo catálogo de cursos.

Ademais, o Sistema S tem também investido bastante em novos métodos pedagógicos que sustentam a Indústria 4.0, o que, evidentemente, passa pela formação continuada e permanente de seus professores. Com este foco, o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (Senai) implantou uma rede nacional composta por institutos de inovação e institutos de tecnologia que promovem a difusão de tecnologias ao longo das cadeias produtivas e o desenvolvimento de soluções ágeis, inovadoras e sob medida para indústrias de todos os portes. Nessa perspectiva, o ecossistema de formação profissional do Senai é permanentemente submetido a processos de modernização para atender às necessidades de atualização tecnológica das indústrias. Buscando agilidade nesse procedimento, bem como conexão com a velocidade de desenvolvimento, implantação e integração das novas tecnologias da Indústria 4.0, busca-se fazer com que os ciclos de revisão dos processos e dos métodos pedagógicos aconteçam com maior frequência e tenham prazos reduzidos.



Há claramente uma intenção de evoluir de um sistema de formação baseado em conteúdos para um sistema de formação baseado em habilidades e competências. Assim como foi descrito no relatório da *Education Commission of the States* mencionado anteriormente, migra-se de uma plataforma baseada na escola para uma plataforma baseada no chão de fábrica e no trabalho.

O Senai prepara-se continuamente para se adequar a esse cenário, oferecendo grande número de cursos técnicos baseados em novos modelos pedagógicos. Da mesma forma, o Serviço Social da Indústria (Sesi) também investe na criação desses métodos inovadores e promove a abordagem da robótica, da matemática e de idiomas desde a educação básica até a educação continuada dentro das empresas. Dessa maneira, o Sesi busca formar novos profissionais qualificados para atender as necessidades da indústria e promover a evolução social e econômica supostamente atrelada à Indústria 4.0.

Esta investida do Sistema S é corroborada por estudo da Confederação Nacional da Indústria (CNI), realizado no âmbito do Conselho Temático Permanente de Política Industrial e Desenvolvimento Tecnológico (Copin), que apresenta o conceito de Indústria 4.0, seus principais impactos na competitividade e uma agenda de propostas sobre o tema. No estudo, sete dimensões prioritárias para o desenvolvimento da Indústria 4.0 no Brasil são apontadas: i) aplicações nas cadeias produtivas e desenvolvimento de fornecedores; ii) mecanismos para induzir a adoção das novas tecnologias; iii) desenvolvimento tecnológico; iv) ampliação e melhoria da infraestrutura de banda larga; v) aspectos regulatórios; vi) formação de recursos humanos; e vii) articulação institucional. Essas duas últimas dimensões colocam em perspectiva ações de formação inicial e continuada de professores, bem como articulações entre a escola e a indústria, dentre outras instituições (CNI, 2016).

2.2.3. A visão de gestores de Institutos Federais de Educação Tecnológicas (IFET)

Concluída a delimitação desse cenário internacional e nacional, apresenta-se, a seguir, a visão que atores do ecossistema público de educação e profissional e tecnológica brasileiro têm sobre essa questão. A fim de delinear o cenário de surgimento desses novos modos de formação profissional em resposta aos novos modos de produção industrial, o presente estudo recorreu a depoimentos coletados junto a 20 gestores de Institutos Federais de Educação Tecnológicas (IFET). Esses profissionais foram consultados em uma roda de conversa, realizada na Faculdade de



Educação da Universidade de Brasília, em março de 2017, acerca do impacto da automação e das tecnologias disruptivas nos currículos dos cursos profissionalizantes de nível médio. As questões e as respostas encontram-se apresentadas e compiladas a seguir.

Pergunta 1: *Parte importante dos processos produtivos, no ambiente industrial, vem sofrendo drásticas mudanças. Como isto impacta a organização curricular dos cursos profissionalizantes de nível médio nos institutos federais?*

Resumo das respostas: de modo unânime, os gestores, que são também professores de diversas áreas técnicas e tecnológicas nos IFET, mostraram-se preocupados com as mudanças e seu impacto potencial nos currículos, pois a própria pertinência da formação que os IFET oferecem está em jogo. Todos apontam, porém, que as mudanças curriculares e a resposta dos IFET são lentas se comparadas à rapidez das demandas do mercado de trabalho. De acordo com os profissionais, os currículos deveriam ser mais ágeis e mais maleáveis, talvez modulados de forma que elementos mais diretamente relacionados com novos processos produtivos fossem mais rapidamente incorporados. Foca-se mais na teoria do que na prática em diversos discursos, porque uma abordagem empírica das mudanças teria implicações didáticas até nos modos de formação oferecidos, isto é, de atuação dos professores, o que não é simples, porque eles foram formados em outro paradigma. A adoção de outra abordagem também teria implicações nas máquinas e equipamentos de que dispomos para ensinar.

Pergunta 2: *O impacto [de uma abordagem empírica] eventualmente existente ocorre em todas as áreas de formação com que o instituto federal lida?*

Resumo das respostas: o impacto ocorre em todas as áreas, mas não em todo o currículo. Há impactos para o trabalho de alguns professores de disciplinas mais técnicas, porque os alunos terão, por exemplo, que estagiar em indústrias que usam máquinas, equipamentos e processos dos quais os IFET não dispõem e não são capazes de oferecer. Mudanças comportamentais, como trabalhar em grupo, ser criativo, proativo, etc., têm importância, mas a indústria não pode prescindir de pessoas capazes de manipular novos objetos técnicos, de usar novos materiais, de apoiar processos de engenharia mais complexos e diferentes. É mais fácil permanecer no campo teórico do que avançar para a prática.



Pergunta 3: *Que mudanças foram efetivamente realizadas nos currículos?*

Resumo das respostas: Tudo é muito lento e depende muito dos colegiados dos professores. Os IFET inseriram nas grades curriculares disciplinas mais gerais, pelas quais todos passam, independentemente de sua área, para abordar questões como as novas habilidades de interação e comunicação, competências socioemocionais, etc. É importante que os cursos integrem a ideia de que, em um futuro próximo, haverá menos relações de trabalho permanentes e mais vínculos temporários, que incorporam um pouco dos padrões culturais que os jovens que entram hoje no mercado de trabalho já buscam voluntariamente. Competências de relacionamento, de trabalho colaborativo, de criatividade, de interpretação de dados e de empreendedorismo com competências de formação, associadas a um trabalho em time no qual as pessoas colaboram porque estão comprometidas com o resultado, revertem-se em inventividade, criatividade. O ambiente positivo, então, cria uma cultura organizacional mais favorável para a geração de riqueza. As pessoas vão ter um processo contínuo de aprendizado ao longo da vida. Vão precisar requalificar-se permanentemente para adquirir novas competências. É claro que ainda é cedo, prematuro, afirmar o que vai acontecer, mas são tendências que estão se desenhando. É fácil abordar isso teoricamente nos cursos. O difícil é abordar, na prática, novos procedimentos de trabalho técnico de fato. As estruturas empresariais hoje são menos verticalizadas, mais horizontais e colaborativas. O desafio é fazer essa horizontalização acontecer também nos currículos. Entretanto, é extremamente difícil conseguir isso.

Pergunta 4: *Qual a principal dificuldade ou barreira para que as mudanças decorrentes da Indústria 4.0 reflitam na formação profissional e tecnológica?*

Resumo das respostas: os professores são, ao mesmo tempo, os principais aliados e as principais barreiras. São profissionais formados em outros paradigmas e muitos sequer sabem manipular as novas máquinas e os novos procedimentos de produção em diversas áreas, especialmente quando se trata de informática e de tecnologias muito recentes, como a robótica, a inteligência artificial, etc. A formação continuada poderia auxiliar a resolver isto. Portanto, há um problema gerencial importante a contornar. Alguns IFET têm muita proximidade com o Sistema S, no qual este problema é resolvido mais facilmente porque há mais flexibilidade para contratar novos professores, oferecer formação continuada a fim de diminuir a fratura geracional, aplicar mais recursos para ter aparatos tecnológicos para fins didáticos mais atualizados. Nossos alunos só conseguem ter acesso a novos equipamentos e máquinas quando estagiam em empresas e indústrias que operam novos processos produtivos e novos equipamentos.



Pergunta 5: Qual o futuro da formação profissional e tecnológica?

Resumo das respostas: No ambiente da formação técnica oferecida nos IFET, a saída para a manutenção da pertinência e da conexão com a indústria está nas atividades extracurriculares paralelas e na adoção de metodologias ativas. Os currículos são mais engessados e os professores, mais velhos e conservadores. É necessário lançar mão de olimpíadas de conhecimentos, incubadoras de ideias inovadoras e visitas técnicas, tudo isso é importante. O impacto é distinto em áreas distintas. No setor automotivo, por exemplo, é necessário formar mecânicos para veículos híbridos, especialistas em telemetria, especialistas em informática veicular, etc. No setor das tecnologias da informação e comunicação, precisa-se de técnicos especializados em Internet das Coisas, segurança cibernética, defesa digital, *Big Data*, engenharia de *softwares*. No setor de alimentos, por sua vez, há a necessidade de especialistas em aplicação de embalagens.

Esses depoimentos corroboram o cenário indicado pelas características dos novos modos de produção industrial indicados ao longo desta nota técnica e apontam pistas para que um novo modo de formação, em consonância com a Indústria 4.0, seja formatado:

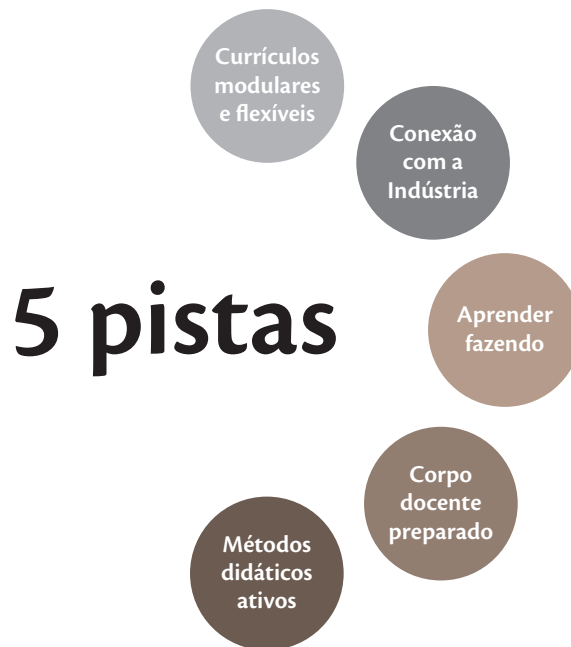


Figura 12 – Pistas para formatação de uma nova formação profissional

Fonte: Compilação do autor



De todo o exposto, é possível deduzir que urge que o Brasil promova estratégias de formação inicial e continuada de professores da educação profissional e tecnológica que contemplem as características apontadas ao longo deste tópico, como promete o programa Novos Caminhos, do Ministério da Educação. Notadamente, a rapidez das mudanças ocasionadas pelas tecnologias disruptivas precisa encontrar rápida ressonância nas escolas formais e não formais de educação profissional e tecnológica. Isso talvez só seja viável e possível se forem exploradas as possibilidades das tecnologias de informação, comunicação e expressão (TICE), exatamente como acontece no caso de diferentes repositórios digitais de conteúdos e objetos de aprendizagem para as diferentes modalidades e níveis de ensino. Várias destas iniciativas não foram continuadas ou não mantêm o viço inicial que motivou seu desenvolvimento. No entanto, uma iniciativa semelhante, especialmente focada na educação profissional e tecnológica, poderia suprir a demanda por fomento na formação inicial e continuada de professores. Estes, uma vez incitados, poderiam acessar, de qualquer lugar do território nacional, conteúdos inovadores, consoantes com o movimento da Indústria 4.0 e suas tecnologias disruptivas, e integrá-los a currículos ou deles se apropriar em uma perspectiva paracurricular.

A título de exemplo, apresentam-se a seguir alguns repositórios digitais de objetos de aprendizagem existentes no Brasil.

- **Rede Interativa Virtual de Educação (Rived):** teve por objetivo disponibilizar conteúdos pedagógicos digitais, na forma de objetos de aprendizagem, para educadores e estudantes de todo o País vinculados a sistemas de educação básica. A Rived também foi pensada para promover capacitações sobre metodologias voltadas à produção e uso dos objetos de aprendizagem. A iniciativa parece ter sido descontinuada.
- **Portal do Professor:** iniciativa do MEC em funcionamento desde 2007, tem foco exclusivo na formação continuada de profissionais educadores. Objetivos: oferecer aos professores um ambiente para que, após sua formação inicial, sintam-se incluídos em uma comunidade de pessoas que utilizam TICE na educação; disseminar experiências educacionais das e nas diferentes regiões do Brasil; oferecer recursos multimídia em diferentes formatos, assim como materiais de estudo, dicas pedagógicas, links para outros portais, ferramentas de autoria, dentre outros; favorecer interações entre professores para reflexão crítica e trocas de experiências; e publicar uma revista eletrônica que permita ao professores divulgar suas ideias e experiências. (BRASIL, Portal)



- **Banco Internacional de Objetos Educacionais (BRASIL, BIOE):** iniciativa também descontinuada, foi criado em 2008 pelo MEC em parceria com o então Ministério da Ciência e Tecnologia, a Rede Latino-americana de Portais Educacionais e a Organização dos Estados Ibero-americanos (OEI), dentre outros. Seu propósito era manter e compartilhar recursos educacionais digitais de livre acesso para professores de diversos países. Ali, os docentes poderiam ter acesso a recursos em áudio, vídeo, animação, simulação, *softwares* e hipertextos voltados para uma grande gama de áreas de conhecimento e de disciplinas da educação básica, incluindo a educação profissional e tecnológica.
- **Banco Internacional de Objetos Educacionais (BRASIL, BIOE):** portal em pleno funcionamento, mas de manuseio incompreensível, que disponibiliza recursos educacionais gratuitos em diversas mídias e idiomas (áudio, vídeo, animação/simulação, imagem, hipertexto, *softwares* educacionais) que atendem desde a educação básica até a superior, nas diversas áreas do conhecimento.

A concepção e a manutenção de um repositório semelhante, totalmente vinculado às necessidades de formação inicial e continuada de professores da educação profissional e tecnológica poderiam ser uma resposta eficaz para este desafio de atualização constante do ecossistema da formação para a indústria. Um repertório de objetos de aprendizagem poderia ser um dispositivo acessório importante para necessárias modificações curriculares, como a adoção de currículos flexíveis, com itinerários de formação que possam incorporar esses objetos. Esta é uma realidade que se tornou possível por meio do Marco Legal do Novo Ensino Médio, delimitado por todo um arcabouço legal: A Lei nº 13.415/2017, que altera a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) (BRASIL, 2017) a BNCC (Base Nacional Comum Curricular), as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, os Referenciais Curriculares para a Elaboração de Itinerários Formativos (BRASIL, 2018) e o Guia de Implementação do Novo Ensino Médio (BRASIL, 2019).

Currículos flexíveis visam a dividir a estrutura curricular, deixando algumas matérias como parte comum do curso a todos os alunos e outras abertas, para que os estudantes possam escolher, de acordo com as suas preferências, vocações e conexões identificadas no mercado de trabalho. É um recurso inovador, que visa a intensificar a qualificação dos jovens em áreas em que eles possuam maior interesse — especialmente considerando as suas intenções profissionais para o futuro e a capacitação para tal, bem como o foco em inovações no trabalho provocadas pelas diversas tecnologias disruptivas que, mesmo tendo convergências estruturais, apontam para diferentes caminhos de profissionalização. Os currículos flexíveis, além da parte comum, apresentam diferentes itinerários formativos ou trilhas de aprendizagem que, além de permitirem a formação de profissionais com perfis distintos, embora complementares, permitem a atualização mais imediata de um determinado itinerário mediante alguma inovação constatada no setor industrial.



No caso da formação técnica e profissional, os itinerários também devem organizar-se a partir da integração dos diferentes eixos estruturantes, ainda que as habilidades a eles associadas somem-se a outras habilidades básicas requeridas indistintamente pelo mundo do trabalho e a habilidades específicas requeridas pelas distintas ocupações, conforme previsto no Catálogo Nacional de Cursos Técnicos (CNCT) e na Classificação Brasileira de Ocupações (CBO).

2.3. Recomendações finais

Considerando todo o exposto ao longo deste documento técnico, bem como o cenário descortinado pela literatura consultada, seguem algumas recomendações:

- a. É premente que se invista na qualidade da educação básica. A alfabetização e o letramento forte em Língua Portuguesa, Matemática e Ciências constituem a base sobre a qual toda e qualquer formação profissional deve assentar-se. A inserção da aprendizagem da lógica de programação (pensamento computacional) na educação básica também é, ao mesmo tempo, uma tendência em todos os países centrais e uma recomendação para os sistemas escolares brasileiros. O cumprimento da Base Nacional Curricular Comum (BNCC), que atualizou e complementou o Plano Nacional de Educação, permite que se abordem, de forma progressiva e por área de conhecimento, as aprendizagens essenciais que os alunos devem desenvolver ao longo da educação básica. Essas aprendizagens essenciais constituem a base para o avanço em novas formações técnicas de nível médio. As competências gerais exigidas pela BNCC são:
 - i conhecimento: para aprender a lidar com a realidade, continuar aprendendo e colaborar com a sociedade;
 - ii pensamento científico e criativo: para investigar causas elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas;
 - iii repertório cultural: para participar de práticas diversificadas da produção artístico-cultural;
 - iv comunicação: para expressar-se e partilhar informações, experiências, ideias e produzir sentimentos que levem ao entendimento mútuo;
 - v cultura digital: para comunicar-se, acessar e produzir informações e conhecimentos; resolver problemas; e exercer protagonismo e autoria;



- vi trabalho e projeto de vida: para entender o mundo do trabalho e fazer escolhas alinhadas à cidadania e ao seu projeto de vida, com liberdade, autonomia, criticidade e responsabilidade;
 - vii argumentação: para formular, negociar e defender ideias, pontos de vista e decisões comuns, com base em direitos humanos, consciência socioambiental, consumo responsável e ética;
 - viii autoconhecimento e autocuidado: para cuidar da sua saúde física e emocional, reconhecendo suas emoções e as dos outros, com autocrítica e capacidade para lidar com elas;
 - ix empatia e cooperação: para fazer-se respeitar e promover o respeito ao outro e aos direitos humanos, com acolhimento e valorização da diversidade, sem preconceitos de qualquer natureza;
 - x responsabilidade e cidadania: para tomar decisões com base em princípios éticos, democráticos, inclusivos, sustentáveis e solidários.
- b. É fundamental que se amplie o conhecimento acerca do cenário nacional, onde o impacto das tecnologias disruptivas na indústria, o qual conduz ao cenário da Indústria 4.0, tem peculiaridades que não aparecem na literatura especializada. Esta sempre dá a impressão equivocada de homogeneidade nos cenários e de impactos iguais em todas as camadas do trabalho. Recomendam-se estudos mais robustos acerca das especificidades brasileiras neste âmbito, a fim de identificar novas habilidades, novas competências e o lugar da educação profissional no sistema educacional para a Indústria 4.0, em diferentes camadas de uma mesma atividade técnica ou tecnológica. Por exemplo: uma ampliação do Mapa da Educação Profissional e Tecnológica (CGEE, 2015) poderia ter como foco a criação de um levantamento digital acerca da evolução tanto da Indústria 4.0 quanto da Educação 4.0 em todo o país, por município, estado, região e outros recortes.
- c. É necessário flexibilizar currículos dos cursos de educação profissional e tecnológica, tendo em vista que a emergência das tecnologias disruptivas gera uma demanda por um novo modo de formação profissional de nível técnico. A escola deve ser tão disruptiva quanto as tecnologias que alteram o modo de funcionamento da sociedade e da indústria. A escola de educação profissional deve acolher o pensamento diferente, formar para a autonomia e para a criatividade e distanciar-se de uma estrutura curricular rígida. O plano pedagógico precisa apoiar essas transformações, as metodologias ativas precisam ser incorporadas aos processos de ensino e aprendizagem e o corpo docente deve estar bem preparado para participar de tudo isso.



- d. Tecnologias educativas inovadoras, baseadas nas metodologias ativas. Igualmente decorrentes das tecnologias disruptivas, elas devem ser inseridas no rol daquelas apontadas como habilitadoras para a Indústria 4.0. Sem a adoção de novos modos de formação de pessoas para a indústria, o chão de fábrica, mesmo dotado de todo o aparato disruptivo mencionado, não apresenta sustentabilidade. No âmbito destas tecnologias educativas inovadoras, temos os currículos flexíveis e a adoção de trilhas de aprendizagem voltadas para as habilidades técnicas, colaborativas e cognitivas, que preparam o indivíduo, da forma mais integral possível, para o exercício de uma profissão de nível técnico e para garantir sua permanência no mercado de trabalho em plena transformação.
- e. É urgente que o País disponha de políticas públicas voltadas para a formação inicial e continuada de professores em exercício na educação profissional e tecnológica, a partir do reconhecimento de que estamos também diante de um problema geracional: professores formados em contextos analógicos sendo chamados a atuar na formação de atores para uma sociedade digital. A implantação de um repositório de objetos de aprendizagem especialmente dedicado à educação profissional e tecnológica e com foco em inovações didáticas e em tecnologias disruptivas, cobrindo as mais diversas áreas industriais, poderia suprir necessidades de formação continuada de professores desta modalidade de ensino e, ao mesmo tempo, subsidiá-los com recursos didáticos a serem usados em relações educativas, tornando-as mais conectadas com a Indústria 4.0.



REFERÊNCIAS

ABDELRAZEQ, Anas; JANSSEN, Daniela; TUMMEL, Christian; RICHEL, Anja; JESCHKE, Sabina. Teacher 4.0: Requirements of the teacher of the future in the context of the fourth industrial revolution. *In: ANNUAL INTERNATIONAL CONFERENCE OF EDUCATION, RESEARCH AND INNOVATION*, 9., Seville, Spain, 14-16 Nov. 2016. **ICERI 2016 Proceedings...** 2016. p. 8221-8226. Disponível em: <https://library.iated.org/view/ABDELRAZEQ2016TEA> Acesso em: 23 ago. 2020.

AFRIANTO, Daud. Being a professional teacher in the era of industrial revolution 4.0: opportunities, challenges and strategies for innovative classroom practice. **English Language Teaching and Research**, v. 2, n. 1, Dec. 2018. Disponível em: <http://ejournal.unp.ac.id/index.php/eltar/article/view/102675/101032> Acesso em: 23 ago. 2020.

ANADI. **Site**. Disponível em: <http://anadi.com.br/>

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL – ABDI. **Agenda brasileira para a indústria 4.0.: o Brasil preparado para os desafios do futuro**. Brasília, DF: 2018. Disponível em: <http://www.industria40.gov.br/>

BANCO MUNDIAL. **Trouble in the making?** The future of manufacturing-led development (Mary Hallward-Driemeier e Gaurav Nayyar). Washington: 2018, 255 p. Disponível em: <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/27946/9781464811746.pdf>. Acesso em: 04 ago. 2020.

BARBOSA, Maria Lígia de Oliveira. Educação tecnológica no Brasil: contribuições e limites na formação de recursos humanos. *In: CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS – CGEE. Formação de recursos humanos em áreas estratégicas de Ciência, Tecnologia e Inovação*. Brasília (DF): 2018. p. 231-247. Disponível em: https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/Livro_Formacao_RH_2010_6366.pdf. Acesso em: 04 ago. 2020.



BOSTON CONSULTING GROUP – BCG. **Embracing industry 4.0 and rediscovering growth**. 2019. 60 p. Disponível em: <https://www.bcg.com/pt-br/capabilities/operations/embracing-industry-4.0-rediscovering-growth>. Acesso em: 06 ago. 2020.

BRASIL. Ministério da Educação. **Banco internacional de objetos educacionais – BIOE**. Disponível em: <http://objetoseducacionais.mec.gov.br/#/inicio>

BRASIL. Ministério da Educação. **Guia de implementação do novo ensino médio**. Brasília: Novo Ensino Médio, 2019. Disponível em: <http://novoensinomedio.mec.gov.br#!/guia>

BRASIL. Ministério da Educação. **Portal do professor**. Disponível em: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/index.html>

BRASIL. Ministério da Educação. **Portaria nº 1.432, de 28 de dezembro de 2018**. Estabelece os referenciais para elaboração dos itinerários formativos conforme preveem as Diretrizes Nacionais do Ensino Médio. Disponível em: https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/KujrwoTZC2Mb/content/id/70268199

BRASIL. Presidência da República. **Lei nº 13.415, de 16 de fevereiro de 2017**. Altera as Leis nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996, que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2017/Lei/L13415.htm

BRICS BUSINESS COUNCIL. **Skill development for industry 4.0**. WhitePaper. 2016. Disponível em: <http://www.globalskillsummit.com/whitepaper-summary.pdf>. Acesso em 24 ago. 2020.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS – CGEE. **Formação de recursos humanos em áreas estratégicas de Ciência, Tecnologia e Inovação**. Brasília (DF): 2018. 289 p. Disponível em: https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/Livro_Formacao_RH_2010_6366.pdf.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS – CGEE. **Mapa da educação profissional e tecnológica: Experiências internacionais e dinâmicas regionais brasileiras**. Brasília, DF: 2015. 292 p. Disponível em: https://www.cgee.org.br/documents/10182/734063/CGEE_Mapas_Web_12022016_10255.pdf. Acesso em: 04 ago. 2020.



CHINA State Council – SC. **Made in China 2025**: report. Beijing: State Council. 2015.

CHRISTENSEN, C.M. **The innovator's dilemma**: when new technologies cause great firms to fail. Boston, MA: Harvard Business School Press. 2013. 288 p.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA – CNI. **Desafios para a Indústria 4.0 no Brasil**. 2016. 37 p. Disponível em: https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer_public/d6/cb/d6cbfbba-4d7e-43a0-9784-86365061a366/desafios_para_industria_40_no_brasil.pdf
Acesso em: 04 ago. 2020.

EDUCATION COMMISSION OF THE STATES - ECS. **Career and Technical Education**. 2019. 8 p. Disponível em: <https://www.ecs.org/wp-content/uploads/Career-and-Technical-Education.pdf>. Acesso em 25 ago. 2020.

FISK, P. **Education 4.0 the future of learning will be dramatically different, in school and throughout life**. 2017. Disponível em: <https://www.thegeniusworks.com/2017/01/future-education-young-everyone-taught-together/>. Acesso em: 03 ago. 2020.

INSTITUTE FOR EMPLOYMENT RESEARCH – IAB. **Structural unemployment in selected countries**; what to expect. (Current reports, 04/2015). Disponível em: http://doku.iab.de/aktuell/2015/aktueller_bericht_1504.pdf

IBA GLOBAL EMPLOYMENT INSTITUTE. **Artificial intelligence and robotics and their impact on the workplace**. Apr. 2017. Disponível em: <https://www.ibanet.org/Document/Default.aspx?DocumentUid=c06aa1a3-d355-4866-beda-9a3a8779ba6e>. Acesso em: 04 ago. 2020.

LATIN AMERICA INDUSTRY 4.0 OBSERVATORY. **Site**. Disponível em: <https://www.laindustria4.org/>

POPKOVA, Elena G.; ZMIYAK, Kristina V. Priorities of training of digital personnel for industry 4.0: social competencies vs technical competencies. **On The Horizon**, v. 27, n. 3/4, p. 138-144. 2019. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/OTH-08-2019-0058/full/pdf?title=priorities-of-training-of-digital-personnel-for-industry-40-social-competencies-vs-technical-competencies>. Acesso em: 23 ago. 2020.



SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL – SENAI. **Conheça o mapa do trabalho industrial 2019-2023**. 2018. Disponível em: <https://noticias.portaldaindustria.com.br/especiais/conheca-o-mapa-do-trabalho-industrial-nos-estados/>. Acesso em: 04 ago. 2020.

TANRIOGEN, Zeynep Meral. The possible effects of 4th industrial revolution on Turkish educational system. **Eurasian Journal of Educational Research**, v. 18, n. 77, p. 163–184. 2018. Disponível em: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/626181>

TESSARINI JUNIOR, Geraldo; SALTORATO, Patrícia. Impactos da indústria 4.0 na organização do trabalho: uma revisão sistemática da literatura. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia de Produção**. Florianópolis, SC, v. 18, n. 2, p. 743-769, 2018. Disponível em: <https://producaoonline.org.br/rpo/article/download/2967/1678>

UTAMIL, Rosanita Tritias; ROISTIKA, Nia; KHOIROT, Umdatul; HANAFI, Moh; HERMININGSI, Dwi Ima. Teacher professional development in education 4.0: awareness of digital literacy. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON BUSINESS, LAW AND PEDAGOGY, 1., ICBLP 2019, 13-15 Feb. 2019, Sidoarjo, Indonesia. **Proceedings...** Sidoarjo, Indonesia. 2019. Disponível em: <https://eudl.eu/pdf/10.4108/eai.13-2-2019.2286528>. Acesso em: 23 ago. 2020.



LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Mudanças na demanda por habilidades relacionadas ao <i>corework</i> , 2015 - 2020, todas as indústrias	45
--	----

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fatores que influenciam as habilidades necessárias para o mercado de trabalho	12
Figura 2 – Tendências que direcionam o futuro do emprego e das habilidades no Reino Unido	13
Figura 3 – Análise de artigos selecionados da Web of Science	14
Figura 4 – 10 vagas emergentes nos EUA e genoma de habilidades	17
Figura 5 – Mapa de calor: distribuição de habilidades de engenheiros mecânicos em diferentes indústrias	18
Figura 6 – Visão geral da rede de artigos com identificação de <i>clusters</i>	31
Figura 7 – <i>The O*NET® Content Model</i>	44
Figura 8 – Desequilíbrio de habilidades no Brasil	46
Figura 9 – As Revoluções Industriais	64
Figura 10 – Tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0	65
Figura 11 – A evolução da educação para o trabalho	80
Figura 12 – Pistas para formatação de uma nova formação profissional	86



LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dicionário de habilidades	19
Tabela 2 – Lista de competências no modelo universal de competências	21
Tabela 3 – Habilidades requeridas para a indústria 4.0	23
Tabela 4 – Competências requeridas para a indústria 4.0	24
Tabela 5 – Derivações das competências principais para desafios identificados	26
Tabela 6 – Competências agregadas por categorias	27
Tabela 7 – Ranking de número de artigos por país considerando os 19 países que mais publicaram artigos na rede construída	30
Tabela 8 – Novas profissões em oito áreas	74



SIGLAS E ABREVIATURAS

AMI | *Achievement Motivation Inventory*
BNCC | Base Nacional Comum Curricular
BRICS | Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul
CAE | Academia Chinesa de Engenharia
CBO | Classificação Brasileira de Ocupações
CGEE | Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
CNCT | Catálogo Nacional de Cursos Técnicos
CNI | Confederação Nacional da Indústria
CNPq | Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
Copin | Conselho Temático de Política Industrial
CT&I | Ciência, Tecnologia e Inovação
EQ-I | *Emotional Quotient Inventory*
Fies | Fundo de Financiamento Estudantil
GT | Grupo de Trabalho
IFET | Institutos Federais de Educação Tecnológica
Inep | Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
IoT | Internet das Coisas
IP | *Internet Protocol*
LDB | Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
MCTI | Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações
ME | Ministério da Economia
MEC | Ministério da Educação
Mesup | Mapa da Educação Profissional e Tecnológica e Mapa da Educação Superior no Brasil
MOOC | *Massive Open Online Course*
OCDE | Organização para a Cooperação e Desenvolvimento
OEI | Organização dos Estados Ibero-americanos
PGEPR | Pós-Graduação em Engenharia de Produção
Pronatec | Programa Nacional de Acesso ao Ensino Técnico e Emprego
Rais | Relação Anual de Informações Sociais
RHCTI | Recursos Humanos para Ciência, Tecnologia e Inovação
Rived | Rede Interativa Virtual de Educação
Senai | Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
Sesi | Serviço Social da Indústria
STEM | *Science, technology, engineering and mathematics*
TA | Tecnologias de Automação
TI | Tecnologias da Informação
TIC | Tecnologias de Informação e Comunicação
TICE | Tecnologias de informação, comunicação e expressão
UFABC | Universidade Federal do ABC

