

ARTIGO ORIGINAL

## Tecnologias disruptivas e tecnologias educativas: novos modos de formação para uma sociedade em transformação

*Gilberto Lacerda Santos<sup>1</sup>*

### RESUMO

Já é consolidado e de senso comum que as Tecnologias Digitais de Informação, Comunicação e Expressão (TICE) e outras tecnologias disruptivas impactam irreversivelmente todas as modalidades de ensino. No âmbito da Educação Profissional e Tecnológica, a adoção de novos modos de formação em resposta a esses impactos torna-se uma necessidade premente, relacionada com a própria pertinência da escola e com o cumprimento de seu papel social. Mas, como atores de nosso ecossistema público de educação profissional e tecnológica percebem esse cenário e seu impacto na organização curricular e nas diferentes áreas de formação? Que dificuldades apontam para que as mudanças decorrentes da chamada “Indústria 4.0” reflitam na formação profissional e tecnológica? Qual o futuro dessa modalidade de ensino face ao avanço das TICE e das demais tecnologias disruptivas? O presente artigo, decorrente de estudo realizado para o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), aprofunda o entendimento dessa situação problemática e, a partir de posicionamentos coletados junto a vinte gestores de Institutos Federais de Educação Profissional e Tecnológica, procura contribuir com elementos de resposta para essas questões fundamentais para uma melhor qualificação do fator humano que lida com contextos laborais em efervescência e em plena transformação.

**Palavras-chave:** educação profissional; tecnologias disruptivas; tecnologias educacionais.

## Disruptive technologies and educational technologies: new ways of training for a changing society

### ABSTRACT

It is already consolidated and common sense that Digital Information, Communication and Expression Technologies (TICE) and other disruptive technologies irreversibly impact all teaching modalities. In

---

1. Universidade de Brasília (glacerda@unb.br)



the context of Professional and Technological Education, the adoption of new training methods that response to these impacts becomes a pressing need, related to the relevance of the school and the fulfillment of its social role. As actors in our public professional and technological education ecosystem perceive this scenario and its impact on the curricular organization and on different areas of training. What difficulties indicate that the changes arising from the so-called “Industry 4.0” are reflected in professional and technological training? What is the future of this teaching modality given the advancement of TICE and other disruptive technologies? This article, resulting from a study carried out for the Center for Management and Strategic Studies (CGEE), deepens the understanding of this problematic situation and, based on positions collected from twenty managers of Federal Institutes of Professional and Technological Education, seeks to contribute with elements of answers to these fundamental questions for a better qualification of the human factor that deals with work contexts in effervescence and in full transformation.

**Keywords:** professional education; disruptive technologies; educational technologies.

## **Tecnologías disruptivas y tecnologías educativas: nuevas formas de formación para una sociedad en transformación**

### **RESUMEN**

Ya es consolidado y de sentido común que las Tecnologías Digitales de Información, Comunicación y Expresión (TICE) y otras tecnologías disruptivas impactan de forma irreversible todas las modalidades de enseñanza. En el contexto de la Educación Profesional y Tecnológica, la adopción de nuevos métodos de formación que respondan a estos impactos se convierte en una necesidad apremiante, relacionada con la relevancia de la escuela y el cumplimiento de su rol social. Pero, ¿cómo perciben los actores de nuestro ecosistema público de educación profesional y tecnológica este escenario y su impacto en la organización curricular y en los diferentes ámbitos de la formación? ¿Qué dificultades indican que los cambios derivados de la llamada “Industria 4.0?” se reflejen en la formación profesional y tecnológica? ¿Cuál es el futuro de esta modalidad de enseñanza ante el avance de TICE y otras tecnologías disruptivas? Este artículo, resultado de un estudio realizado para el Centro de Estudios de Gestión y Estratégicos (CGEE), profundiza en la comprensión de esta problemática y, a partir de posturas recabadas de veinte directivos de Institutos Federales de Educación Profesional y Tecnológica, busca contribuir con elementos de respuestas a estas preguntas fundamentales para una mejor cualificación del factor humano que aborda contextos laborales en efervescencia y en plena transformación.

**Palabras-clave:** educación profesional; tecnologías disruptivas; tecnologías educativas.



## 1. As tecnologias disruptivas e a emergência de novos modos de produção

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 daí, o avanço da indústria, tal como a conhecemos, passou a ser um fator determinante do modo de funcionamento das sociedades, alterando formas de organização econômica, modos de consumo de produtos, 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 uma de suas principais características a aplicação das tecnologias decorrentes da informática, especialmente da Internet, para os mais diversos fins, é a grande responsável por esse novo cenário.

É nesse contexto da emergência de inovações no setor produtivo que surge a expressão “Indústria 4.0”, também chamada de 4.ª Revolução Industrial, termo que 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, 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. Fala-se, então, em mudanças disruptivas, em tecnologias disruptivas, 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 agrícola.

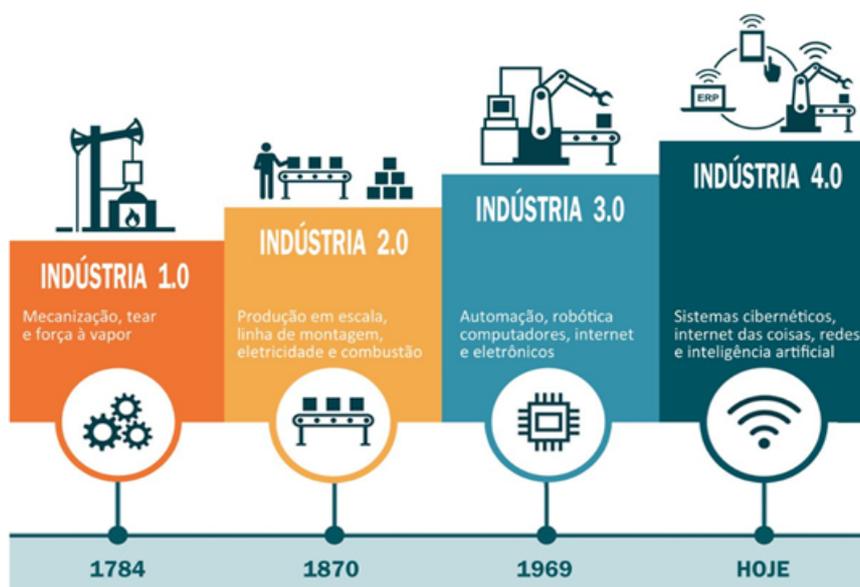
A disrupção decorre do conceito de “destruição criativa”, cunhado pelo economista austríaco Joseph Schumpeter, em 1939, para explicar a sucessão de ciclos de negócios. Nessa perspectiva, Christensen (1997) passou a empregar o termo ao vislumbrar que o capitalismo funciona igualmente em ciclos e que cada nova revolução (industrial ou tecnológica) destrói a anterior e toma seu mercado, trazendo consigo elementos de mudança suscetíveis de gerarem mais capital para os mesmos atores que, no caso da Indústria 4.0, são os seguintes: catalização das relações humanas por meio das Tecnologias Digitais de Informação, Comunicação e Expressão (TICE); aumento na rapidez do processamento de informações; monitoramento remoto de equipamentos; aumento na transparência de processos produtivos; diminuição de distância entre a gestão da empresa e o chão de fábrica; surgimento de máquinas autônomas com capacidade de operar e de programar manutenções; independência manufatureira decorrente do emprego de impressoras 3D; diminuição de custos de produção decorrente da automação inteligente de procedimentos industriais; rapidez na apropriação de inovações tecnológicas; economia de energia e otimização de recursos naturais; uso de repositórios digitais em nuvem; drástica diminuição de erros em decorrência da diminuição da intervenção humana; customização de produtos de acordo com especificidades e demandas de grupos de clientes, dentre outros.

Nessa perspectiva, a Indústria 4.0 designa o panorama dos padrões produtivos inovadores, disruptivos, definidos por um conjunto de tecnologias emergentes (nanotecnologia, neurotecnologia, biotecnologia, robótica, inteligência artificial, armazenamento de energia, TICE), as quais não definem isoladamente o movimento, que é resultante 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 alicerçada em três características básicas: elas devem ser responsivas, flexíveis e conectadas. 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 nos processos produtivos ao incluir ferramentas tecnológicas, sensores, robôs, automatização, 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, que deram passos avante, se libertaram do modo de formação proposto pela sociedade industrial (sequencia, linear, ritmado, homogêneo, cadenciado) e avançaram para o modo de formação proposto pela sociedade digital (concomitante, criativo, dinâmico, heterogêneo, flexível). Em outras palavras, a fábrica dotada de inteligência digital e disruptiva requer menos trabalhadores, mas trabalhadores dotados de inteligências condizentes com as novas formas de funcionamento do chão de fábrica e que dominem as tecnologias de controle remoto e digital.

O emprego dos padrões de funcionamento da Indústria 4.0 no setor industrial vem surgindo desde a primeira década do século XXI, conforme indica a figura seguinte (ver Figura 1), na qual se pode vislumbrar também os fatores de inovação que caracterizaram cada Revolução Industrial:

Figura 1 - As Revoluções Industriais



Fonte: [www.anadi.com.br](http://www.anadi.com.br)

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 em que, 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 se refere à interconexão de toda esta cadeia de valor à partir da introdução, na planta industrial, de dispositivos de automação de tarefas e de controle de dados e informações. Segundo o relatório do Boston Consulting Group (BCG, 2019), são nove as principais tecnologias da indústria 4.0, sendo elas determinantes da produtividade e do crescimento das indústrias (ver Figura 2):

Figura 2 - Tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0



Fonte: [www.anadi.com.br](http://www.anadi.com.br)

O trabalhador da fábrica automatizada e digitalizada deve deter, de modo geral, quatro tipos de conhecimentos e habilidades: aqueles referentes às especificidades da produção técnica e/ou tecnologia de sua área de atuação (habilidades técnicas); aqueles referentes às interações sociais extremamente dinâmicas e focadas nas relações humanas na nova “inteligência da fábrica” (habilidades colaborativas e socioemocionais); aquelas referentes à criatividade, à mobilidade pessoal e à adaptação contínua a mudanças (habilidades cognitivas) e aquelas necessárias para a compreensão, a manipulação, a intervenção e a gestão inteligente de dispositivos conectados em redes com ou sem fio (habilidades digitais).

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

De acordo com os diversos observatórios da indústria pelo mundo afora, a adoção dessas tecnologias habilitadoras, em conjunto ou individualmente, possibilitará ganhos significativos em produtividade, qualidade, 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 constantes geradas pela própria tecnologia em uma indústria em permanente

transformação, a tal ponto que talvez seja pertinente inserir neste rol uma tecnologia intangível, mas fundamental: a qualificação do fator humano para o trabalho, o que também requer uma Escola 4.0.

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 nos 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 Global Employment Institute, 2017). O trabalho enfatiza que estamos diante 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 sociedade.

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 empregabilidade dos trabalhadores. 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 das TICE, da robotização e da automação. 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, em decorrência do avanço deste novo modo de produção industrial.

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 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 se adaptar 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 (The World Bank, 2017).

Na região da América e Caribe, o avanço da Indústria 4.0 está em fase incipiente e corre o risco de se ampliar, na próxima década, o diferencial tecnológico em relação aos países mais avançados. Os principais países da região ainda não alcançaram as capacidades mínimas nas tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0.

Conforme dados do Observatório Latinoamericano da Indústria 4.0 (<https://www.laindustria4.org/>), apesar da existência de “ilhas de inovação industrial” em diversas regiões de vários países, o



atraso tecnológico na América Latina se reflete em um baixo nível de inserção das TICE nas escolas e 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 Agenda Brasileira para a Indústria 4.0, formulada pela Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) sensível ao incremento deste movimento no país, propõe uma agenda para que as empresas brasileiras se insiram na Quarta Revolução Industrial e, em decorrência, experimentem uma nova onda de transformação (<http://www.industria40.gov.br/>). Conseqüentemente, 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.

Todo esse quadro aponta para a necessidade de um novo modo de formação profissional e tecnológica e 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 deverão situar-se em processos contínuos de aprendizado ao longo de vida e deverão estar, permanentemente, em situação de requalificação a fim de acessarem e desenvolverem novas competências.

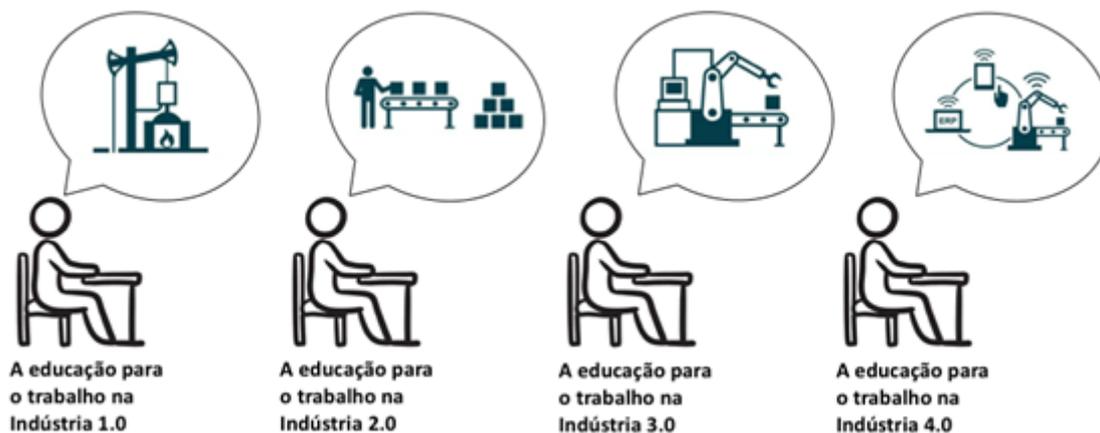
O impacto da Indústria 4.0 na formação profissional é amplo e irreversível. Nos países centrais, onde a Quarta Revolução Industrial já se mostra como um fenômeno observável e amplo, os sistemas de formação profissional já foram ou estão sendo rapidamente adaptados para este novo cenário em que surgem novos modos de formação profissional, articulados com as características dos novos modos de produção industrial apontados. Conseqüentemente, 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. 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 de conhecimento geral que cada período histórico de industrialização foi delimitado por um modo específico de formação para o trabalho. Conforme indica a figura 3, 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, no âmbito da Indústria 4.0, na necessidade de formação para o trabalho com sistemas cibernéticos, redes de dados,

Internet das coisas e inteligência artificial (ver Figura 3).

Figura 3 - A evolução da educação para o trabalho



Fonte: elaborada pelo autor, 2024

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.

É, portanto, imperativo que, na sequência indicada pela figura 4, 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, vejamos algumas iniciativas 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, observam que lhes é cada vez mais demandado que tenham como meta a formação de seus alunos em três tipos de letramentos: o letramento digital, o letramento tecnológico e o letramento humano. O letramento digital visa aumentar a capacidade de ler, analisar e usar informações no mundo digital (Big Data), o letramento tecnológico visa fornecer uma compreensão do funcionamento de máquinas e aplicações de tecnologia nos processos industriais e o letramento humano é dirigido a melhorar as habilidades de comunicação.

Por sua vez, os pesquisadores russos Popkova e Zmiyaki (2019) 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.

Seguindo a onda do “4.0”, o estudo alemão dos pesquisadores Abdelrrez *et al.* (2016), delinea o “Professor 4.0” e os requisitos deste profissional no contexto da Quarta Revolução Industrial. Para eles, embora se refiram aos professores do ensino tecnológico de nível superior, o novo 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 escola como na indústria.

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 baseada no trabalho pode incluir uma variedade de atividades, desde acompanhamento de profissionais a estágios e aprendizagens. Esta virada na educação profissional estadunidense estabelece oportunidades de aprendizagem baseadas no trabalho que vão desde exposição profissional em ambiente de sala de aula até experiências de preparação profissional em locais de trabalho. Alguns estados ampliam atual e rapidamente as oportunidades de aprendizagem no trabalho e onze deles já promulgaram legislação para estabelecer ou expandir as oportunidades de aprendizagem focada trabalho, face ao avanço rápido da Indústria 4.0.

No contexto dos países membros do Business Council Índia Section Rics (BRICS), relatório de um estudo recente sobre o desenvolvimento de habilidades para a Indústria 4.0 (Business Council Índia Section, 2016) aponta que a formação de professores para o ensino técnico e tecnológico deve ser encarada com prioridade. Abordagem comparativa de programas de fortalecimento do ensino técnico desses cinco países traz pistas de que o mesmo deve ter como foco, com mais ênfase, conhecimentos sobre as TICE e habilidades para se trabalhar com dados e, com menos ênfase, habilidades técnicas e habilidades socioemocionais.

No contexto brasileiro, um dos programas abordados no estudo sobre os BRICS, o Programa Nacional de Acesso ao Ensino Técnico e Emprego - PRONATEC já vai dando lugar a um novo programa para fomentar o ensino técnico no Brasil, intitulado Novos Caminhos. Lançado em outubro de 2019, o novo programa será voltado para o ensino tecnológico de jovens e terá foco na aprendizagem de novas tecnologias, indústria 4.0 e empreendedorismo. Mesmo sem ter sido anunciado como um substituto do PRONATEC, a nova política pública deverá ampliar em 80% a oferta de vagas no ensino técnico até 2023, sendo a expectativa de 1,5 milhões 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 se prevê a oferta de duas mil vagas de cursos de Mestrado e Doutorado em educação profissional e tecnológica até 2022. Outras 21 mil vagas estão previstas para a formação de professores de ciências e matemática até o final do próximo ano. O MEC também prevê a elaboração de 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 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 modernização 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 que tenham prazos reduzidos. Há claramente uma intenção de se evoluir de um sistema de formação baseado em conteúdo para um sistema de formação baseado em habilidades e competências e, da mesma forma que relatado no relatório estadunidense mencionado antes, de uma plataforma baseada na escola para uma plataforma baseada no chão de fábrica e no trabalho. Assim, tanto quanto o SENAI, que se prepara continuamente para se adequar a esse cenário, oferecendo grande número de cursos técnicos baseados em novos modelos pedagógicos, o SESI também investe na criação de métodos pedagógicos inovadores e promove a abordagem da robótica, da matemática e de idiomas na educação básica até a educação continuada dentro das empresas, buscando 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: aplicações nas cadeias produtivas e desenvolvimento de fornecedores; mecanismos para induzir a adoção das novas tecnologias; desenvolvimento tecnológico; ampliação e melhoria da infraestrutura de banda larga; aspectos regulatórios; formação de recursos humanos e 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 (Confederação Nacional da Indústria, 2016).

## 2.3 A visão de gestores de IFET

Concluída a delimitação desse cenário internacional e nacional, vejamos a seguir como atores de nosso ecossistema público de educação e profissional e tecnológico percebem essa questão. A fim de se delinear o cenário de surgimento desses novos modos de formação profissional em resposta aos novos modos de produção industrial, recorreremos a depoimentos coletados junto a vinte gestores de Institutos Federais de Educação Tecnológicas (IFET), consultados em uma roda de conversa virtual, 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:

**a) 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?**

De modo unânime, os gestores, que são também professores de diversas áreas técnicas e tecnológicas nos IFETs, estão preocupados com as mudanças e seu impacto potencial nos currículos. A própria pertinência da formação que os IFETs oferecem está em jogo. Mas, todos apontam que as mudanças curriculares são lentas. As respostas dos IFETs são demoradas, se comparada com a rapidez das mudanças e das demandas do mercado de trabalho<sup>2</sup>.

Os currículos deveriam ser mais ágeis e mais maleáveis, talvez modulados de modo que elementos mais diretamente relacionados com tecnologias digitais e com novos processos produtivos fossem mais rapidamente incorporados. Acaba-se ficando mais na teoria do que na prática em diversos discursos. Até mesmo porque uma abordagem empírica das mudanças tem implicações didáticas também nos modos de formação oferecidos, isto é, na atuação dos professores, o que não é simples, porque eles foram formados em outro paradigma. Tem também implicações nas máquinas e equipamentos de que dispomos para ensinar.

### **b) O impacto eventualmente existente ocorre em todas as áreas de formação com que o instituto federal lida?**

Acontece em todas as áreas, mas não em todo o currículo. Impacta o trabalho de alguns professores em algumas disciplinas mais técnicas, porque os alunos terão, por exemplo, que estagiar em indústrias que usam máquinas e equipamentos e processos que não dispomos, que não oferecemos a eles. Se aborda muito mudanças comportamentais, como trabalhar em grupo, ser criativo, proativo etc. 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.

### **c) Que mudanças foram efetivamente realizadas nos currículos?**

Tudo é muito lento e depende muito dos colegiados dos professores. De modo geral, os IFETs inseriram nas grades curriculares disciplinas mais gerais, por onde 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 vai haver menos relações de trabalho permanentes e mais vínculos temporários, que incorporam um pouco padrões culturais que os jovens que entram hoje no mercado de trabalho já buscam voluntariamente. Competências de relacionamento, trabalho colaborativo, de trabalho remoto, criatividade, interpretação de dados, empreendedorismo com competências de formação, associada a um trabalho em time no qual as pessoas colaboram porque estão comprometidas com o resultado reverte-se em inventividade, criatividade e o ambiente positivo cria uma cultura organizacional mais favorável para a geração de riqueza.

---

2. IFETs – Institutos Federais de Ensino Técnico.

As pessoas vão ter um processo contínuo de aprendizado ao longo de vida. Vão precisar se requalificar 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, são mais horizontais e colaborativas e nosso desafio poderia ser o de fazer essa verticalização acontecer também nos currículos. Entretanto, é extremamente difícil conseguir isso.

#### **d) Qual a principal dificuldade ou barreira para que as mudanças decorrentes da indústria 4.0 reflitam na formação profissional e tecnológica?**

Os professores são ao mesmo tempo nossos principais aliados e nossas principais barreiras. Primeiro, porque foram formados em outros paradigmas. Muitos nem sabem manipular as novas máquinas e os novos procedimentos de produção em diversas áreas, especialmente quando se trata de informática e de tecnologias muito novas, como a robótica, a inteligência artificial etc. Muitos não sabem lidar com ensino mediado por tecnologias digitais. Formação continuada poderia auxiliar a resolver isto. Portanto, temos um problema gerencial importante a contornar. Alguns IFETs tem muita proximidade com o sistema. Se lá este problema se resolve mais facilmente porque há mais flexibilidade para contratar novos professores, oferecer formação continuada para diminuir a fratura geracional, aplicar mais recursos para se 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.

#### **e) Qual o futuro da formação profissional e tecnológica?**

No ambiente da formação técnica oferecida nos IFETs, a saída para a manutenção da pertinência e da conexão com a indústria está na adoção da educação mediada por tecnologias com qualidade, nas atividades extracurriculares, paralelas e na adoção de metodologias ativas. Os currículos são mais engessados e os professores mais conservadores. Precisamos lançar mão de tecnologias educativas, de olimpíadas de conhecimentos, incubadoras de ideias inovadoras, visitas técnicas, tudo isso é importante. O impacto é distinto em áreas distintas. Por exemplo, no setor automotivo, precisamos formar mecânicos para veículos híbridos, especialistas em telemetria, especialistas em informática veicular etc. No setor das tecnologias de informação e comunicação, precisamos de técnicos especializados em Internet das coisas, segurança cibernética, defesa digital, big data, engenharia de softwares. No setor de alimentos, tem toda a formação em embalagens por exemplo.

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 4 – Pistas para formatação de uma nova formação profissional



Fonte: elaborada pelo autor, 2024

De todo o exposto, pode-se deduzir que urge que nosso país adote, desenvolva e promova estratégias para a formação inicial e continuada de nossos professores que atuam com educação profissional e tecnológica. Estratégias 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, o que 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 os diferentes níveis de ensino.

Apesar de que várias destas iniciativas não foram continuadas ou não mantêm o viço inicial que motivou seu desenvolvimento, uma iniciativa semelhante, especialmente focada na educação profissional e tecnológica, poderia suprir a demanda por fomento na formação inicial e continuada de professores, os quais, uma vez incitados, seriam capazes de acessar conteúdos inovadores, consoantes com o movimento da Indústria 4.0 e suas tecnologias disruptivas, de qualquer lugar do território nacional, integrá-los a currículos ou deles se apropriar em uma perspectiva para-curricular.

### 3. Considerações finais

Considerando-se todo o exposto ao longo desta nota técnica, bem como o cenário descortinado pela literatura consultada, recomenda-se o investimento 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 se assentar. 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 aborde as aprendizagens essenciais que os alunos devem desenvolver ao longo da educação básica, de forma progressiva e por área de conhecimento. Essas aprendizagens essenciais constituem a base para o avanço em novas formações técnicas de nível médio. As competências gerais exigidas pela BNCC são 10, a saber:

- a)** conhecimento: para aprender a lidar com a realidade, continuar aprendendo e colaborar com a sociedade;
- b)** pensamento científico e criativo: para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas;
- c)** repertório cultural: para participar de práticas diversificadas da produção artístico-cultural;
- d)** comunicação: para expressar-se e partilhar informações, experiências, ideias e produzir sentimentos que levem ao entendimento mútuo;
- e)** cultura digital: para comunicar-se, acessar e produzir informações e conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria;
- f)** 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;
- g)** argumentação: para formular, negociar e defender ideias, pontos de vista e decisões comuns, com base em direitos humanos, consciência socioambiental, consumo responsável e ética;
- h)** 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;
- i)** 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;
- j)** responsabilidade e cidadania: para tomar decisões com base em princípios éticos, democráticos, inclusivos, sustentáveis e solidários.

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 que há homogeneidade nos cenários, de que há impactos iguais em todas as camadas do trabalho. Recomenda-se a realização de 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. Ressalta-se ainda a necessidade de flexibilização de currículos de cursos de educação profissional e tecnológica, tendo em vista que a emergência das tecnologias disruptivas gera demandas por um novo modo de formação profissional de nível técnico, incorporando as tecnologias disruptivas.

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.

Tecnologias educativas inovadoras, baseadas nas metodologias ativas e igualmente decorrentes das tecnologias disruptivas, devem ser inseridas no rol das tecnologias 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 toda o aparato disruptivo mencionado, não apresenta sustentabilidade. No âmbito destas tecnologias educativas inovadoras, tem-se 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.

Por fim, entende-se que 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 objetivos 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 et al. Teacher 4.0: requirements of the teacher of the future in the context of the fourth industrial revolution. In: INTERNATIONAL EDUCATION CONFERENCE IN SPAIN, 9., 2016, Sevilha. **Anais** [...]. Sevilha. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/311365200\\_TEACHER\\_40\\_REQUIREMENTS\\_OF\\_THE\\_TEACHER\\_OF\\_THE\\_FUTURE\\_IN\\_CONTEXT\\_OF\\_THE\\_FOURTH\\_INDUSTRIAL\\_REVOLUTION](https://www.researchgate.net/publication/311365200_TEACHER_40_REQUIREMENTS_OF_THE_TEACHER_OF_THE_FUTURE_IN_CONTEXT_OF_THE_FOURTH_INDUSTRIAL_REVOLUTION). 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, dez. 2018. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/331986263\\_Being\\_a\\_Professional\\_Teacher\\_in\\_the\\_Era\\_of\\_Industrial\\_Revolution\\_40\\_Opportunities\\_Challenges\\_and\\_Strategies\\_for\\_Innovative\\_Classroom\\_Practice](https://www.researchgate.net/publication/331986263_Being_a_Professional_Teacher_in_the_Era_of_Industrial_Revolution_40_Opportunities_Challenges_and_Strategies_for_Innovative_Classroom_Practice). Acesso em: 23 ago. 2020.
- BARBOSA, Maria Lígia de Oliveira. Educação tecnológica no Brasil: contribuições e limites na formação de recursos humanos. In: **Formação de recursos humanos em áreas estratégicas de ciência, tecnologia e inovação**. Brasília, DF: CGEE, 2018. Disponível em: [https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/Livro\\_Formacao\\_RH\\_2010\\_6366.pdf](https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/Livro_Formacao_RH_2010_6366.pdf). Acesso em: 4 ago. 2020.
- BOSTON CONSULTING GROUP. **Embracing industry 4.0 and rediscovering growth**. Boston, MA. Disponível em: <https://www.bcg.com/pt-br/capabilities/operations/embracing-industry-4.0-rediscovering-growth>. Acesso em: 6 ago. 2020.
- BUSINESS COUNCIL INDIA SECTION RICS. **Skill development for Industry 4.0**. BRICS Índia: [s. n.], 2016. Disponível em: <http://www.globalskillsummit.com/whitepaper-summary.pdf>. Acesso em 24 ago. 2020.
- CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS. **Mapa da educação profissional e tecnológica no Brasil**. Brasília, DF: CGEE, 2015. Disponível em: [https://www.cgee.org.br/documents/10182/734063/CGEE\\_Mapas\\_Web\\_12022016\\_10255.pdf](https://www.cgee.org.br/documents/10182/734063/CGEE_Mapas_Web_12022016_10255.pdf). Acesso em: 4 ago. 2020.
- CHRISTENSEN, Clayton M. **The innovator's dilemma**: when new technologies cause great firms to fail. Boston, MA: Harvard Business Review Press, 1997. E-book. Disponível em: [https://books.google.com.br/books?id=3JnBAgAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.br/books?id=3JnBAgAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false). Acesso em: 4 ago. 2020.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Desafios para a Indústria 4.0 no Brasil**. Brasília, DF: CNI, 2016. Disponível em: <https://www.portaldaindustria.com.br/publicacoes/2016/8/desafios-para-industria-40-no-brasil/>. Acesso em: 4 ago. 2020.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Superintendência de Jornalismo. Profissões ligadas á tenologia terão alto crescimento até 2023, aponta SENAI.** Brasília, DF. 12 ago. 2019. Disponível em: <https://static.poder360.com.br/2019/08/12-08-Mapa-do-Trabalho-Industrial-2019-2023-Nacional-1.pdf>. Acesso em: 4 ago. 2020.

FISK, Pedro. Educação 4.0... o futuro da aprendizagem será dramaticamente diferente, na escola e ao longo da vida. **Blog de Peter Fisk.** 24 jan. 2017. Disponível em: <https://www.peterfisk.com/2017/01/future-education-young-everyone-taught-together/>. Acesso em: 3 ago. 2020.

IBA GLOBAL EMPLOYMENT INSTITUTE. **Artificial intelligence and robotics and their impact on the workplace.** Londres: International Bar Association, 2017. E-book. Disponível em: <file:///Users/gilbertolsantos/Downloads/AI-and-Robotics-IBA-GEI-April-2017.pdf>. Acesso em: 4 ago. 2020.

POPKOVA, Elena Gennadievna.; ZMIYAK, Kristina V. Priorities of training of digital personnel for industry 4.0: social competencies vs technical competencies. **On The Horizon**, v. 27, ed. 3/4. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/OTH-08-2019-0058/full/html>. Acesso em: 23 ago. 2020.

THE WORL BANK. Mary Hallward-Driemeier sobre o futuro do desenvolvimento liderado pela manufatura. [S.l.: s. n.], 2017. 1 vídeo (165 min.). Disponível em: <https://www.worldbank.org/en/news/video/2017/09/15/mary-hallward-driemeier-on-the-future-of-manufacturing-led-development>. Acesso em: 4 ago. 2020.

TOM, Keily. Career and technical education. **EDUCATION COMMISSION OF THE STATES**, [Estados Unidos], jan. 2019. Disponível em: <https://www.ecs.org/wp-content/uploads/Career-and-Technical-Education.pdf>. Acesso em 25 ago. 2020.