


**COMPETÊNCIAS DA MÃO DE OBRA NA INDÚSTRIA 4.0: UMA REVISÃO
SISTEMÁTICA DA LITERATURA**
WORKFORCE SKILLS IN INDUSTRY 4.0: A SYSTEMATIC LITERATURE


João Henrique Aguiar da SILVA¹
e-mail: joao.hasilva@upe.br joao.hasilva@upe.br



Djalma Silva GUIMARÃES JUNIOR²
e-mail: djalma.guimaraes@upe.br



Eduardo Cardoso GONÇALVES³
e-mail: eduardo.goncalves@upe.br

Como referenciar este artigo:

Silva, J. H. A. da, Guimarães Junior, D. S., Gonçalves, E.C. (2025).
Competências da mão de obra na indústria 4.0: Uma revisão
sistemática da literatura. *Revista GEPROS*, 20, e025010. DOI:
10.15675/gepros.3050



| **Submetido em:** 13/06/2025

| **Aprovado em:** 12/11/2025

| **Publicado em:** 04/12/2025

Editor: Profa. Dra. Paula de Camargo Fiorini

¹ Universidade de Pernambuco (UPE).

² Universidade de Pernambuco (UPE).

³ Universidade de Pernambuco (UPE).

RESUMO

Objetivo: Analisar as competências profissionais exigidas pela Indústria 4.0 e avaliar como a formação da mão de obra no Brasil – com foco na região Nordeste – pode ser aprimorada para atender às novas exigências desse novo paradigma industrial. **Referencial Teórico:** O referencial teórico do artigo Competências da Mão de Obra na Indústria 4.0 fundamenta-se em três eixos principais: 1. A Indústria 4.0 exige profissionais qualificados para lidar com tecnologias como IA, IoT e automação. 2. Destaca a importância de habilidades técnicas (hard skills) e comportamentais (soft skills) no novo cenário industrial. 3. Critica a defasagem da educação profissional no Brasil e defende modelos internacionais como referência para melhorar a qualificação da mão de obra. **Metodologia/Abordagem:** É baseada em uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL), A abordagem adotada busca garantir transparência, reprodutibilidade e rigor metodológico. Tipo de pesquisa, qualitativa, de natureza exploratória e descritiva, utilizando como técnica principal a Revisão Sistemática da Literatura (RSL). **Resultados:** O estudo aponta falhas na formação profissional no Brasil, com foco no Nordeste, como currículo desatualizado, pouca conexão com o setor produtivo e carência em tecnologias emergentes. Destaca modelos internacionais bem-sucedidos (Alemanha, EUA, Japão) e indica oportunidades de avanço na região por meio de parcerias, polos de inovação e capacitação em áreas como automação e análise de dados. **Contribuições, implicações práticas e sociais:** O estudo contribui para diversos públicos — incluindo formuladores de políticas, instituições educacionais, setor industrial e a sociedade em geral. **Contribuições Acadêmicas:** Avanço teórico e metodológico sobre o tema das competências profissionais na era da Indústria 4.0, síntese das competências essenciais (hard e soft skills) com base em uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL). **Originalidade/Valor:** A originalidade deste estudo destaca especificamente a realidade da região Nordeste, uma abordagem rara na literatura, que geralmente trata o tema em nível nacional ou internacional. Isso permite diagnósticos mais precisos e propostas direcionadas, considerando as desigualdades regionais. **Integração de Competências e Políticas Públicas:** Une de forma original três dimensões: hard skills, soft skills e políticas de capacitação, o que oferece uma análise completa e sistêmica da qualificação para a Indústria 4.0. **Palavras-chave:** Indústria 4.0. Qualificação profissional. Competências técnicas e comportamentais. Educação profissional. Transformação digital.

ABSTRACT

Objective: To analyze the professional skills required by Industry 4.0 and assess how workforce training in Brazil—with a focus on the Northeast region—can be improved to meet the new demands of this new industrial paradigm. **Theoretical framework:** The theoretical framework of the article Workforce Skills in Industry 4.0 is based on three main axes: 1. Industry 4.0 requires qualified professionals to deal with technologies such as AI, IoT, and automation. 2. It highlights the importance of technical skills (hard skills) and behavioral skills (soft skills) in the new industrial scenario. 3. It criticizes the gap in professional education in Brazil and defends international models as a reference for improving workforce qualifications. **Methodology/Approach:** It is based on a Systematic Literature Review (SLR). The adopted approach seeks to ensure transparency, reproducibility, and methodological rigor. This is qualitative, exploratory, and descriptive research, using the Systematic Literature Review (SLR) as the main technique. **Results:** The study points out gaps in professional training in Brazil, with a focus on the Northeast, such as an outdated curriculum, little connection with the productive sector and a lack of emerging technologies. It highlights successful international models (Germany, USA, Japan) and indicates opportunities for advancement in the region through partnerships, innovation hubs, and training in areas such as automation and data analysis. **Contributions, practical, and social implications:** The study contributes to various audiences—including policy makers, educational institutions, the industrial sector, and society in general. **Academic Contributions:** Theoretical and methodological advancement on the topic of professional skills in the Industry 4.0 era, synthesis of essential skills (hard and soft skills) based on a Systematic Literature Review (SLR). **Originality/Value:** The originality of this study specifically highlights the reality of the Northeast region, a rare approach in the literature, which generally addresses the topic at a national or international level. This allows for more precise diagnoses and targeted proposals, considering regional inequalities. **Integration of Skills and Public Policies:** It combines three dimensions in an original way: hard skills, soft skills and training policies, which offers a complete and systemic analysis of qualification for Industry 4.0. **Keywords:** Industry 4.0. Professional qualification. Technical and behavioral skills. Professional education. Digital transformation.

Introdução

A Indústria 4.0 indica uma revolução profunda na manufatura global, sendo impulsionada pela convergência de tecnologias disruptivas, como inteligência artificial, Internet das Coisas (IoT), automação avançada e análise de big data. Este novo modelo de produção redefine os processos industriais, integrando sistemas ciberfísicos e comunicação em tempo real, o que resulta em maior eficiência operacional e flexibilidade na linha de produção (Il-Yeol Song & Yongjun Zhu, 2017). No entanto, a adoção plena da manufatura digital não se resume à implementação dessas tecnologias; exige uma transformação significativa na qualificação da força de trabalho (Schwab, 2016; Kagermann, 2015).

Um dos maiores desafios enfrentados pelo Brasil nesse cenário é a preparação da sua população para os novos requisitos da economia digital. Segundo a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua (PNAD), apenas 23,1% da população brasileira tem acesso à educação superior (CNN Brasil, 2025), e uma parte considerável da força de trabalho não possui as habilidades necessárias para operar tecnologias de ponta, como as que são exigidas pela Indústria 4.0. Isso cria um fosso de qualificação que pode deixar milhões de trabalhadores para trás, especialmente aqueles em setores que não conseguem acompanhar a digitalização.

De acordo com dados do Fórum Econômico Mundial, estima-se que cerca de 80 milhões de empregos possam ser perdidos mundialmente até 2030 devido à automação e outras inovações tecnológicas, enquanto, ao mesmo tempo, surgem novas oportunidades que exigem habilidades especializadas. No Brasil, um estudo realizado pelo SENAI aponta que cerca de 40% da força de trabalho poderá ficar fora da nova economia se não houver investimentos significativos em capacitação e requalificação profissional, diz o Conselho Regional dos Técnicos Industriais da 1ª Região (CRT-01, 2025). Apesar do avanço das tecnologias industriais, a transição para a Indústria 4.0 tem gerado desafios significativos para os mercados emergentes, como o Brasil, onde a capacitação da mão de obra ainda não acompanha as demandas desse novo contexto produtivo. A falta de alinhamento entre os modelos educacionais — um modelo de formação profissional que combina ensino teórico em escolas e ensino prático em empresas, com o objetivo de proporcionar aos alunos uma formação sólida e diretamente conectada às exigências do mercado de trabalho — e as exigências da manufatura digital compromete a competitividade do setor industrial, dificultando a implementação de soluções inovadoras baseadas em automação e inteligência artificial (Abiodun Alao, 2024). O sistema dual de ensino, amplamente associado ao modelo educacional da Alemanha, tem sido

destacado como uma solução eficaz para alinhar a formação acadêmica às necessidades da indústria, especialmente no contexto da Indústria 4.0. Esse modelo é estruturado em três pilares principais, que são fundamentais para a preparação dos alunos para os desafios da nova era tecnológica.

Primeiramente, destaca-se a divisão entre teoria e prática. Nesse modelo, os alunos não se limitam a aprender apenas dentro das paredes da sala de aula. Eles dividem seu tempo entre instituições educacionais e empresas, proporcionando uma experiência prática fundamental para sua formação. A aplicação do conhecimento adquirido em sala de aula é realizada diretamente no ambiente de trabalho, o que permite que os alunos compreendam melhor a realidade do mercado e se adaptem rapidamente às demandas da indústria (Habekost, 2019). Essa abordagem torna a aprendizagem mais significativa e prepara os alunos para as tecnologias emergentes de maneira mais eficaz, promovendo uma educação contextualizada que reflete as transformações tecnológicas (Pasqualetto, 2023).

Outro ponto crucial do modelo dual é a integração entre as instituições educacionais e o setor produtivo. As empresas desempenham um papel ativo na formação dos alunos, não apenas oferecendo estágios ou experiências práticas, mas também colaborando na definição dos conteúdos curriculares. Esse modelo de parceria estreita garante que as habilidades ensinadas nas escolas estejam alinhadas às reais necessidades do mercado (Arbix et al., 2017). Os alunos não apenas adquirem competências que serão diretamente aplicadas no ambiente de trabalho, mas também têm uma transição mais fluida para o mercado, o que melhora sua empregabilidade (Santos et al., 2018).

O sistema dual é caracterizado por uma qualificação focada nas necessidades da indústria. A integração da formação teórica com as práticas industriais garante que os alunos sejam preparados para lidar com tecnologias de ponta, como automação, inteligência artificial (IA) e Internet das Coisas (IoT), que são essenciais para a Indústria 4.0 (Habekost, 2019). Essa abordagem oferece uma formação mais específica e técnica, capacitando os alunos a não apenas entenderem os fundamentos teóricos, mas também a se adaptarem às constantes inovações tecnológicas que moldam o futuro da produção industrial (Pasqualetto, 2023). O sistema dual de ensino integra teoria e prática, criando uma forte colaboração entre instituições educacionais e empresas e preparando os alunos com uma qualificação diretamente alinhada às necessidades da Indústria 4.0. Esse modelo, como apontam Arbix et al. (2017) e Pasqualetto (2023), tem se mostrado uma estratégia eficaz para o desenvolvimento de competências que garantem a adaptação à nova era digital. Diante desse cenário, compreender as lacunas de qualificação e

identificar estratégias eficazes para reestruturar a formação profissional torna-se elemento central para garantir que a força de trabalho esteja preparada para as novas exigências da transformação digital.

Nesse contexto, este estudo busca responder à seguinte questão de pesquisa: Quais são as competências necessárias para atender às demandas da nova economia? A rápida digitalização dos processos produtivos impõe desafios educacionais e estruturais que precisam ser analisados de forma criteriosa para que o país consiga acompanhar o ritmo das economias desenvolvidas e se posicionar de maneira mais competitiva no mercado global.

Para responder a essa questão, parte-se da hipótese de que a principal lacuna na adaptação da força de trabalho à Indústria 4.0 decorre da insuficiência de alinhamento entre as competências exigidas pelas novas tecnologias e as formações oferecidas pelas instituições educacionais e de capacitação profissional (Pasqualetto, 2023; Júnior et al., 2025). Caracteriza-se pela combinação entre ensino técnico em instituições de formação e prática supervisionada nas empresas, promovendo maior alinhamento entre teoria e prática, sendo reconhecido internacionalmente por sua eficácia na qualificação profissional (Arbix et al., 2017; Andrade Lucena et al., 2020).

O objetivo geral deste estudo é analisar as competências profissionais exigidas pela Indústria 4.0 e avaliar como a formação da mão de obra no Brasil — com foco na região Nordeste — pode ser aprimorada para atender a essas novas exigências. Como objetivos específicos, busca-se: (i) identificar as hard skills e soft skills essenciais para a manufatura avançada; (ii) mapear as lacunas existentes na qualificação profissional da indústria brasileira; (iii) comparar a abordagem educacional brasileira com modelos internacionais bem-sucedidos; e (iv) propor diretrizes para fortalecer a capacitação da força de trabalho no país.

A relevância deste trabalho reside na necessidade de compreender os desafios e oportunidades da qualificação profissional diante da Indústria 4.0, contribuindo para o desenvolvimento de políticas e estratégias que favoreçam a modernização do setor industrial. A escassez de profissionais qualificados para operar em ambientes digitalizados representa uma barreira à competitividade nacional, tornando essencial a implementação de medidas que promovam a adaptação do ensino técnico e superior às novas demandas do mercado (Lee, Jj & E Meng, J., 2021). Além disso, este estudo oferece subsídios para pesquisadores, gestores industriais e formuladores de políticas públicas interessados na transformação digital da manufatura brasileira.

A estrutura do trabalho foi organizada de forma lógica e progressiva. Inicialmente,

apresenta-se a metodologia da revisão sistemática da literatura, detalhando os critérios adotados na busca e análise das publicações. Em seguida, discute-se a relação entre as competências profissionais e as demandas da Indústria 4.0, abordando conceitos-chave e desafios para a formação da força de trabalho. Posteriormente, investiga-se o panorama da qualificação industrial no Brasil e na região Nordeste, comparando-o com modelos internacionais.

Revisão de literatura

A Indústria 4.0 representa uma mudança paradigmática no sistema produtivo, marcada pela integração entre tecnologias digitais, automação avançada, Internet das Coisas (IoT) e sistemas ciberfísicos (Il-Yeol Song & Yongjun Zhu, 2017). Diferente das revoluções industriais anteriores, esse modelo baseia-se na digitalização dos processos e na conectividade ubíqua, permitindo maior eficiência, personalização e flexibilidade produtiva (Schwab, 2016; Kagermann, 2015). Estudos recentes destacam que a Indústria 4.0 não se limita à adoção de novas ferramentas, mas envolve uma reorganização completa das cadeias produtivas, impactando diretamente a gestão, a logística e a qualificação da força de trabalho (Barbosa et al., 2021).

Entre os principais pilares tecnológicos encontram-se a inteligência artificial, a análise de big data, a robótica colaborativa, a manufatura aditiva e os sistemas de monitoramento em tempo real (Abiodun Alao, 2024). Os sistemas ciberfísicos, ao conectarem máquinas, pessoas e processos por meio de sensores inteligentes, promovem a integração vertical e horizontal da produção (Kodama et al., 2019). A literatura enfatiza que tais transformações exigem profissionais altamente qualificados para interpretar dados, tomar decisões autônomas e interagir em ambientes produtivos complexos (Teixeira de Souza & Almada Santos, 2020).

A adoção da Indústria 4.0 intensifica a demanda por novas competências profissionais. As hard skills concentram-se no domínio de tecnologias emergentes, como programação, análise de dados, machine learning, automação e manutenção de sistemas ciberfísicos (Canavarro, 2019; Do Amaral Aires et al., 2017). Essas habilidades técnicas tornam-se condição mínima para inserção no mercado, mas permanecem um desafio em países emergentes devido à defasagem curricular e à limitação de infraestrutura (Pasqualetto, 2023).

Por outro lado, as soft skills assumem papel cada vez mais estratégico. Competências como pensamento crítico, adaptabilidade, criatividade, inteligência emocional e trabalho

colaborativo são apontadas como essenciais para lidar com ambientes digitais dinâmicos e incertos (Kipper et al., 2021; Santos et al., 2018). Diferente das revoluções industriais anteriores, em que o foco era majoritariamente técnico, a Indústria 4.0 exige profissionais híbridos, capazes de integrar habilidades tecnológicas e socioemocionais, favorecendo inovação e tomada de decisão em contextos descentralizados (Kodama et al., 2019; Lima et al., 2023).

Apesar dos avanços tecnológicos globais, a literatura mostra que o Brasil enfrenta barreiras estruturais para alinhar sua força de trabalho à Indústria 4.0. Um dos maiores desafios é a defasagem curricular dos cursos técnicos e superiores, que ainda privilegiam conteúdos tradicionais e não incorporam plenamente disciplinas ligadas à digitalização, automação e análise de dados (Tessarini & Saltorato, 2018). Além disso, a baixa integração entre ensino e setor produtivo compromete a aplicabilidade das formações oferecidas, aprofundando desigualdades regionais, sobretudo em áreas industriais em crescimento, como o Nordeste (Pasqualetto, 2023).

Outro obstáculo relevante é a fragmentação das políticas públicas de qualificação profissional, que muitas vezes se limitam a ações pontuais, sem continuidade ou abrangência nacional (Santos et al., 2018). A ausência de incentivos governamentais consistentes para a formação e requalificação dos trabalhadores dificulta a expansão de programas de capacitação alinhados às novas demandas. A literatura aponta ainda para problemas adicionais, como a baixa fluência em inglês técnico, a insuficiência de investimentos em inovação educacional e a falta de cultura de aprendizado contínuo dentro das empresas (Silva et al. 2020; Kipper, 2021).

O contraste entre o Brasil e países industrializados revela diferentes estratégias para enfrentar os desafios da Indústria 4.0. A Alemanha é reconhecida pelo sistema dual de ensino, que integra teoria em instituições de ensino e prática em empresas, garantindo formação sólida e alinhada às necessidades produtivas (Arbix et al., 2017; Habekost, 2019). Os Estados Unidos adotam um modelo descentralizado, com forte participação de universidades e empresas em parcerias estratégicas, promovendo a rápida inserção de profissionais em áreas como inteligência artificial, robótica e análise de dados (Ottonicar et al., 2021). O Japão, por sua vez, combina a formação inicial com programas de requalificação contínua, reforçando a cultura do aprendizado permanente (Sakurai & Zuchi, 2018).

Essas experiências demonstram a importância de políticas estruturadas e de cooperação entre Estado, setor produtivo e instituições de ensino para garantir a qualificação da força de trabalho. A literatura sugere que a adaptação desses modelos ao contexto brasileiro pode ser

um caminho para reduzir lacunas de capacitação, especialmente em regiões com potencial de crescimento, como o Nordeste (Furtado et al., 2017; Andrade Lucena et al., 2020).

Embora exista um corpo crescente de estudos sobre competências na Indústria 4.0, ainda há lacunas importantes na literatura nacional. Poucos trabalhos abordam o recorte regional, em especial o Nordeste, onde os desafios educacionais e estruturais são mais intensos (Confederação Nacional da Indústria, 2025). Além disso, predominam estudos conceituais ou de revisão, enquanto análises empíricas com empresas, gestores e trabalhadores ainda são limitadas.

Assim, observa-se uma oportunidade para estudos que articulem hard skills, soft skills e políticas públicas em um diagnóstico sistêmico. Esse enfoque permite não apenas compreender as demandas atuais da Indústria 4.0, mas também propor diretrizes concretas para modernização curricular, integração universidade-indústria e incentivo ao *lifelong learning* no Brasil (Pasqualetto, 2023; Do Amaral Aires et al., 2017).

Metodologia

Metodologicamente, a pesquisa baseia-se em uma revisão sistemática da literatura (RSL), que consiste em um levantamento rigoroso e replicável de estudos acadêmicos, dissertações, relatórios técnicos e artigos científicos relevantes ao tema. A escolha pelo recorte regional Nordeste fundamenta-se no Mapa do Trabalho Industrial (CNI, 2025), que prevê a necessidade de 393 mil trabalhadores qualificados até 2027, sobretudo em áreas como automação, programação e análise de dados.

O processo de seleção das publicações seguiu um protocolo estruturado, utilizando bases de dados reconhecidas, como Scopus e Web of Science, além de critérios de inclusão e exclusão, para garantir a qualidade e a pertinência dos achados. A análise dos dados foi conduzida com base no protocolo PRISMA, permitindo a categorização dos estudos em três dimensões principais: (i) competências técnicas (hard skills), (ii) competências comportamentais (soft skills) e (iii) políticas de capacitação e requalificação profissional. A metodologia de análise bibliométrica utilizada neste estudo envolveu a compilação de um corpus documental a partir de documentos disponíveis na base de dados Scopus e Web of Science de 2010 até 2025, com foco na Indústria 4.0 e nas competências profissionais na mão de obra. Um rigoroso processo de revisão sistemática foi empregado para reunir artigos

relevantes, seguido por uma abordagem qualitativa para avaliar suas contribuições (Grant & Booth, 2009).

A base de dados Scopus e Web of Science foi selecionada devido à sua predominância de periódicos de alta qualidade, que abordam tópicos relacionados à internacionalização, garantindo tanto os padrões acadêmicos quanto a qualidade dos artigos publicados e incluídos nesta pesquisa (Jones et al., 2011). Além de sua vasta abrangência, aspectos como a multidisciplinaridade — que engloba uma variedade de áreas do conhecimento —, a disponibilidade de ferramentas analíticas avançadas, como análise de citações, redes de colaboração e métricas de impacto, e a criteriosa seleção de fontes, assegurando a qualidade e a relevância dos artigos e periódicos indexados, especialmente nas áreas de ciências exatas e tecnológicas, se destacam (Passas, 2024), fundamentando coletivamente a priorização da base de dados Scopus e Web of Science para a condução deste estudo.

A fim de investigar as competências demandadas pela Indústria 4.0, bem como analisar as lacunas formativas e propor estratégias de qualificação da mão de obra no contexto brasileiro — sobretudo na região Nordeste —, este estudo adotou uma abordagem de RSL, ancorada nos princípios de transparência, reprodutibilidade e rigor metodológico (Castro, 1998; Okoli et al., 2019). A revisão foi conduzida com base no protocolo PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), que orienta todas as etapas do processo — identificação, triagem, elegibilidade e inclusão dos estudos —, assegurando transparência, reprodutibilidade e rigor metodológico.

A Tabela 1, ao final desta subseção, sintetiza as etapas seguidas — com foco na descrição do planejamento, da condução e da apresentação dos achados —, apresentando de forma sistematizada os passos adotados na revisão.

Planejamento da revisão

Conforme salientado na Introdução, o cerne deste estudo consiste em averiguar as competências necessárias para a força de trabalho atuar na Indústria 4.0, identificando tanto as hard skills quanto as soft skills que emergem no contexto da transformação digital, além de analisar as lacunas formativas no Brasil, com ênfase na região Nordeste. Essa etapa teve início com a delimitação clara da pergunta de pesquisa: “De que maneira a capacitação da força de trabalho pode ser aprimorada para atender às demandas da Indústria 4.0, especialmente no que diz respeito à formação profissional na região Nordeste do Brasil?”

Uma vez definida a temática e a questão norteadora, delineou-se o protocolo de revisão, tomando como base o PRISMA adaptado (Okoli et al., 2019). Esse protocolo explicitou:

- Objetivo da RSL;
- Bases de dados selecionadas;
- Critérios de inclusão e exclusão;
- Estratégia de busca (descritores, operadores booleanos e recorte temporal);
- Procedimentos de triagem e análise dos estudos.

O protocolo foi elaborado para assegurar a confiabilidade e a reprodutibilidade da busca, descrevendo de forma pormenorizada cada passo a ser seguido durante a condução da revisão (Brizola & Fantin, 2016). Os parâmetros de busca foram definidos para focar em artigos publicados nos últimos 15 anos, priorizando aqueles que abordam a Indústria 4.0 e as competências necessárias para o mercado de trabalho. A busca na base de dados Scopus e Web of Science foi conduzida em 12 de maio de 2025 e foi limitada aos filtros. Scopus: Área Temática: Ciências Sociais, Multidisciplinar. – Tipo de Documento: Artigo, Capítulo de Livro. – Linguagem: Inglês. – País/Território: Brasil, Estados Unidos, onde foram localizados 25 artigos. Web of Science: Filtro Rápido: Artigo de revisão. – Tipos de Documentos: Artigo, Artigo de Revisão, Capítulo de Livro. – Idiomas: Inglês, português. – Categoria: Ciências Sociais Interdisciplinares, Sistema de Controle de Automação, Ética. – País/Território: Brasil, onde foram localizados 7 artigos. A busca baseada em palavras-chave foi projetada para maximizar a relevância dos resultados, selecionando cuidadosamente termos como (“Indústria 4.0” OR “Industry 4.0” OR “4th industrial revolution” OR “fourth industrial revolution”) AND (“competências” OR “competences” OR “skills” OR “hard skills” OR “soft skills” OR “qualificação profissional” OR “workforce qualification” OR “human resources management” OR “operator*” OR “job design”) AND (“transformação digital” OR “digital transformation” OR “automação avançada” OR “advanced manufacturing” OR “internet das coisas” OR “IoT”). A busca resultou em um total de 32 artigos, dos quais foram excluídos 6 por não serem relevantes para esta RSL.

Condução da revisão

A fim de contemplar um espectro amplo e multidisciplinar de publicações, optou-se pelas seguintes bases de dados: Scopus e Web of Science. A seleção se justifica por serem plataformas reconhecidas internacionalmente, abrangendo artigos revisados por pares, dissertações, teses e relatórios técnicos relevantes ao tema (Okoli et al., 2019).

O recorte temporal abrangeu o período dos últimos 15 anos — de 2010 até 2025 —, buscando contemplar a ascensão do conceito de Indústria 4.0 e suas implicações formativas desde seu surgimento até a atualidade (De Souza & Santos, 2020). Optou-se por estender ligeiramente além de 2011 (ponto inicial frequentemente mencionado como marco da “Quarta Revolução Industrial” na Feira de Hannover) para contemplar trabalhos preliminares que pudessem aportar contribuições conceituais ou empíricas.

A seleção dos descritores considerou termos associados diretamente à Indústria 4.0 e às competências profissionais necessárias. Assim, estabeleceram-se combinações – com operadores booleanos (AND, OR, NOT) – integrando os seguintes conjuntos de palavras-chave, em português e inglês:

- (“Indústria 4.0” OR “Industry 4.0” OR “4th industrial revolution” OR “fourth industrial revolution”);
- (“competências” OR “competences” OR “skills” OR “hard skills” OR “soft skills” OR “qualificação profissional” OR “workforce qualification” OR “human resources management” OR “operator*” OR “job design”);
- (“transformação digital” OR “digital transformation” OR “automação avançada” OR “advanced manufacturing” OR “internet das coisas” OR “IoT”).

Além disso, os asteriscos foram utilizados para contemplar variações de grafia – por exemplo, operator*, para englobar “operator” e “operators”. Utilizou-se ainda a limitação para o título, resumo e palavras-chave, de modo a restringir os resultados àqueles diretamente relacionados à temática (Brizola & Fantin, 2016).

Para assegurar a aderência dos estudos ao objetivo desta RSL, foram definidos os seguintes critérios de inclusão:

- Publicações (artigos científicos, dissertações, teses e relatórios técnicos) que abordassem direta ou indiretamente competências profissionais na Indústria 4.0;
- Estudos publicados no período de 2010 a 2025, em português e inglês;
- Disponibilidade do texto completo on-line;
- Estudos que apresentassem metodologia clara ou discussão sobre formação profissional, hard skills, soft skills, políticas públicas ou educação aplicada ao contexto da Quarta Revolução Industrial.

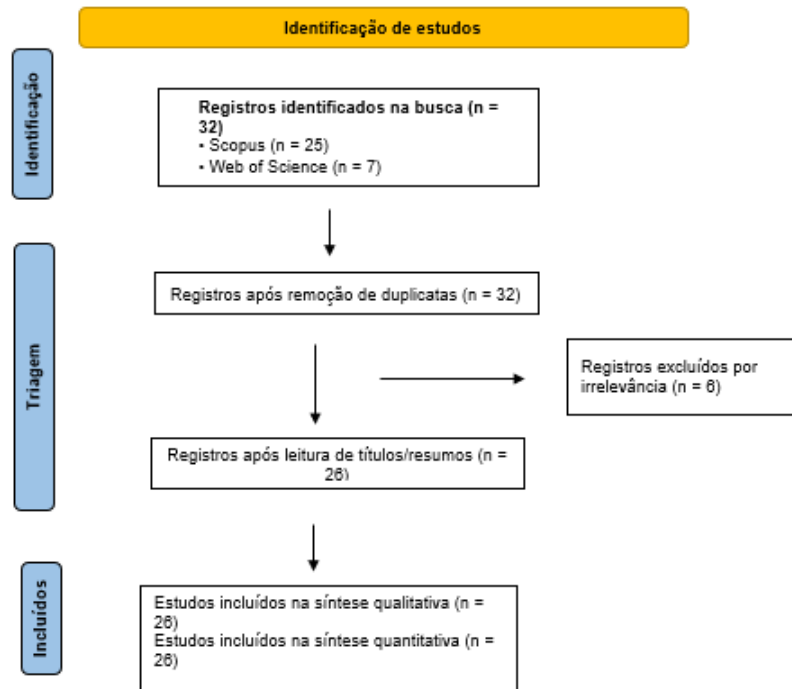
Foram excluídos trabalhos repetidos em diferentes bases, publicações que tratassem a Indústria 4.0 de maneira tangencial (sem discutir o componente de competências ou qualificações), artigos sem texto completo disponível e resumos de eventos sem aprofundamento metodológico.

Após a busca inicial, os resultados foram compilados em uma planilha eletrônica. Em seguida, procedeu-se à eliminação, pelo Bibliometrix, de duplicatas e à leitura dos títulos e resumos, com base nos critérios de inclusão e exclusão, para se chegar a um conjunto preliminar de estudos (Okoli et al., 2019). Nessa fase, foram excluídos artigos fora do escopo temático ou sem relevância acadêmico-prática.

Os artigos aprovados na triagem inicial passaram por leitura integral, a fim de avaliar a qualidade metodológica e a pertinência dos achados. Para assegurar maior robustez, adotaram-se diretrizes de avaliação crítica — levando em conta o desenho do estudo, o rigor estatístico (quando aplicável), a clareza dos objetivos e a relevância para a indagação de pesquisa (Brizola & Fantin, 2016). Ao final dessa etapa, constituiu-se o corpus final de artigos que fundamentou as etapas posteriores de análise apresentadas em Resultados e Discussão.

Figura 1

Fluxograma PRISMA adaptado para o processo de seleção dos estudos



Na sequência, procedeu-se à análise descritiva (perfil das publicações por ano, país de origem, área temática e periódico) e à análise de conteúdo, com a categorização das evidências em três dimensões: (i) competências técnicas (*hard skills*), (ii) competências comportamentais (*soft skills*) e (iii) políticas de formação e requalificação.

Os achados foram discutidos de maneira integrada, confrontando as evidências empíricas e conceituais dos diferentes estudos. Dessa forma, buscou-se destacar as principais lacunas de formação profissional no Brasil, as boas práticas de capacitação identificadas em países que avançaram na Indústria 4.0 e, por fim, propor diretrizes para o fortalecimento das competências da força de trabalho nacional (Pasqualetto, 2023).

Por fim, sintetizaram-se os principais insights derivados da RSL, ressaltando as contribuições deste estudo para pesquisadores, gestores e formuladores de políticas públicas. A síntese completa dos 26 estudos analisados encontra-se no Anexo 1, que apresenta as informações sobre autores, objetivos e principais resultados de cada artigo incluído na revisão. As recomendações perpassam a modernização curricular, o estímulo às parcerias entre universidades e indústrias, a adoção de políticas de incentivo ao *lifelong learning* e a promoção de modelos educacionais inspirados no sistema dual alemão (Do Amaral Aires et al., 2017).

Tabela 1

Etapas da RSL

FASE	ETAPA	DESCRIÇÃO
Planejamento da Revisão	1. Definição da temática de pesquisa	Identificação da necessidade de investigar as competências profissionais na Indústria 4.0, delineando a pergunta de pesquisa e os objetivos do estudo.
	2. Elaboração do protocolo de revisão (PRISMA adaptado)	Estruturação dos procedimentos metodológicos (objetivos, bases de dados, critérios de inclusão/exclusão, período de análise, palavras-chave) para garantir a confiabilidade e a reprodutibilidade da RSL.
Condução	3. Escolha das bases de dados e definição do período de análise	Opção pelas bases Scopus e Web of Science, abrangendo o período de 2010 a 2025.
	4. Seleção das palavras-chave e operadores de busca	Uso de descritores em português e inglês, com operadores booleanos (AND, OR, NOT) e asteriscos para abranger variações de termos ligados à Indústria 4.0 e às competências.
	5. Definição dos critérios de inclusão e exclusão	Delimitação do período, idioma, disponibilidade de texto completo e relevância temática (competências profissionais na Indústria 4.0). Exclusão de trabalhos repetidos, textos sem discussão metodológica e artigos fora do escopo.
	6. Triagem inicial e refinamento	Leitura de títulos e resumos, exclusão de duplicatas e estudos sem relevância para o tema.
	7. Leitura integral e análise de qualidade	Avaliação pormenorizada dos artigos selecionados, assegurando relevância e rigor científico, resultando na composição final do corpus de análise.
Divulgação dos Resultados	8. Apresentação dos resultados e síntese	Elaboração de fluxograma adaptado do PRISMA; análise descritiva dos trabalhos (período, país, área) e categorização em competências técnicas, comportamentais e políticas de requalificação.
	9. Discussão dos achados e implicações	Integração dos resultados obtidos, evidenciando lacunas de formação, boas práticas internacionais e proposição de diretrizes para aprimorar a qualificação profissional no Brasil.
	10. Conclusão e recomendações	Consolidação das reflexões principais, indicando

		contribuições para gestores, pesquisadores e formuladores de políticas públicas, com ênfase na modernização curricular, parcerias indústria-academia e incentivo ao <i>lifelong learning</i> .
--	--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Nota. Autoral (2025).

Resultados e discussão

A revisão sistemática da literatura revelou uma série de desafios e oportunidades para a capacitação profissional na Indústria 4.0, especialmente no contexto brasileiro. Os estudos analisados demonstram que, enquanto países como Alemanha, Estados Unidos e Japão já consolidaram políticas educacionais voltadas para a formação de trabalhadores altamente qualificados para a manufatura avançada, o Brasil ainda apresenta lacunas estruturais na sua abordagem de capacitação. A ausência de um sistema de ensino integrado ao setor industrial e a defasagem curricular das instituições de ensino técnico e superior são barreiras significativas para a adaptação da força de trabalho brasileira às demandas tecnológicas emergentes. Ademais, identificou-se que, embora o Brasil tenha avançado em algumas iniciativas de qualificação para a Indústria 4.0, como programas de ensino a distância e parcerias entre universidades e empresas, a oferta de cursos específicos em áreas críticas, como inteligência artificial, análise de dados e Internet das Coisas (IoT), ainda é insuficiente.

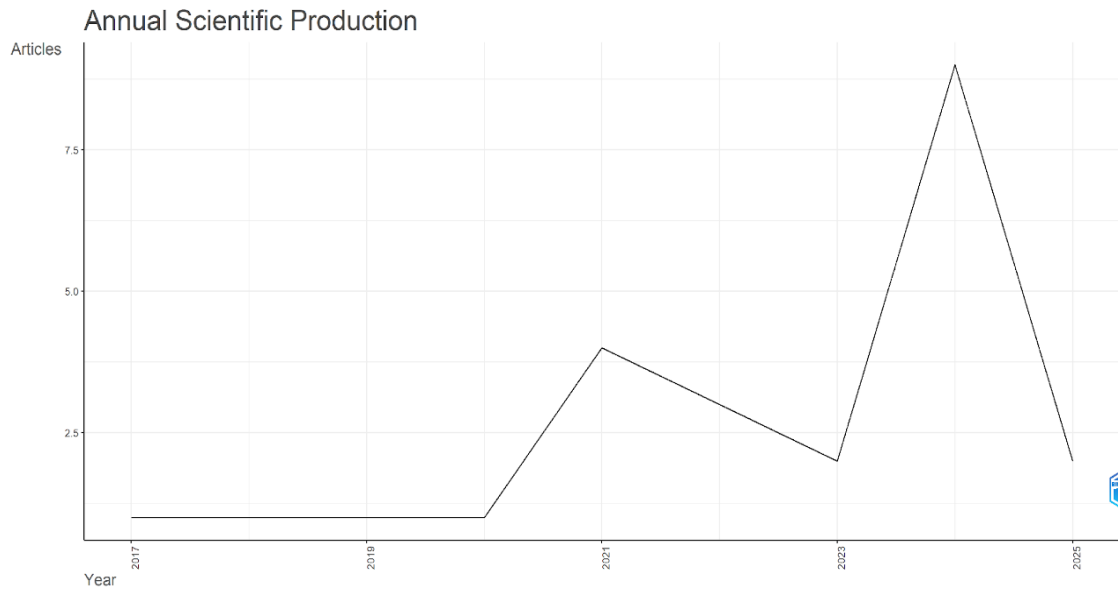
Como resultado, 26 documentos foram exportados dos bancos de dados Scopus e Web of Science (Scopus para CSV e Web of Science para .TXT) para a realização da análise bibliométrica. Todos esses documentos foram incluídos no estudo. O R Studio, uma plataforma de desenvolvimento integrada (IDE) gratuita e de código aberto, foi utilizado para a análise bibliométrica, permitindo a execução de scripts em R e a visualização dos dados. A interface gráfica Biblioshiny, que facilita a interação com o pacote Bibliometrix, foi empregada para gerenciar as referências e realizar análises detalhadas dos dados coletados. O pacote Bibliometrix foi utilizado para configurar a ferramenta e realizar análises mais profundas. Os softwares R e RStudio foram essenciais para estabelecer o ambiente, configurá-lo e analisar o portfólio (Aria & Cuccurullo, 2017).

A versão do RStudio utilizada foi a 2025.05.0+496. Após a preparação, o pacote Bibliometrix foi configurado, e os dados e gráficos foram importados por meio da interface

Biblioshiny. Este estudo fez uso de diversas ferramentas para analisar e visualizar os dados relacionados à pesquisa sobre a Indústria 4.0. As Figuras 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 10 foram geradas com o auxílio da ferramenta bibliométrica Bibliometrix, que oferece recursos avançados para análise de redes e visualização de dados bibliométricos, como mapas geográficos, nuvens de palavras, análise de clusters e a evolução temporal dos temas de pesquisa.

Figura 2

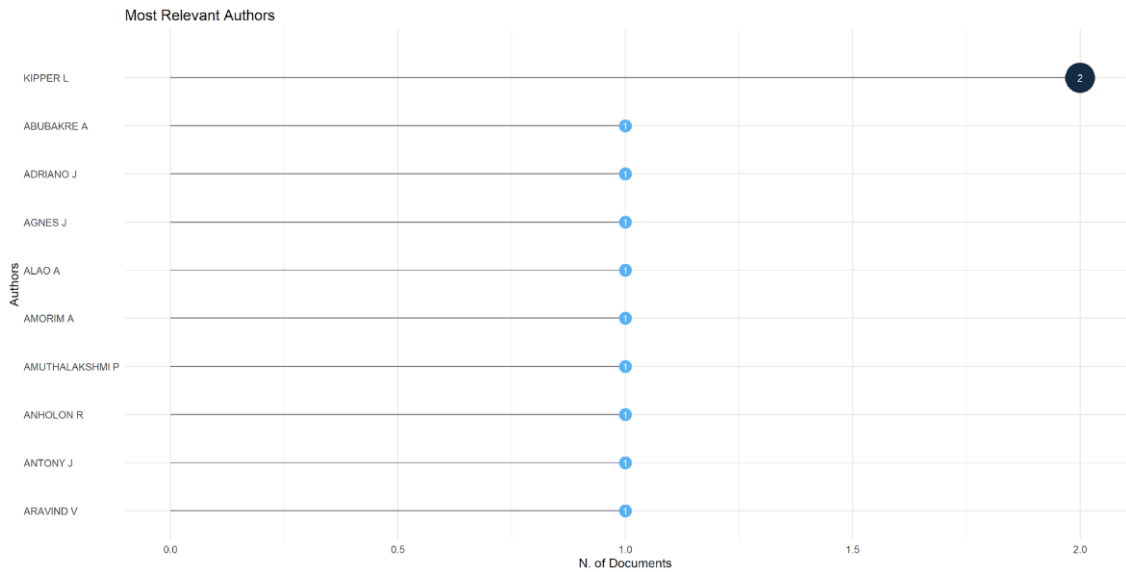
Número de artigos publicados por ano



A Figura 2 evidencia a evolução da produção científica sobre Indústria 4.0 ao longo do período analisado, revelando um crescimento expressivo a partir de 2020 e um pico em 2023. Esse aumento indica a consolidação do tema como área de interesse acadêmico e sua relevância crescente no debate sobre inovação e qualificação profissional. A redução observada em 2025 pode estar relacionada ao recorte temporal da busca ou ao intervalo de indexação das bases de dados consultadas.

Figura 3

Autores mais relevantes



A Figura 3 apresenta os autores mais relevantes identificados na revisão sistemática. Observa-se que há uma ampla dispersão de pesquisadores, com poucos autores concentrando mais de uma publicação, como Kipper (2 artigos). Esse resultado sugere que o campo de estudo sobre Indústria 4.0 ainda se encontra em fase de consolidação, com contribuições pontuais e diversidade de abordagens teóricas, sem a formação de grupos consolidados de pesquisa.

Figura 4

Escopo das áreas de conhecimento

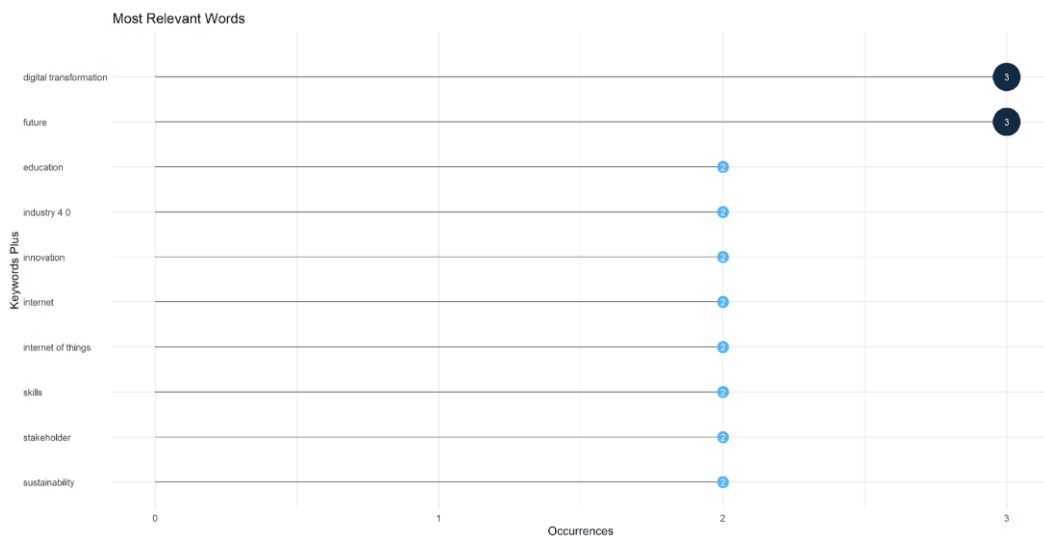
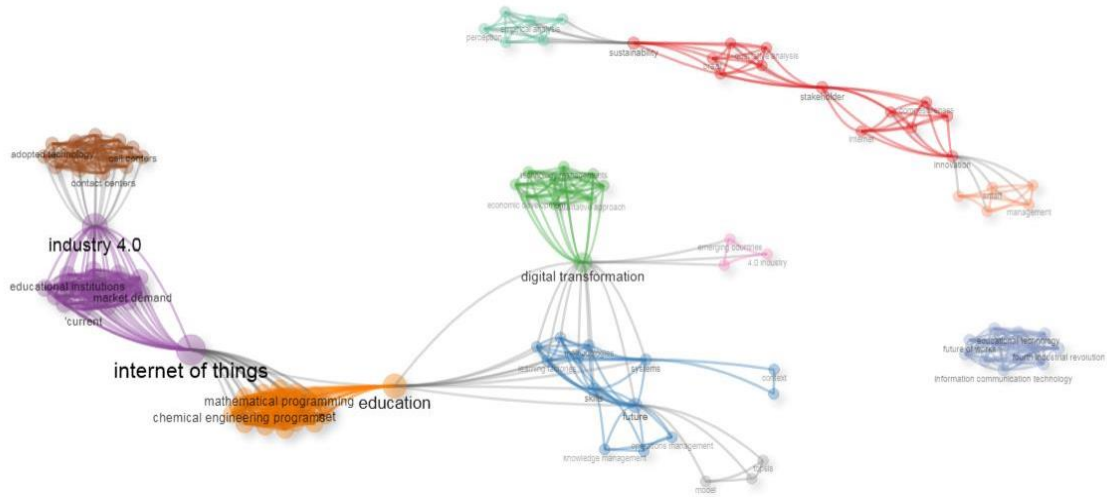


Figura 6

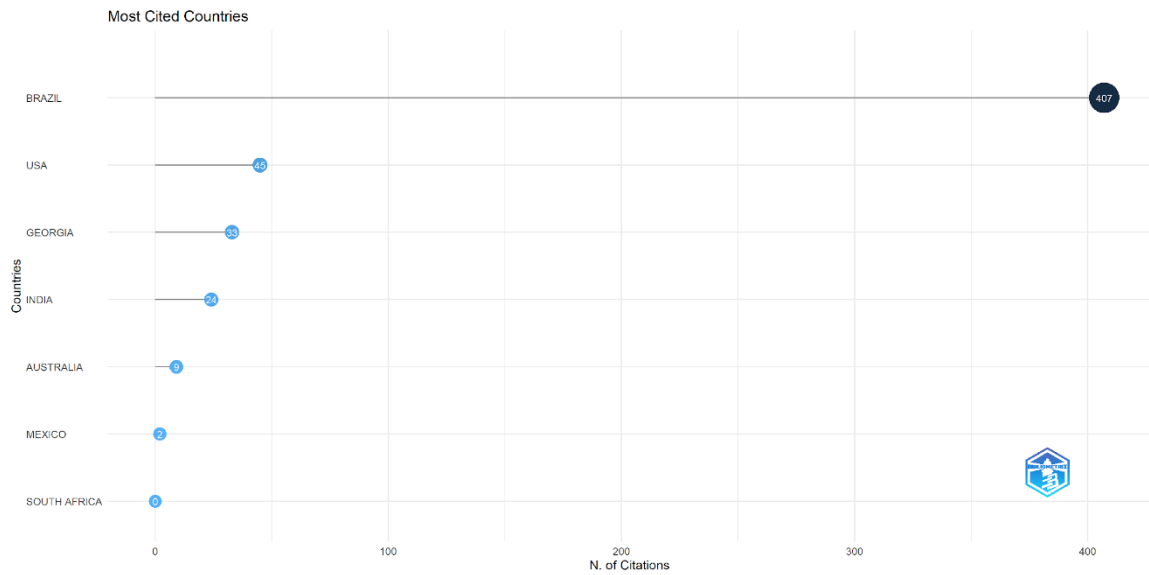
Clusters de palavras-chave



A Figura 6 evidencia a formação de diferentes agrupamentos temáticos na literatura sobre Indústria 4.0. Observa-se que termos como *digital transformation*, *internet of things* e *education* se conectam fortemente, compondo o núcleo principal das discussões. Outros grupos destacam temas emergentes, como *sustainability*, *innovation* e *management*, que apontam para a ampliação das perspectivas do campo, relacionando tecnologia, gestão e responsabilidade socioambiental. Essa estrutura revela a natureza interdisciplinar da pesquisa e a convergência entre transformação digital, formação profissional e desenvolvimento sustentável.

Figure 7

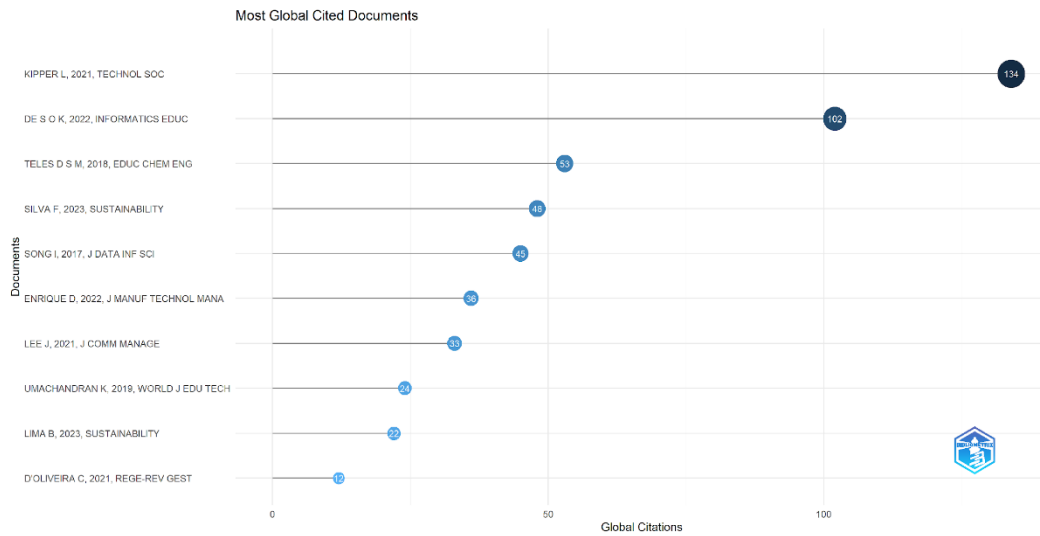
Países mais citados



A Figura 7 demonstra que o Brasil apresenta expressiva liderança em número de citações, evidenciando o protagonismo do país na produção científica sobre Indústria 4.0 no contexto latino-americano. A presença dos Estados Unidos e de países como Geórgia, Índia e Austrália indica a expansão global das discussões sobre transformação digital e qualificação profissional. Essa diversidade geográfica reflete a consolidação do tema como campo interdisciplinar e de interesse internacional, com destaque para o fortalecimento da pesquisa brasileira no cenário mundial.

Figura 8

Documentos mais citados globalmente

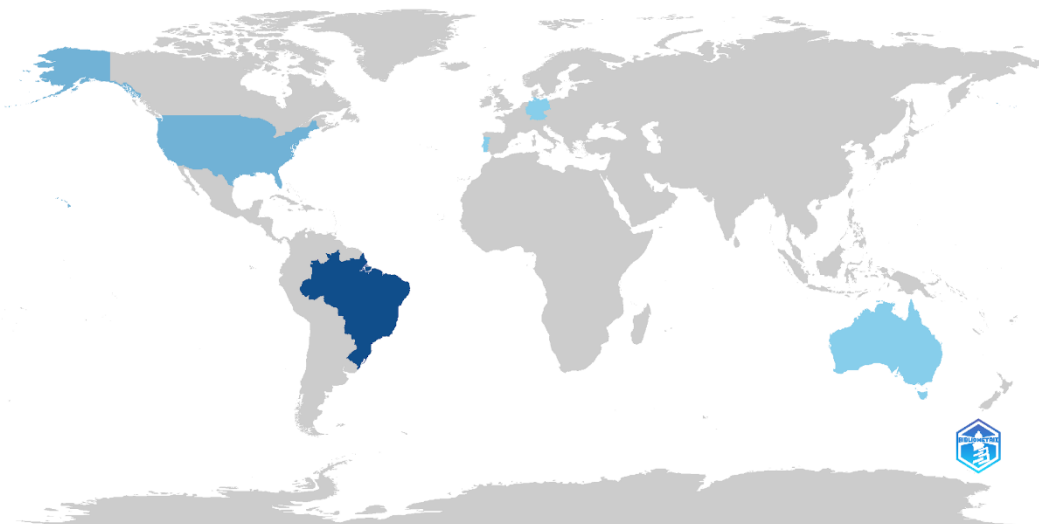


A Figura 8 evidencia que os estudos de Kipper (2021) e De S. O. K. (2022) se destacam por concentrar o maior número de citações, configurando-se como referências centrais no debate sobre Indústria 4.0. Esses trabalhos abordam temas como transformação digital, tecnologias emergentes e impactos na educação e na formação profissional, o que justifica sua ampla influência na literatura. A presença de autores de diferentes países reforça o caráter interdisciplinar e global das discussões, consolidando um corpo teórico diversificado que fundamenta as pesquisas recentes sobre o tema.

Figura 9

Mapa produção científica do país

Country Scientific Production



A Figura 9 apresenta o panorama geográfico da produção científica sobre Indústria 4.0, evidenciando o Brasil como principal polo de publicação na América Latina e sua crescente inserção em redes de colaboração internacional. Observa-se também a forte presença de países desenvolvidos, como Estados Unidos, Alemanha e Reino Unido, que concentram parte significativa das parcerias e publicações globais. Esse padrão reforça a importância das cooperações transnacionais para o avanço do conhecimento e a difusão de práticas inovadoras em escala global.

Figura 10

Resumo do TreeMap de publicações científicas sobre o tema



A Figura 10 sintetiza, por meio do formato TreeMap, os temas mais recorrentes nos resumos das publicações analisadas. Nota-se a predominância de tópicos relacionados à transformação digital, à educação tecnológica e à qualificação de competências profissionais, acompanhados por temas emergentes como sustentabilidade e inovação. Essa distribuição temática revela a ampliação do escopo da Indústria 4.0, indicando uma tendência de integração entre tecnologia, formação e desenvolvimento sustentável nas pesquisas contemporâneas.

Definição de Indústria 4.0: conceitos-chave e pilares tecnológicos

A Indústria 4.0 é um novo paradigma de produção que integra tecnologias digitais, automação inteligente e conectividade, exigindo novas competências da força de trabalho (Il-Yeol Song & Yongjun Zhu, 2017). Seu conceito vem da evolução dos modelos industriais, destacando-se pela integração de sistemas ciberfísicos, inteligência artificial e análise de dados em tempo real (Abiodun Alao, 2024). Essa revolução não envolve apenas novas ferramentas, mas também uma reorganização das cadeias produtivas e um impacto nas competências dos trabalhadores (Do Amaral Aires et al., 2017). A Indústria 4.0 está fortemente ligada à digitalização dos processos, com sistemas autônomos interconectados e adaptativos (Barbosa et al., 2020), permitindo personalização e eficiência, mas também enfrenta desafios, especialmente na qualificação profissional, um obstáculo nos países emergentes (Pasqualetto,

2023). Enquanto países desenvolvidos avançam na capacitação, o Brasil ainda sofre com lacunas formativas que dificultam a adaptação de sua força de trabalho (Santos et al., 2018).

Os pilares da Indústria 4.0 incluem automatização inteligente, conectividade ubíqua e análise de dados em larga escala, que aumentam a eficiência, otimizam decisões e preveem falhas (Teixeira De Souza & Almada Santos, 2020; Tessarini & Saltorato, 2018). A manufatura avançada, com sistemas inteligentes e adaptáveis, exige habilidades técnicas e competências cognitivas e socioemocionais, criando um profissional ativo na gestão de processos (RBD et al., 2025). Além disso, sistemas ciberfísicos, que integram sensores e IA, são essenciais para monitorar e otimizar processos em tempo real (Kodama et al., 2019), mas sua implementação depende de uma força de trabalho qualificada (Pasqualetto, 2023). A conectividade massiva via IoT também é crucial, exigindo novos perfis profissionais focados em análise de dados e gestão de sistemas complexos (Tessarini & Saltorato, 2018; Teixeira De Souza & Almada Santos, 2020).

A Indústria 4.0 impacta a qualificação profissional, requerendo habilidades técnicas, interpessoais e gerenciais, além de promover a descentralização e colaboração na tomada de decisões (Hall et al., 2024). No Brasil, a falta de políticas públicas e a defasagem curricular nas instituições de ensino técnico e superior dificultam a preparação da força de trabalho para esse novo contexto, o que pode afetar a competitividade da indústria nacional (Tessarini & Saltorato, 2018; Teixeira De Souza & Almada Santos, 2020).

Competências essenciais para a força de trabalho na Indústria 4.0: soft skills e hard skills necessárias

A transição para a Indústria 4.0 exige uma reconfiguração das competências profissionais, abrangendo tanto hard skills (técnicas e tecnológicas) quanto soft skills (interpessoais e socioemocionais) (Lima et al., 2023). A crescente automação e digitalização demanda profissionais capazes de operar e interpretar sistemas ciberfísicos e lidar com ambientes dinâmicos e interconectados, desenvolvendo habilidades analíticas e adaptativas (De Souza & Santos, 2020). O domínio de tecnologias emergentes como IA, big data, IoT e automação avançada é essencial, mas a formação técnica tradicional muitas vezes não acompanha essas transformações (Do Amaral Aires et al., 2017; Pasqualetto, 2023). A análise de grandes volumes de dados e a alfabetização em dados, incluindo estatística e machine

learning, tornam-se diferenciais importantes (Santos et al., 2018; Teixeira De Souza & Almada Santos, 2020; Tessarini & Saltorato, 2018).

Além das habilidades tecnológicas, a Indústria 4.0 exige profissionais com alta capacidade de adaptação, pensamento crítico e inteligência emocional para lidar com ambientes de alta incerteza (Kipper, L., 2021). Habilidades de colaboração interdisciplinar, comunicação eficaz e fluência em inglês técnico também são fundamentais (Kodama et al., 2019; Pasqualetto, 2023; Santos et al., 2018). A cultura de inovação exige uma mentalidade de aprendizado contínuo, ou “lifelong learning”, para que os profissionais se adaptem rapidamente às mudanças tecnológicas (Teixeira De Souza & Almada Santos, 2020; Tessarini & Saltorato, 2018).

Além disso, a criatividade e a capacidade de inovação são cruciais, pois a automação não substitui a necessidade de pensamento original e resolução de problemas complexos (Kipper, L., 2021). A Indústria 4.0 redefine o conceito de empregabilidade, deslocando o foco da operação manual para a supervisão e gestão de sistemas inteligentes (Kodama et al., 2019; Pasqualetto, 2023). Assim, a formação profissional deve equilibrar habilidades técnicas e comportamentais para enfrentar os desafios de um mercado de trabalho dinâmico e em constante evolução (Santos et al., 2018).

Desafios e oportunidades para a capacitação da mão de obra frente à transformação digital

A transformação digital da Indústria 4.0 impõe desafios significativos para a qualificação da força de trabalho, exigindo mudanças nos modelos educacionais e programas de capacitação (Kipper, L., 2021). Tecnologias emergentes, como IA, automação avançada e IoT, alteram profundamente a dinâmica produtiva, tornando obsoletas muitas habilidades tradicionais (De Souza & Santos, 2020). O maior desafio é alinhar o desenvolvimento de competências com o novo contexto da manufatura inteligente (Do Amaral Aires et al., 2017).

Uma das barreiras é a defasagem curricular nos cursos técnicos e superiores, que ainda se concentram em processos tradicionais (Kodama et al., 2019). A rápida evolução das tecnologias exige uma reformulação das diretrizes educacionais para incluir automação e análise de dados (Katyudo K. et al., 2022). Além disso, a fragmentação das políticas públicas de qualificação cria desigualdades regionais (Santos et al., 2018). A falta de uma cultura de aprendizado contínuo nas empresas também é um obstáculo, já que muitas adotam treinamentos pontuais e insuficientes (Turcato et al., 2024).

No entanto, a transformação digital oferece oportunidades para modernizar a capacitação, com tecnologias educacionais como ensino a distância e simuladores de realidade aumentada (Kipper, L., 2021). Parcerias entre o setor industrial e as instituições de ensino, como o modelo *dual system* da Alemanha, também podem impulsionar a qualificação (Pasqualetto, 2023; Santos et al., 2018). No Brasil, a falta de incentivos e infraestrutura dificulta a expansão dessas iniciativas (Teixeira De Souza; Almada Santos, 2020). A adoção de políticas públicas estruturadas para requalificação profissional, como nos EUA e Japão, poderia acelerar o processo de capacitação (Tessarini & Saltorato, 2018; Canavarro, 2019). Investir em educação técnica e superior e incentivar treinamentos internos nas empresas pode reduzir o déficit de competências (De Souza; Santos, 2020). Além das habilidades técnicas, a Indústria 4.0 exige o desenvolvimento de competências interpessoais e socioemocionais, como pensamento crítico e criatividade, essenciais para a interação com ambientes produtivos digitalizados (Turcato et al., 2024).

A Indústria 4.0 não só desafia os modelos de qualificação profissional, mas também abre espaço para inovações educacionais, que devem ser acompanhadas por políticas públicas e iniciativas privadas para garantir uma capacitação eficaz (Kipper, L., 2021). A seguir, apresenta-se uma tabela sintetizando os principais achados da RSL, destacando os modelos internacionais de capacitação, os *gaps* de formação no Brasil e propostas para adaptação ao novo paradigma industrial.

Tabela 2

Síntese dos achados

Categoria	Principais Achados	Referências
Hard Skills	Domínio de programação, análise de dados, manutenção de sistemas ciberfísicos e automação industrial.	Canavarro (2019); de Souza & Santos (2020); do Amaral Aires et al. (2017) Lima et al. (2023)
Soft Skills	Pensamento crítico, criatividade, adaptabilidade e inteligência emocional como habilidades essenciais.	Pasqualetto (2023); Kodama et al. (2019); Santos et al. (2018)
Desafios Educacionais	Defasagem curricular, falta de integração entre ensino e indústria e baixa oferta de cursos técnicos atualizados.	Tessarini & Saltorato (2018); Teixeira de Souza & Almada Santos (2020)
Modelos Internacionais	Sistema <i>dual</i> alemão, parceria universidade-indústria nos EUA, capacitação contínua no Japão.	Arbix et al. (2017); Furtado et al. (2017); Habekost (2019)
Gaps no Brasil	Baixa fluência em inglês técnico, pouca infraestrutura tecnológica para formação e escassez de	Anholon, r. (2024); Silva et al. (2020); Ottonicar et al. (2021); Andrade Lucena et al. (2020)

	investimentos em inovação educacional.	
Políticas Públicas	Necessidade de incentivos para a qualificação profissional e maior integração entre empresas e ensino técnico.	Furtado et al. (2017); Kipper (2021); Pasqualetto (2023); Sakurai & Zuchi (2018)

Nota. Autor aderência das ia própria.

A Tabela 2 evidencia que, no âmbito das hard skills, há um consenso na literatura quanto à necessidade de domínio em programação, análise de dados, manutenção de sistemas ciberfísicos e automação industrial. Esses conhecimentos técnicos são condições mínimas para a inserção profissional no contexto da Indústria 4.0. Contudo, observa-se que a realidade brasileira ainda é marcada por uma defasagem significativa, já que muitos cursos técnicos e superiores permanecem centrados em processos tradicionais, sem incorporar plenamente disciplinas voltadas às tecnologias emergentes. Essa lacuna compromete a preparação da força de trabalho nacional diante das demandas da manufatura digital.

No que se refere às soft skills, a literatura aponta que pensamento crítico, criatividade, adaptabilidade e inteligência emocional são competências essenciais para os trabalhadores da Indústria 4.0. Tais habilidades reforçam que não se busca apenas um profissional técnico, mas sim um perfil híbrido, capaz de integrar conhecimentos técnicos a competências socioemocionais e gerenciais. Entretanto, no Brasil, esse eixo permanece pouco explorado nos currículos e programas de capacitação, ainda fortemente orientados para a formação operacional. Essa carência pode limitar a participação do trabalhador brasileiro em atividades estratégicas de inovação e gestão de processos digitais.

Os desafios educacionais destacados — defasagem curricular, baixa integração entre ensino e indústria e insuficiência de cursos atualizados — revelam a urgência de uma modernização sistêmica da educação profissional. Esses entraves não apenas restringem a formação adequada dos estudantes, mas também aprofundam desigualdades regionais, sobretudo em áreas de expansão industrial, como o Nordeste. Assim, a inadequação estrutural do sistema educacional constitui uma barreira concreta para o alinhamento do Brasil às transformações da Indústria 4.0.

A comparação com modelos internacionais demonstra caminhos alternativos. A Alemanha, com o sistema dual, os Estados Unidos, por meio de parcerias universidade-indústria, e o Japão, com foco na requalificação contínua, apresentam estratégias bem-sucedidas para alinhar a formação profissional às exigências produtivas. Em comum, esses países adotam a integração entre teoria e prática, além da atualização constante das

competências. Já o Brasil mantém estruturas fragmentadas, em que universidade, indústria e governo operam de forma pouco articulada, dificultando avanços mais sólidos.

Os gaps nacionais identificados — como a baixa fluência em inglês técnico, a insuficiência de infraestrutura tecnológica para ensino e a escassez de investimentos em inovação educacional — reforçam a dificuldade do país em competir no cenário global. Essas carências estruturais limitam o acesso dos trabalhadores a tecnologias de ponta e reduzem a capacidade de cooperação internacional. Sem enfrentamento direto dessas limitações, há o risco de aprofundar desigualdades e excluir parcelas significativas da força de trabalho das oportunidades da nova economia digital.

Por fim, as políticas públicas aparecem como eixo central para a superação das fragilidades evidenciadas. A literatura é unânime ao apontar a necessidade de incentivos governamentais e de maior integração entre empresas e instituições de ensino. A ausência de políticas robustas explica por que muitas iniciativas brasileiras permanecem pontuais e de alcance restrito. Nesse sentido, é fundamental promover programas estruturados de requalificação profissional, incentivos fiscais para empresas que investem em capacitação e a modernização de currículos em instituições técnicas e superiores.

Aderência das competências profissionais na indústria do Nordeste e no Brasil: Diagnóstico das competências profissionais atuais no setor industrial da região

A escolha da região Nordeste como foco desta análise justifica-se por sua relevância estratégica no contexto industrial brasileiro e pelos desafios específicos relacionados à qualificação profissional e à adoção das tecnologias da Indústria 4.0. Embora a região tenha registrado avanços em infraestrutura e atraído novos investimentos industriais, ainda apresenta assimetrias significativas em comparação às regiões Sul e Sudeste, especialmente no que diz respeito à formação técnica e tecnológica da força de trabalho. Essa realidade torna o Nordeste um território de interesse para compreender como as competências profissionais estão sendo desenvolvidas e aplicadas frente às transformações da Indústria 4.0, permitindo identificar lacunas e oportunidades de aprimoramento na integração entre educação, inovação e desenvolvimento produtivo.

O setor industrial do Nordeste tem experimentado uma expansão significativa, impulsionada por investimentos em infraestrutura e inovação tecnológica, mas a qualificação da força de trabalho ainda não acompanha esse crescimento, criando desafios para a integração

da Indústria 4.0 (Pasqualetto, 2023). Projeções indicam que estados como Pernambuco e Piauí precisarão qualificar milhares de trabalhadores até 2027, com maior demanda em áreas como automação industrial, programação e análise de dados (Ne9, 2025; Federação das Indústrias do Estado do Piauí, 2025). No entanto, a formação local ainda é baseada em modelos convencionais de ensino técnico, o que dificulta a adaptação às novas exigências (Santos et al., 2018). Além das habilidades técnicas, a Indústria 4.0 exige soft skills como pensamento crítico, inteligência emocional e resolução de problemas complexos (Canavarro, 2019), mas a maioria dos programas de qualificação foca apenas em habilidades operacionais (Do Amaral Aires et al., 2017). A falta de cursos em tecnologias emergentes, como IA e IoT, nas instituições da região agrava a escassez de mão de obra qualificada (E. G. Mendes et al., 2024).

Por outro lado, a expansão do setor tem gerado oportunidades para fortalecer a qualificação profissional, com investimentos privados e parcerias entre empresas e instituições educacionais, além da criação de polos tecnológicos e hubs de inovação em estados como Ceará e Bahia, que estão promovendo a capacitação voltada para a Indústria 4.0 (Kodama et al., 2019; Santos et al., 2018). No entanto, é essencial fortalecer políticas públicas de capacitação e requalificação profissional para alinhar a formação da mão de obra às exigências da manufatura digital (RBd et al., 2025). A expansão do setor industrial no Nordeste tem gerado oportunidades.

A evolução da Indústria 4.0 no Nordeste depende não apenas da adoção de novas tecnologias, mas também da capacidade de adaptação dos trabalhadores (Canavarro, 2019). Para isso, é necessário um esforço conjunto entre empresas, instituições educacionais e governos para promover a inclusão digital e a capacitação contínua, assegurando o crescimento sustentável do setor industrial e sua competitividade no mercado nacional e global (De Souza & Santos, 2020).

Comparação com as necessidades impostas pela Indústria 4.0

A Indústria 4.0, com seu foco em automação, digitalização e interconectividade, exige um novo conjunto de competências dos profissionais do setor industrial, incluindo habilidades técnicas (hard skills) e comportamentais (soft skills) (Canavarro, 2019). No Nordeste do Brasil, apesar do crescimento industrial e da demanda por trabalhadores qualificados, há um descompasso entre as habilidades disponíveis e as exigidas pelo novo modelo de manufatura digital (Confederação Nacional da Indústria, 2025). A formação tradicional na região ainda se baseia em processos operacionais convencionais, sem um foco adequado nas tecnologias

emergentes, como programação, análise de dados e automação industrial, essenciais para a Indústria 4.0 (Do Amaral Aires et al., 2017; Kodama et al., 2019).

Um dos principais desafios é a escassez de cursos em áreas como programação, big data, inteligência artificial e Internet das Coisas (IoT), essenciais para a competitividade do setor (Tessarini & Saltorato, 2018; Pasqualetto, 2023). Além disso, as soft skills, como pensamento crítico, criatividade e colaboração, ainda são insuficientemente abordadas na formação profissional da região, o que dificulta a adaptação a ambientes industriais dinâmicos e descentralizados (De Souza & Santos, 2020). A baixa fluência em inglês técnico também representa uma barreira significativa para a integração com as tendências globais da indústria (Kodama et al., 2019; Pasqualetto, 2023).

No entanto, algumas iniciativas têm mostrado potencial para reduzir essa lacuna, como parcerias entre universidades, empresas e instituições educacionais, e a implementação de modelos de formação híbrida (Click Petróleo e Gás, 2025). Essas iniciativas têm ajudado a capacitar trabalhadores para a Indústria 4.0, integrando tecnologias emergentes e permitindo o aprendizado sem interromper o trabalho (Tessarini & Saltorato, 2018). A implementação de políticas públicas focadas na modernização da educação técnica e na qualificação contínua também é crucial para a adaptação da força de trabalho (Pasqualetto, 2023; Do Amaral Aires et al., 2017).

A comparação entre as competências disponíveis e as exigências da Indústria 4.0 revela um descompasso que pode comprometer o crescimento sustentável do setor industrial nordestino, a menos que sejam adotadas medidas efetivas de reforma educacional, qualificação técnica e desenvolvimento de competências digitais (Canavarro, 2019; Confederação Nacional da Indústria, 2025).

Comparação internacional e gaps de formação

A capacitação para a Indústria 4.0 apresenta desafios estruturais, com variações conforme o nível de maturidade tecnológica de cada país. Países como Alemanha, Estados Unidos e Japão têm implementado políticas eficazes para alinhar a formação profissional às necessidades da manufatura digital, enquanto o Brasil ainda enfrenta dificuldades em adaptar seus modelos educacionais e técnicos (Andrade Lucena; Eduardo Roselino; Carlos Diegues, 2020). A Alemanha, referência global, adota o sistema dual de educação, integrando aprendizado teórico com experiência prática nas empresas, o que garante que sua força de

trabalho esteja preparada para a Indústria 4.0 (Arbix et al., 2017; Habekost, 2019). Nos Estados Unidos, a qualificação é descentralizada, com parcerias entre empresas e universidades, preparando profissionais para um ambiente altamente digitalizado (Ottonicar et al., 2021). O Japão combina o sistema dual com um forte foco na requalificação contínua (Sakurai & Zuchi, 2018).

No Brasil, a formação técnica ainda se concentra em processos tradicionais, com pouca ênfase em habilidades essenciais para a Indústria 4.0, como programação, automação e análise de dados, criando um déficit de profissionais qualificados (Ottonicar et al., 2021; Furtado et al., 2017). A falta de integração entre empresas, universidades e governo também dificulta a adaptação da força de trabalho à manufatura digitalizada (Andrade Lucena et al., 2020). A infraestrutura educacional limitada e a falta de incentivos para a formação continuada são outros obstáculos para a implementação eficaz de programas de capacitação (Silva et al., 2020). Para reduzir esses gaps, é necessário adotar mudanças estruturais nos modelos de ensino, incluindo a adoção do sistema dual de educação e parcerias entre universidades e empresas para oferecer cursos voltados à Indústria 4.0 (Habekost, 2019). Além disso, políticas públicas de incentivo à formação continuada, como as adotadas no Japão, são essenciais para permitir que os trabalhadores se atualizem frente às rápidas mudanças tecnológicas (Sakurai & Zuchi, 2018). Em comparação com as economias avançadas, o Brasil ainda precisa realizar mudanças significativas para alinhar sua força de trabalho às demandas da Indústria 4.0 e garantir a competitividade da indústria nacional (Furtado et al., 2017).

Conclusão

A revisão aponta oportunidades para mitigar os desafios identificados. O fortalecimento de parcerias entre universidades, empresas e centros de inovação pode alinhar a formação acadêmica às necessidades do mercado. Modelos educacionais inspirados no sistema dual alemão e o incentivo ao aprendizado contínuo, como ocorre no Japão, podem contribuir para reduzir os gaps de qualificação. O uso de tecnologias educacionais — como plataformas de ensino a distância e simuladores de realidade aumentada — também amplia o acesso à capacitação profissional.

Esta pesquisa contribui ao consolidar evidências sobre a lacuna entre as competências demandadas pela Indústria 4.0 e as formações oferecidas pelas instituições de ensino técnico e

superior no Brasil, com destaque para a região Nordeste. O estudo integra perspectivas de hard skills e soft skills, articulando educação, políticas públicas e inovação tecnológica — aspectos ainda pouco explorados na literatura nacional. Ao sintetizar esses achados, o trabalho oferece subsídios para o desenho de políticas e programas de capacitação alinhados às transformações produtivas em curso.

Os resultados confirmam a hipótese de que há descompasso entre a formação profissional e as exigências da Indústria 4.0, mas também revelam caminhos promissores de superação, especialmente por meio de políticas públicas estruturadas e da integração entre ensino e setor produtivo. Para acompanhar a transformação digital, o Brasil precisa investir em requalificação profissional, atualização do ensino técnico e fortalecimento das competências comportamentais. A revisão enfatiza a necessidade de uma abordagem integrada entre governo, setor produtivo e instituições educacionais para que o país supere as barreiras estruturais e se mantenha competitivo no cenário global. Em síntese, o estudo reafirma o papel estratégico da educação tecnológica e da inovação como pilares para o desenvolvimento sustentável e para a consolidação da Indústria 4.0 no Brasil.

REFERÊNCIAS

- Alao, A., Brink, R., Simelane, S., & Abubakre, AO (2024). Efeitos das tecnologias inovadoras na disparidade de gênero e no futuro do trabalho: Educação em habilidades em tecnologia da informação e comunicação para a empregabilidade de jovens. *Revista Internacional de Educação em Tecnologia da Informação e Comunicação (IJICTE)*, 20(1), 1-26. <https://doi.org/10.4018/IJICTE.357251>
- Andrade Lucena, Felipe.; Eduardo Roselino, José.; Carlos Diegues, Antonio. (2020). A Indústria 4.0: Uma análise comparativa entre as experiências da Alemanha, EUA, China, Coréia do sul e Japão. *Geosul*, 35(75). <https://doi.org/10.5007/1982-5153.2020v35n75p113>
- Arbix, Glauco *et al.* (2017). O Brasil e a nova onda de manufatura avançada: o que aprender com Alemanha, China e Estados Unidos. *Novos estudos CEBRAP*, 36, p. 29–49. <https://doi.org/10.25091/S0101-3300201700030003>
- Aria, Massimo e Corrado Cuccurullo. (2017). Bibliometrix: Uma ferramenta R para análise abrangente de mapeamento científico. *Revista de Informetrics* 11: 959–75. <http://dx.doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>
- Barbosa, Vs.; Firmino, Tt.; Amorim, Afa. (2021). A percepção dos gestores sobre as competências no contexto da indústria 4.0. *Rev. Soc.*, Curitiba, 49, p.118–132. <https://periodicos.utfpr.edu.br/rts/article/view/13631>. DOI: <http://dx.doi.org/10.3895/rts.v17n49.13631>
- Brizola, Jairo.; Fantin, Nádia. (2016). Revisão da literatura e revisão sistemática da literatura. *Revista de Educação do Vale do Arinos–RELVA*, 3(2). <https://doi.org/10.30681/relva.v3i2.1738>
- Canavarro, José Manuel Portocarrero. (2019). Indústria 4.0, educação, competências, emprego e trabalho. *Capital psicológico, estratégia e gestão na diversidade das organizações*, p. 215.
- Castro, Aldemar Araujo. (1998). Revisão sistemática da literatura e metanálise. *Medicina baseada em evidências: fundamentos da pesquisa clínica*. São Paulo: Lemos-Editorial, p. 42–48.
- Click Petróleo e Gás. *Nordeste se torna ‘oásis’ da indústria no Brasil e lidera geração de vagas no setor em 2024, superando outras regiões*. <https://clickpetroleoegas.com.br/nordeste-se-torna-oasis-da-industria-no-brasil-e-lidera-geracao-de-vagas-no-setor-em-2024-superando-outras-regioes/>
- Confederação Nacional da Indústria. *Mapa do Trabalho Industrial 2025–2027*. <https://www.portaldaindustria.com.br/canais/observatorio-nacional-da-industria/produtos/mapa-do-trabalho-industrial-2025-2027>.
- CRT-01. *Brasil precisará qualificar 14 milhões de profissionais até 2027, aponta estudo do SENAI*. <https://crt01.gov.br/brasil-precisara-qualificar-14-milhoes-de-profissionais-ate-2027-aponta-estudo-do-senai/>

- CNN. *IBGE: 23% dos Trabalhadores Completou Ensino Superior*. <https://www.cnnbrasil.com.br/economia/macroeconomia/tres-a-cada-quatro-trabalhadores-brasileiros-nao-completaram-faculdade-aponta-ibge>.
- De Souza, Marina Teixeira.; SANTOS, Fernando César Almada. (2020). Competências operacionais e indústria 4.0: revisão sistemática da literatura. *Future Studies Research Journal: Trends and Strategies*, 12(2), p. 264–288. <http://dx.doi.org/10.24023/FutureJournal/2175-5825/2020.v12i2.499>
- Do Amaral Aires, Regina Wundrack.; Moreira, Fernanda Kempner.; De Sá Freire, Patricia. (2017). Indústria 4.0: Competências Requeridas aos profissionais da Quarta Revolução Industrial. In: *Anais do congresso internacional de conhecimento e inovação–Ciki*. <https://doi.org/10.48090/ciki.v%25vi%25i.314>
- Eg Mendes, TFAC Sigahi, J.; De Souza Pinto, DD Silva, R.; Anholon, e JD Adriano. (2024). “Ensino de Eletrônica no Contexto da Indústria 4.0: Um Levantamento sobre o Cenário Brasileiro nas Áreas de Lógica Reconfigurável e Microcontroladores”, em *IEEE Transactions on Education*, 67(1), pp. 65-73.
- Federação das Indústrias do Estado do Piauí. *Piauí precisa qualificar quase 85 mil profissionais para indústria até 2027*. https://www.fiepi.com.br/noticias/18_10_2024/Piauiprecisaqualificarquase85milprofissionaisparaindustriaate2027/#5
- Furtado, João *et al.* (2017). *Indústria 4.0: A quarta revolução industrial e os desafios para a indústria e para o desenvolvimento brasileiro*.
- Grant, Maria J.; e Andrew Booth. (2009). Tipologia de Revisões: Uma Análise de 14 Tipos de Revisões e Metodologias Associadas. *Health Information and Libraries Journal*, 26: 91–108. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1471-1842.2009.00848.x>
- Habekost, Anderson Felipe. (2019) *Diretrizes para introdução dos conceitos da indústria 4.0 no segmento de manufatura de veículos linha leve*.
- Hall, Scott & Elshennawy, Ahmad. (2024). Evolution of technological leadership with the introduction of industry 4.0. *Journal of Management and Engineering Integration*, 17. 10-18. <http://dx.doi.org/10.62704/10057/28461>.
- Il-Yeol Song & Yongjun Zhu (2017). *Big Data e Ciência de Dados: Oportunidades e Desafios das iSchools*, 2(3), pp. 1–18. <http://dx.doi.org/10.1515/jdis-2017-0011>
- Jones, Marian V., Nicole E. Coviello e Yee Kwan Tang. (2011). Pesquisa em Empreendedorismo Internacional (1989–2009): Uma Ontologia de Domínio e Análise Temática. *Journal of Business Venturing*, 26, 632–59. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jbusvent.2011.04.001>
- Júnior, EdS, Silva, DJCd, Carvalho, RBd *et al.* (2025). Barreiras à implementação da Indústria 4.0: percepções de profissionais da indústria cimenteira brasileira. *Int J Adv Manuf Technol* 137, 4989–5000. <https://doi.org/10.1007/s00170-025-15443-9>

- Kipper, Liane Mahlmann.; Iepsen, Sandra.; Forno, Ana Julia Dal.; Furstenu, Rejane Frozza, Leonardo.; a, Jéssica.; Cossul, Danielli. (2021). Scientific mapping to identify competencies required by industry 4.0, *Technology in Society*, 64. <http://dx.doi.org/10.1016/j.techsoc.2020.101454>
- Lee, JJ & Meng, J. (2021). “Competências digitais na gestão da comunicação: uma estrutura conceitual de prontidão para a Indústria 4.0 para profissionais de comunicação no local de trabalho”, *Journal of Communication Management*, 25(4), pp. 417-436. <https://doi.org/10.1108/JCOM-10-2020-0116>
- Lima, BF.; Neto, JV.; Santos, RS.; Caiado, RGG: Um Framework Sociotécnico para a Implementação da Gestão Lean de Projetos Rumo a um Valor Sustentável no Contexto da Transformação Digital. *Sustentabilidade* 2023, 15, 1756. <https://doi.org/10.3390/su15031756>
- Katyeyudo K. de S. Oliveira.; Ricardo, AC de Souza. (2022) Transformação Digital rumo à Educação 4.0. *Informática na Educação*, 21(2), 283–309. <http://dx.doi.org/10.15388/infedu.2022.13>
- Kodama, Brenda Satomi *et al.* (2019). Competências para Indústria 4.0 no Brasil: um estudo sob a visão sistêmica. <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2019.984>
- NE9. *Estado do Nordeste precisa de 393 mil profissionais qualificados para a indústria.* <https://ne9.com.br/estado-do-nordeste-precisa-de-393-mil-profissionais-qualificados-na-industria/>
- Okoli, Chitu *et al.* (2019). Guia para realizar uma Revisão Sistemática de Literatura. *EAD em Foco*, 9(1). <https://doi.org/10.18264/eadf.v9i1.748>
- Otonicar, Selma Leticia Capinzaiki *et al.* A Indústria 4.0 e a inovação aberta em aceleradoras de startups. *AtoZ: Novas Práticas em Informação e Conhecimento*, 10(3), p. 1–10, 2021. <https://doi.org/10.5380/atoz.v10i3.81882>
- Passas, Ioannis. (2024). Análise bibliométrica: As principais etapas. *Enciclopédia 4*: 1014–1025. <https://doi.org/10.3390/encyclopedia4020065>
- Pasqualeto, Olívia De Quintana Figueiredo. Políticas públicas de qualificação profissional e direito ao trabalho na indústria 4.0: um mapeamento das iniciativas brasileiras. *Revista Brasileira de Políticas Públicas*, 13(2), 2023. <http://dx.doi.org/10.5102/rbpp.v13i2.8478>
- Santos, Tainá Alves dos *et al.* (2018). *As competências individuais em projetos da indústria 4.0.*
- Sakurai, Ruudi; Zuchi, Jederson Donizete. As revoluções industriais até a indústria 4.0. *Revista Interface Tecnológica*, 15(2), p. 480–491, 2018. <https://doi.org/10.31510/infa.v15i2.386>
- Silva, E. C.; Viana, H. B.; & Vilela Jr., G. de B. (2020). Metodologias ativas numa escola técnica profissionalizante: Active methodologies in a professional technical school. *Revista Portuguesa De Educação*, 33(1), 158–173. <https://doi.org/10.21814/rpe.18473>

Teixeira de Souza, Marina.; Almada Santos, Fernando César. Competências Operacionais e Indústria 4.0: Revisão Sistemática da Literatura. *Future Studies Research Journal: Trends & Strategies*, 12(2), 2020. <http://dx.doi.org/10.24023/FutureJournal/2175-5825/2020.v12i2.499>

Tessarini, Geraldo.; Saltorato, Patrícia. (2018) Impactos da indústria 4.0 na organização do trabalho: uma revisão sistemática da literatura. *Revista Produção Online*, 18(2), p. 743–769. <http://dx.doi.org/10.14488/1676-1901.v18i2.2967>

Turcato, CRP.; Pedroso, B.; Arnold, M.; Picinin, CT. (2024) Adaptação à indústria 4.0 na França: Competências essenciais para uma força de trabalho preparada para o futuro. *Adm. Sci.*, 14, 322. <https://doi.org/10.3390/admsci14120322>

.