



COMPETÊNCIAS NA EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL NO CONTEXTO DA INDÚSTRIA 5.0: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2025.6204

Autores: FELIPE FELIX SILVEIRA DOS SANTOS, SHEYLA MARA BAPTISTA SERRA

Resumo: O avanço da tecnologia tem impactado a indústria, incluindo a construção civil, que demanda profissionais capacitados com competências além das habilidades técnicas tradicionais. Esse cenário é intensificado com a chegada da próxima revolução industrial, a Indústria 5.0 (I5). Diante disso, o presente estudo tem como objetivo aprofundar o conhecimento acerca da Quinta Revolução Industrial e o impacto na modernização do ensino de Engenharia Civil, com o alinhamento de novas competências essenciais. Essas competências foram identificadas por meio de uma Revisão Bibliográfica Sistemática de pesquisas e estudos recentes, com o intuito de determinar os conhecimentos centrais para o desenvolvimento da I5 e de seus futuros profissionais. O principal resultado esperado é a identificação das competências-chave da I5 que possam ser incorporadas a abordagens pedagógicas nos cursos de Engenharia Civil, viabilizando uma formação atualizada, com qualificações e competências interpessoais adequadas.

Palavras-chave: Educação em Engenharia, Indústria 5.0, Competências

COMPETÊNCIAS NA EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL NO CONTEXTO DA INDÚSTRIA 5.0: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA

1 INTRODUÇÃO

Os processos formativos de profissionais têm como desafio constante acompanhar as mudanças da sociedade e suas necessidades. Na situação atual em que as tecnologias estão colaborativamente ao lado do ser humano, faz-necessário que o vetor indústria-educação tenha atuação preponderante de modelar e direcionar parte dos avanços, em uma perspectiva de transição social da Indústria 4.0 (I4) para Indústria 5.0 (I5), mais sustentável e diversa, (Stock; Seliger, 2016). Dessa forma, torna-se fundamental observar que as instituições de ensino superior (IES) devem considerar que os modelos tradicionais de ensino, baseados em sistemas centenários de educação, acentuam o desalinhamento entre o processo de formação na universidade e a indústria contemporânea que atua em um mundo do trabalho que busca habilidades diversas em meio a era da informação e da tecnologia (Bucciarelli; Drew, 2015).

Ao organizar a implementação de concepções e pressupostos da era 5.0 nas IES, é importante destacar o dever de estarem na vanguarda de uma educação que atenda às necessidades de uma transformação digital sustentável e anseios de uma advinda Sociedade 5.0 (Azevedo *et al.*, 2023). O uso de estratégias modernas é o caminho para valorização dos engenheiros do futuro, adotando os meios tecnológicos do dia a dia da sociedade para estruturar processos de ensino interligados com problemas reais (De Medeiros *et al.*, 2024).

À vista disso, o presente estudo visa identificar as principais competências para o ensino superior atualizado de engenharia civil, em um contexto de debate sobre a Indústria 5.0 e os impactos sobre a educação e ensino de engenharia para os futuros profissionais, atrelado às inovações da indústria da construção, que demandam um engenheiro interdisciplinar, fluente em habilidades técnicas, metodológicas, sociais e pessoais, alinhado às necessidades de uma Construção 5.0 (Almusaed; Yitmen; Almssad, 2023; Ikudayisi *et al.*, 2023; Marinelli, 2023; Tuz; Sertyeşilşik, 2024).

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Novas discussões acerca do conceito de I5 despertaram a partir das expectativas das evoluções da sociedade e da tecnologia. Segundo o relatório “*Industry 5.0: towards a sustainable human-centric and resiliente European industry*”, produzido pela União Europeia (European Commission, 2021). Nesse documento, a I5 pode ser entendida como um objetivo reformado e mais amplo – em comparação a I4 – que busca abranger não apenas o lucro da produção de bens e serviços, mas também atender três elementos principais: centralização no ser humano, sustentabilidade e resiliência (Andres *et al.*, 2022; European Commission, 2021).

O fato da Indústria 5.0 (I5) ter entre seus pilares, o foco no ser humano e a sustentabilidade, evidencia um posicionamento diferente das demais revoluções industriais, onde o papel do ser humano, sua inteligência, criatividade, o meio ambiente e a sociedade, foram em certa medida, alocados em segundo plano (Santhi; Muthuswamy, 2023). Ademais, as transformações de uma nova perspectiva social e industrial, exige um novo perfil de cidadão ou trabalhador, para atuar em seus ecossistemas integrativos. Segundo Pacher; Woschank;

Zunk (2023), não basta o sistema ser centrado no ser humano, se o operador não adquirir habilidades e competências para utilizar e se beneficiar de todas as possibilidades.

A I5 reflete uma sociedade superinteligente e centrada no ser humano, que equilibra as inovações tecnológicas com problemáticas sociais, proporcionando qualidade de vida e oferta sustentável de bens e serviços por meio da interação de tecnologias como ciberespaço e o espaço físico com 5G, *Big Data* e inteligência artificial (Huang *et al.* 2022). O cenário que se desenha para a I5, é uma ampla gama de possibilidades para o ensino de engenharia. A integração entre humanos e robôs, ainda no processo de formação de um profissional, aprimora as competências e habilidades para lidar com sistemas inteligentes quando formado (Vogel, Lindner e Kratzsch, 2023).

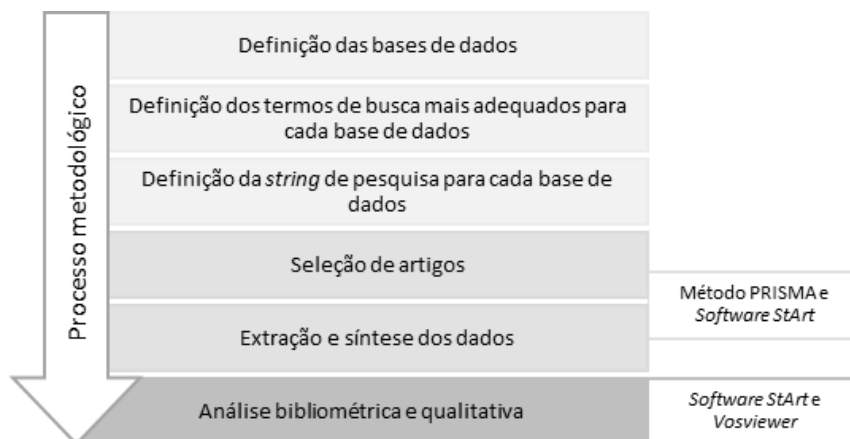
Com os currículos de engenharia fundamentados nos preceitos da Educação 5.0, usando recursos e tecnologias atuais e atuando em todos os níveis dos sistemas de educação, permite amparar as pessoas e os futuros profissionais para a construção de uma Sociedade 5.0, solucionando questões e agregando valor e qualidade no ensino, seguindo preceitos já estabelecidos internacionalmente, como a Agenda 2030 e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) (Lantada, 2020).

Para as mudanças começarem a ser implementadas, é preciso definir um sistema-alvo, que utilize metodologias e abordagens de ensino baseadas no desenvolvimento de competências, que já possuem estudos e pesquisas que comprovem o seu resultado eficaz no ensino, e aplicá-las no ensino de engenharia direcionando-as para a conjuntura da Indústria 5.0 (Pacher, Woschank e Zunk, 2023). A educação em engenharia na era 5.0 engloba, essencialmente, a sustentabilidade social, ambiental e econômica, debatidos em um ambiente de aprendizagem contínua e transdisciplinar, que adentra no campo da ética e do humanismo como pilares para uma nova geração profissional (Broo, Kaynak e Sait, 2022; Lantada, 2020).

3 METODOLOGIA

O artigo utiliza da metodologia de pesquisa de análise de bibliografias, por meio da condução de uma Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS) que servirá como principal fonte de consulta e embasamento para diversos pontos do estudo. Segundo Snyder (2019), a RBS permite encontrar respostas às questões de pesquisa e definir hipóteses por meio de um conjunto de evidências pertinentes ao tema central. Um resumo do protocolo de buscas implementado na RBS é apresentado no Quadro 11.

Quadro 1 – Etapas da metodologia de pesquisa RBS



Fonte: Os Autores (2025)

Na condução da RBS, no intuito de auxiliar na estruturação das etapas de análise e triagem dos estudos, foi utilizado o protocolo PRISMA (*Preferred Reporting Items For Systematic Reviews And MetaAnalyses*) (Page *et al.*, 2021). Esse protocolo é uma ferramenta já conceituada no âmbito de revisões bibliográficas, permitindo uma alta precisão no processo, com transparência e integridade dos estudos coletados (Capogrosso *et al.*, 2024).

Para a definição das bases de dados, foram levadas em consideração as características essenciais, como alta concentração de produções científicas internacionais, maiores bancos de dados acadêmicos indexados a nível global e conteúdo alinhado ao escopo da pesquisa, tópicos essenciais na garantia da qualidade dos resultados posteriores. Assim, as bases definidas foram *Scopus*, *Web of Science* e *Science Direct*. Ademais, tais bases são as principais utilizadas nos procedimentos de RBS, e permitem o acesso por meio do Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Para definição da *string* de busca, foram testadas diversas combinações de palavras-chave, buscando determinar o conjunto mais adequado que fornecesse um maior número de estudos relacionados a temática da pesquisa. Assim, as *strings* foram formadas por palavras-chaves de 4 temas distintos, que juntos iriam dar base para discussão do tema central do estudo. O Quadro 2, destaca os conjuntos de *string* adotados.

Quadro 2 – Strings adotadas para revisão

S1	S1.1	("Industry 5.0" OR "Industrie 5.0" OR "I5")
	S1.2	("Fifth Industrial Revolution" OR "5th Industrial Revolution")
	S1.3	("Sustainable Development" AND "Resilience" AND "Human Centric")
S2	S2.1	("engineering" OR "construction")
S3	S3.1	("Skill" OR "Skill Development")
	S3.2	("Competenc*" OR "Competenc* Development")
S4	S4.1	("Education" OR "Learning")
	S4.2	("Teaching" OR "Training")

Fonte: Os Autores (2025)

A partir disso, os grupos ou combinações de *strings* que foram utilizados nas bases de dados, seguiu uma divisão por subtemas. Cabe destacar que a base de dados da *Science Direct* possui uma restrição no número de operadores booleanos no sistema de busca. Dessa forma, devido a essa limitação, foi feito um ajuste nas *strings* de busca, garantindo que não houvesse interferência significativa nos termos principais, mantendo o mesmo nível de equidade entre as *strings*.

O desenvolvimento da RBS utilizou softwares e programas auxiliares entre as etapas de estudo, como o *State of the Art through Systematic Review* (StArt), desenvolvido e fornecido pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) (Fabbri *et al.*, 2016), que foi utilizado nas fases de análise e síntese, como ferramenta principal na condução, triagem e armazenamento das informações extraídas das bases de dados. Na sequência, foram utilizados o *Vosviewer* (Eck; Waltman, 2017) para a fase de análise dos estudos eleitos e elaboração de nuvens de palavras, a ferramenta Microsoft Excel que possibilitou a elaboração de gráficos para análise bibliométrica e o software *Mendeley* para organização e ordenação das citações em conjunto com a redação do estudo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O portfólio final da pesquisa foi composto por 70 artigos. Desse conjunto, 69 foram provenientes das pesquisas com as *strings* nas bases de dados, sendo a Scopus a base com o maior índice de aceitos, seguida pela *Web of Science* e, por fim, a *Science Direct*. Além dos artigos extraídos das bases de dados mencionadas anteriormente, foi adicionado um artigo ao conjunto final, que foi extraído de pesquisas prévias sobre a temática e que não foi encontrado nos resultados das buscas nas bases de dados utilizadas.

Com relação ao número de publicações ao longo dos anos, a série histórica teve início no ano de 2020, atingindo o pico de publicações no ano de 2024. Isso mostra uma crescente vertente de pesquisa nos temas de indústria 5.0, Competências e Educação. Cabe ressaltar que tal levantamento é baseado nas publicações feitas até o final do ano de 2024.

As primeiras publicações tratando sobre a temática da Indústria 5.0, surgiram a partir de 2017, buscando compreender o conceito, suas definições e possíveis aplicações (Xu *et al.*, 2021). Nos anos seguintes, o debate se expandiu, principalmente nas áreas de robótica e produção, com pesquisa voltadas a compreender a relação e colaboração entre robôs e humanos nos meios de produção e os impactos sociais, ambientais e pessoais nos trabalhadores (Dornelles; Ayala; Frank, 2023; Karbouj *et al.*, 2024; Rahman *et al.*, 2024).

Entre 2022 e 2024, algumas publicações se destacaram com pesquisas focadas na necessidade de reformulação do ensino de engenharia, para suprir as futuras demandas das empresas e da sociedade num contexto de I5, buscando identificar as competências e melhores caminhos para uma transformação educacional de forma integrativa e alinhada à indústria (Broo; Kaynak; Sait, 2022; Jørsfeldt *et al.*, 2024; Poláková *et al.*, 2023; Supriya *et al.*, 2024).

Com relação a representação dos periódicos no conjunto final de artigos, o Quadro 33 permite visualizar os *journals* ou periódicos com mais de 2 publicações, assim como as principais palavras-chave, área e o índice *SCImago Journal Rank*¹ (SJR) do ano de 2023.

Quadro 3 - Principais periódicos

Periódico	Nº de publicações	SJR	Área Principal	Principais palavras-chave
IFAC-PapersOnLine	11	0,37	Engenharia	Industry 4.0, Industry 5.0, Manufacturing, Sustainability, Sustainable Manufacturing, Cobots, Robots, Collaborative Work, Skills, Green Skills, Education
Applied Sciences	5	0,51	Engenharia Química; Ciências da Computação; Engenharia; Ciências dos materiais; Física e Astronomia	Industry 4.0, Industry 5.0, Artificial Intelligence (AI), Machine Learning, Smart (Sustainable) City, Smart Healthcare, Vocational Education and Training (VET), Engineering Education, Human-Machine Interaction, Human Factors
Procedia CIRP	4	0,53	Engenharia	Industry 5.0, Human-Centered, Human-Centric, Human-Robot Interaction, Collaborative Human-Robot Assembly, Digitalization, Digital Twin, Smart Manufacturing Systems, Quality 4.0
IEEE Access	4	0,96	Ciências da Computação; Engenharia; Ciências dos Materiais	Industry 5.0, Sustainability, Smart Factories, Smart Education, Human-Centricity, Human-Robot Collaboration, IoT, Blockchain, Digital Twin

¹ O *SCImago Journal Rank* é uma medida da influência científica de periódicos acadêmicos considerando o número de citações recebidas por um periódico e relacionadas com sua importância ou prestígio.

Periódico	Nº de publicações	SJR	Área Principal	Principais palavras-chave
International Journal of Production Research	3	2,67	Negócios, Gestão e Contabilidade; Ciências da Decisão; Engenharia	Industry 5.0, Human-Centric, Innovation, Smart Manufacturing, Collaborative Robots
Journal of Manufacturing Systems	3	3,17	Ciências da Computação; Engenharia	Industry 5.0, Human-Centricity, Human-Cyber-Physical Systems, Technology-Driven, Value-Driven, Sustainability, Resilience
Journal of Cleaner Production	2	2,06	Negócios, Gestão e Contabilidade; Energia; Engenharia; Ciências Ambientais	Manufacturing, Industry 5.0 Technologies, Human-Centric, Human-Centric Manufacturing, Sustainability, Social Sustainability, Resilience, Manufacturing Resilience
Journal of Industrial Information Integration	2	2,69	Ciências da Decisão; Engenharia	Industry 5.0, Pervasive AI, Enabling Technologies, Digital Transformation, Education
Procedia Computer Science	2	0,51	Ciências da Computação	Industry 5.0, Education, Educational Program, Training, Skills, Competencies, Upskilling, Digital Transformation, Human-in-the-Loop

Fonte: os Autores (2025).

Ao observar os principais *journals*, o *IFAC-PapersOnLine* se destaca com 11 publicações, seguido do *Applied Sciences* com 5 e o *Procedia CIRP* e *IEEE Access* empatados com 4 publicações cada. Outro fator importante, são as áreas de pesquisa, sendo que as áreas de Ciências da Computação, Engenharia e Gestão são as que mais se destacam. Isso evidenciou o grande interesse da área de robótica e computação pelo tema da I5 e o crescente interesse das áreas de engenharia e negócios no sentido de compreender o impacto nas esferas de produção, sustentabilidade e recursos humanos. Essa linha de observação é corroborada pelas palavras-chaves em destaque, que vão desde o termo I5, até as tecnologias emergentes dessa revolução e aspectos centrais do tema, como sustentabilidade, centralização do ser humano e as competências para um novo perfil de colaborador.

Entre os artigos eleitos, cabe destacar os mais relevantes, segundo o número de citações. Nesse sentido, o Quadro 4 traz os 9 artigos com mais citações, acima de 100, além das palavras-chaves, autor e jornal de publicação.

Quadro 4 - Artigos mais citados

Autor	Título	Periódico	Ano	Nº de citações	Palavras-chave
Xu <i>et al.</i>	Industry 4.0 and Industry 5.0-Inception, conception and perception	Journal of Manufacturing Systems	2021	782	Industrial Revolution, Industry 4.0, Industry 5.0, Technology-driven, Value-driven
Maddikunta <i>et al.</i>	Industry 5.0: A survey on enabling technologies and potential applications	Journal of Industrial Information Integration	2022	721	Industry 5.0, Internet of Things, 6G, Edge computing, Enabling technologies, Pervasive AI
Leng <i>et al.</i>	Industry 5.0: Prospect and retrospect	Journal of Manufacturing Systems	2022	561	Industry 5.0, human-cyber-physical systems, human-centricity, sustainability, resilient manufacturing, review
Huang <i>et al.</i>	Industry 5.0 and Society 5.0 - Comparison, complementation and co-evolution	Journal of Manufacturing Systems	2022	318	Industry 5.0, Society 5.0, Human-cyber-physical systems, Human-centricity

Autor	Título	Periódico	Ano	Nº de citações	Palavras-chave
Longo, F.; Padovano, A.; Umbrello, S.	Value-Oriented and Ethical Technology Engineering in Industry 5.0: A Human-Centric Perspective for the Design of the Factory of the Future	Applied Sciences	2020	242	Industry 4.0, Industry 5.0, Human-Machine Interaction, Operator 4.0, Smart Operator, ethics, technology engineering, Value Sensitive Design, smart factory, human factors
Gürdür Broo, D.; Kaynak, O.; Sait, S. M.	Rethinking engineering education at the age of industry 5.0	Journal of Industrial Information Integration	2022	223	Industry 5.0, 21st century skills, Engineering education, Higher education, Digital Transformation
Romero, D.; Stahre, J.; Mourtzis D.	Towards the Resilient Operator 5.0: The Future of Work in Smart Resilient Manufacturing Systems	54th CIRP Conference on Manufacturing Systems	2021	200	Resilience, Human Ingenuity, Operator 5.0, Operator 4.0, Industry 5.0, Industry 4.0, Smart Manufacturing Systems, Human-Machine Systems
Raja Santhi, A.; Muthuswamy, P.	Industry 5.0 or industry 4.0S? Introduction to industry 4.0 and a peek into the prospective industry 5.0 technologies	International Journal on Interactive Design and Manufacturing	2023	150	Industrial revolution, Sustainability, Artificial Intelligence, Internet of things, Collaborative robots, Digital twins, Edge computing, Block chain, Cyber-Physical Systems
Rožanec <i>et al.</i>	Human-centric artificial intelligence architecture for industry 5.0 applications	International Journal of Production Research	2023	106	Smart manufacturing, explainable artificial intelligence (XAI), active learning, demand forecasting, quality inspection

Fonte: os Autores (2025).

Na linha de raciocínio exposta na análise do número de publicações ao longo dos anos, as publicações com mais citações fazem referência, principalmente, às discussões sobre as definições, conceitos, objetivos e possíveis aplicações das tecnologias que a Indústria 5.0 pode trazer para o cenário dos meios de produção, interações sociais e benefícios voltados ao meio ambiente e ao modo como o ser humano é inserido na sociedade.

No que tange aos autores, o conjunto final de trabalho possui 64 autores diferentes, observando apenas o nome do primeiro autor. Destes, apenas 5 autores estão entre os que publicaram mais de 1 artigo como primeiro autor, o que corresponde a aproximadamente 8%, os quais estão dispostos no Quadro 5.

Quadro 5 - Autores principais

Autor	Nº de estudos	H-index ²	Filiação	País
Doyle-Kent, M	3	9	South East Technological University	Irlanda
Ghobakhloo, M.	2	40	Uppsala Universitet	Suécia
Lagorio, A	2	18	Università degli Studi di Bergamo	Itália
Mourtzis, D.	2	57	University of Patras	Grécia
Saniuk, S	2	21	Uniwersytet Zielonogórski	Polônia

Fonte: os Autores (2025).

² O índice h (h-index) é uma métrica que mede a produtividade e o impacto de um pesquisador, baseado no número de publicações e no número de citações recebidas por elas. Por exemplo, um pesquisador com um índice h de 5, por exemplo, significa que tem pelo menos 5 artigos que foram citados 5 vezes ou mais.

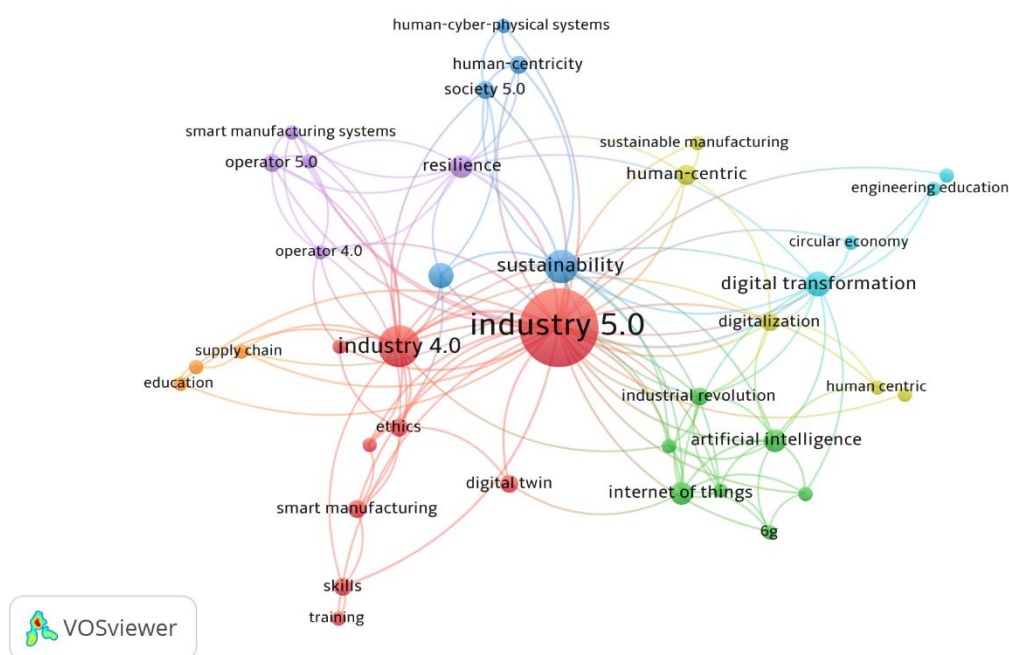
Nota-se que o país de origem de todos os autores concentra-se no continente europeu, uma vez que, a região é a principal percussora e entusiasta do conceito de Indústria 5.0. Nos trabalhos de Doyle-Kent *et al.* (2022), Doyle-Kent e Shanahan (2022), o autor busca se aprofundar na relação humano-máquina e como essa colaboração pode ser passada e treinada no ambiente de formação dos estudantes.

Continuando a análise dos autores listados no Quadro 5, os trabalhos de (Ghobakhloo, 2020), trazem uma perspectiva dos conceitos e estratégias de implementação da I5. Os autores (Lagorio *et al.*, 2024; Mourtzis; Angelopoulos, 2023; Saniuk; Grabowska; Thibbotuwawa, 2024), focam no aperfeiçoamento dos trabalhadores, na identificação das competências necessárias para criar um Operador 5.0, assim como a importância de sistemas de produção sustentáveis.

Por fim, baseado nos artigos selecionados, foi elaborada uma nuvem de palavras, apresentada na

Figura 1. Foram coletadas ao total 223 palavras-chaves, contudo na nuvem de palavras consta apenas as citadas mais de uma vez entre os trabalhos.

Figura 1 - Nuvem de palavras com Vosviewer



Fonte: os Autores (2025).

Observando a Figura 1, verifica-se que a maioria das palavras está relacionado ao objetivo da RBS, permeando os temas da I5, tecnologias, competências e educação. É notável a presença de ao menos 3 clusters principais na nuvem de palavras, com temas que se relacionam entre si e 4 clusters secundários. Entre os clusters principais, tem-se o cluster 1 (vermelho) e o cluster 2 (verde), focado na base conceitual, competências e treinamentos para a I5 e as tecnologias emergentes, o cluster 3 (amarelo) e o cluster 4 (ciano) e 5 (azul), aborda temas relacionados à sustentabilidade e transformação digital nos modos de produção, e o cluster 6 (roxo) e 7 (laranja) aborda as questões dos colaboradores, o perfil do operador 5.0 nos meios de produção inteligente e a resiliência dos processos envolvidos, além da questão da educação para os futuros profissionais.

O Quadro 6 apresenta as competências identificadas por meio dos estudos elegíveis no processo da RBS. Estas competências foram separadas em dois grupos, são eles:

Competências Socioemocionais e Competências Técnicas. Esta divisão foi necessária para que as competências fossem organizadas de forma mais alinhadas aos aspectos da I5, mas sem deixar de estar alinhada aos anseios da técnicos da engenharia civil.

Quadro 6 – Competências da Indústria 5.0 para a Engenharia

COMPETÊNCIAS SOCIOEMOCIONAIS	COMPETÊNCIAS TÉCNICAS
Trabalho Em Equipe	Proficiência Digital
Colaboração Interdisciplinar	Automação
Colaboração Com Robôs Colaborativos (Cobots)	Inteligência Artificial
Resolução De Problemas	Internet De Tudo
Adaptabilidade	Computação Em Nuvem
Pensamento Crítico	Gêmeos Digitais
Inovação Na Solução De Problemas	Robôs Colaborativos (Cobot)
Pensamento Estratégico E Sistêmico	Capacidade Analítica
Comunicação	Hmi (Interface Homem - Máquina)
Comunicação Digital	Big Data
Criatividade	Análise Preditiva
Empreendedorismo	Design Computacional
Resiliência	CPPS (Sistema De Produção Ciber Físicos)
Liderança	Reconfiguras Capacidades Organizacionais
Gerenciamento De Pessoas	Sistemas Interconectados
Inteligência Emocional	Regulamentações
Influência	Práticas Sustentáveis
Ética De Dados	Bioeconomia Circular
Empatia	Consciência Sustentável
Gestão De Crises	
Inteligência Social	
Aprendizado Contínuo	
Responsabilidade Ambiental	

Fonte: os Autores (2025).

Se há transformações que a I5 pretende exercer com seus pilares – Resiliência, Centralidade no Ser Humano e Sustentabilidade – é compreensível que tais mudanças surjam em algum grau nos processos da construção civil, em menor ou maior intensidade, o que reflete nas capacidades e competências que os futuros profissionais do ramo terão que desenvolver no perfil profissional, ou seja, nas competências técnicas, como no perfil cidadão, com competências socioemocionais, para lidar com uma sociedade envolta de processos dinâmicos, personalizados e integrativos.

No entanto, como súmula dos principais temas tangentes à discussão das competências e habilidades na educação em engenharia sob a era 5.0, identificados na RBS tem-se: reforma do ensino de engenharia; metodologia de ensino transdisciplinar; engenharia sustentável; integração humano-máquina. As competências e habilidades da I5 envolvem construir aplicações tecnológicas, sociais e ambientais de uma nova sociedade. Tais habilidades não são apenas características profissionais de como lidar com cenários de trabalho, elas são a forma de enxergar o mundo e seu impacto em uma visão macro de sociedade consciente.

Nota-se que algumas competências e habilidades identificadas para a era 5.0, de forma genérica, já são presentes na era 4.0, como Conectividade e Internet das Coisas. Porém, a questão central da I5 não é, necessariamente, a criação de novas tecnologias, mas a utilização

reorganizada do que já existe para construção de uma sociedade fundamenta no ser humano, atrelada a questões ambientais e de resiliência. É uma reestruturação da forma de uso e aplicação dos avanços. Além disso, as habilidades e competências transitam e se comunicam entre si, por exemplo, a competência de Resolver Problemas necessita da habilidade de leitura de cenários e Negociação, o mesmo ocorre ferramentas e tecnologias novas da I5.

Nessa perspectiva, com um perfil delimitado, a forma com que as instituições de ensino deverão conduzir o estudante no processo de formação, que formarão futuros profissionais, terá que abordar práticas e métodos que desenvolvam as habilidades e competências esperadas, que permitam que estes engenheiros lidem com as tecnologias da forma mais eficaz possível, sem grandes impactos na transição de estudante para profissional habilitado.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O debate da influência da I5 no ensino de engenharia é de extrema relevância para o meio social, contudo se faz necessário mais estudos e entendimentos acerca das reais potencialidades dessa revolução e como as tecnologias e futuras inovações que ela trará, se enquadrarão na realidade das empresas e das próximas gerações de engenheiros.

Em síntese, a presente Revisão Bibliográfica Sistemática, possibilitou ampliar o estado da arte referente a algumas incógnitas sobre a reformulação do ensino em engenharia, com foco nas exigências da 5ª revolução industrial, em especial as competências inerentes ao seu progresso. Por ser uma discussão recente e com potencialidade de impacto em diferentes campos, as oportunidades de análise e de pesquisa devem ser exploradas, no sentido de esclarecer o comportamento de todas as variáveis sociais que atuam na transição educacional e tecnológica, como as indústrias e universidades.

As competências mapeadas demonstra que a convivência entre humanos e máquinas dentro de um ambiente de ensino é um ponto que deve ser explorado pelas universidades e metodologias de educação para engenheiros para que essa combinação permita ampliar os aspectos interpessoais dos estudantes, aperfeiçoando pontos que não necessariamente se conectam com a técnica da engenharia, mas permite uma melhora no traquejo social, além de permitir uma maior familiarização dos estudantes com os ambientes externos e internos às universidades.

Ademais, como sugestão para pesquisas futuras é interessante analisar no cenário brasileiro se há cursos, programas ou universidades que já estão atentas ao surgimento de novos debates sobre uma advinda 5ª Revolução Industrial e como estão implementando ou planejando a incorporação desses avanços nas metodologias de ensino dos cursos de engenharia. Assim como, identificar ações que já são adotadas por universidade no Brasil e no mundo, que podem auxiliar na transição de um modelo tradicional para um sistema integrado, sustentável e resiliente.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

ALMUSAED, A.; YITMEN, I.; ALMSSAD, A. Reviewing and Integrating AEC practices into Industry 6.0: strategies for smart and sustainable future-built environments. **Sustainability**, v.15, n.18, p.13464, 2023. <https://doi.org/10.3390/su151813464>

ANDRES, B. *et al.* Mapping between Industry 5.0 and Education 5.0. *In: 14th International Conference on Education and New Learning Technologies (EDULEARN22)*. Palma, Spain, 2022. **Proceedings...** 2022, p. 2921–2926. <https://doi.org/10.21125/edulearn.2022.0739>

AZEVEDO, G. *et al.* Universities in Era 5.0: the future accountant. *In: 18th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*. Aveiro, Portugal, 2023. **Proceedings...** 2023, p.1-7. <https://doi.org/10.23919/CISTI58278.2023.10211963>

BROO, D. G.; KAYNAK, O.; SAIT, S. M. Rethinking engineering education at the age of industry 5.0. **Journal of Industrial Information Integration**, v.25, p.100311, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2021.100311>

BUCCIARELLI, L. L.; DREW, D. E. Liberal studies in engineering: a design plan. **Engineering Studies**, v.7, n.2-3, p.103–122, 2015. <https://doi.org/10.1080/19378629.2015.1077253>

CAPOGROSSO, L. *et al.* A machine learning-oriented survey on tiny machine learning. **IEEE Access**, v.12, p.23406–23426, 2024. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3365349>

EUROPEAN COMMISSION. **Industry 5.0: towards a sustainable, human-centric and resilient European industry**. 2021, 1. ed. Luxembourg: Directorate-General for Research and Innovation, 2021. <https://doi.org/10.2777/308407>

DE MEDEIROS, M. H. F. *et al.* Aplicação da ferramenta Project Based Learning (PBL) no ensino de patologia e reabilitação de estruturas de concreto armado para o curso de engenharia civil. **Caderno Pedagógico**, v.21, n.2, p. e2901, 2024. <https://doi.org/10.54033/cadpedv21n2-120>

DORNELLES, J. A.; AYALA, N. F.; FRANK, A. G. Collaborative or substitutive robots? Effects on workers' skills in manufacturing activities. **International Journal of Production Research**, v.61, n.22, p.7922–7955, 2023. <https://doi.org/10.1080/00207543.2023.2240912>

DOYLE-KENT, M.; SHANAHAN, B. W. The development of a novel educational model to successfully upskill technical workers for Industry 5.0: Ireland a case study. **IFAC-PapersOnLine**, v.55, n.39, p.425–430, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.12.072>

DOYLE-KENT, M. *et al.* A research cluster's vision for a pilot factory in the South East Technological University of Ireland. **IFAC-PapersOnLine**, v.55, n.39, p.159-164, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.12.028>

ECK, N. J.; WALTMAN, L. **VOSviewer Manual**. 2017. Disponível em: https://www.vosviewer.com/documentation/Manual_VOSviewer_1.6.6.pdf. Acesso em: 19 fev. 2025.

GHOBAKHLOO, M. Industry 4.0, digitization, and opportunities for sustainability. **Journal of Cleaner Production**, v.252, p.119869, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119869>

IKUDAYISI, A. E. *et al.* Integrated practices in the Architecture, Engineering, and Construction industry: current scope and pathway towards Industry 5.0. **Journal of Building Engineering**, v.73, p.106788, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.jobeb.2023.106788>

JØRSFELDT, L. *et al.* Towards Industry 5.0 skills - off-site construction settings in Denmark. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v.1389, n.1, p.012017, 2024. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1389/1/012017>

KARBOUJ, B. *et al.* Adaptive behavior of collaborative robots: review and investigation of human predictive ability. **Procedia CIRP**, v.130, p.952–958, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2024.10.190>

LAGORIO, A. *et al.* The future of green skills for the manufacturing sector. **IFAC-PapersOnLine**, v.58, n.19, p.533–538, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2024.09.267>

LANTADA, A. D. Engineering Education 5.0: continuously evolving Engineering Education. **International Journal of Engineering Education**, v.36, n.6, p.1814-1832, 2020. Disponível em: https://www.ijee.ie/1atestissues/Vol36-6/10_ijee3990.pdf. Acesso em: 30 maio 2025.

MARINELLI, M. From Industry 4.0 to Construction 5.0: exploring the path towards human–robot collaboration in construction. **Systems**, v.11, n.3, p.152, 2023. <https://doi.org/10.3390/systems11030152>

MOURTZIS, D.; ANGELOPOULOS, J. Development of an extended reality-based collaborative platform for Engineering Education: Operator 5.0. **Electronics**, v.12, n.17, p.3663, 2023. <https://doi.org/10.3390/electronics12173663>

PACHER, C.; WOSCHANK, M.; ZUNK, B. M. The role of competence profiles in Industry 5.0-related vocational education and training: exemplary development of a competence profile for Industrial Logistics Engineering Education. **Applied Sciences**, v.13, n.5, p.3280, 2023. <https://doi.org/10.3390/app13053280>

PAGE, M. J. *et al.* The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. **BMJ**, p. n71, 2021. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>

POLÁKOVÁ, M. *et al.* Soft skills and their importance in the labour market under the conditions of Industry 5.0. **Heliyon**, v.9, n.8, p.e18670, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e18670>

RAHMAN, M. M. *et al.* Cobotics: the evolving roles and prospects of next-generation collaborative robots in Industry 5.0. **Journal of Robotics**, v.2024, n.1, 2024. <https://doi.org/10.1155/2024/2918089>

SANIUK, S.; GRABOWSKA, S.; THIBBOTUWAWA, A. Challenges of industrial systems in terms of the crucial role of humans in the Industry 5.0 environment. **Production Engineering Archives**, v.30, n.1, p.94–104, 2024. <https://doi.org/10.30657/pea.2024.30.9>

SANTHI, A. R.; MUTHUSWAMY, P. Industry 5.0 or industry 4.0S? Introduction to industry 4.0 and a peek into the prospective industry 5.0 technologies. **International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)**, v.17, n.2, p.947–979, 2023. <https://doi.org/10.1007/s12008-023-01217-8>

SNYDER, H. Literature review as a research methodology: an overview and guidelines. **Journal of Business Research**, v.104, p.333-339, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.07.039>

STOCK, T.; SELIGER, G. Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0. **Procedia CIRP**, v.40, p.536–541, 2016. <https://dx.doi.org/10.1016/j.procir.2016.01.129>

SUPRIYA, Y. *et al.* Industry 5.0 in Smart Education: concepts, applications, challenges, opportunities, and future directions. **IEEE Access**, v.12, p.81938–81967, 2024. <https://dx.doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3401473>

TUZ, A.; SERTYEŞİLİŞİK, B. The preliminary step towards conceptual model for the artificial intelligence-neuro-green marketing in the Architectural Engineering and Construction Industry. **Journal of Technology in Architecture Design and Planning**, v.1, n.2, p.145-155, 2024. <https://dx.doi.org/10.26650/JTADP.23.007>

VOGEL, C.; LINDNER, F.; KRATZSCH, A. Practical Engineering Education: use of collaborative robots in the context of Industry 5.0. *In*: 2023 World Engineering Education Forum - Global Engineering Deans Council (WEEF-GEDC). Monterrey, Mexico, 2023. **Proceedings...** 2023. p.1–11. <https://dx.doi.org/10.1109/WEEF-GEDC59520.2023.10344213>

XU, X. *et al.* Industry 4.0 and Industry 5.0: inception, conception and perception. **Journal of Manufacturing Systems**, v.61, p.530-535, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2021.10.006>

COMPETENCIES IN CIVIL ENGINEERING EDUCATION IN THE CONTEXT OF INDUSTRY 5.0: A SYSTEMATIC BIBLIOGRAPHIC REVIEW

Abstract: *The advancement of technology has impacted industry as a whole, including the construction sector, which increasingly demands qualified professionals with competencies that go beyond traditional technical skills. This scenario is intensified by the emergence of the next industrial revolution, Industry 5.0 (I5). Thus, the present study aims to deepen the knowledge about the 5th Industrial Revolution and its impact on the improvement of Civil Engineering education with the alignment of new essential competencies, identified through the conduction of a Systematic Bibliographic Review of the research and studies of recent years to determine the competencies that are at the core of the development of Industry 5.0 and future operators. The main expected result is the identification of key I5 competencies that can be incorporated into pedagogical approaches in Civil Engineering courses, enabling an updated training with qualifications and personal competencies.*

Keywords: *Engineering Education, Industry 5.0, Skills.*

