

COMPETÊNCIAS ESSENCIAIS DO SÉCULO XXI NA FORMAÇÃO DE ENGENHEIROS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

ESSENTIAL 21ST-CENTURY COMPETENCIES IN ENGINEERING EDUCATION: A SYSTEMATIC REVIEW

Anderson de Castro Lima¹, Sandro César Silveira Jucá², Solonildo Almeida da Silva³, Pedro Bruno Silva Lemos⁴, Camila Raquel Câmara Lima⁵

Recebido: maio/2025 - Aprovado: abril/2026

RESUMO: A formação de engenheiros no século XXI exige a integração de competências técnicas e transversais frente às transformações associadas à Educação 4.0. Este estudo apresenta uma Revisão Sistemática da Literatura com o objetivo de identificar as principais estratégias pedagógicas e lacunas relacionadas ao desenvolvimento dessas competências. A metodologia envolveu a análise de 59 artigos, utilizando técnicas de bibliometria e análise de clusters com o apoio do software VOSviewer. Os resultados evidenciam a predominância de metodologias ativas, como o Problem-Based Learning, voltadas à articulação entre hard skills e soft skills. No entanto, persistem lacunas relacionadas à ausência de métodos validados para a mensuração das competências socioemocionais. Conclui-se que a formação em engenharia demanda modelos curriculares que integrem rigor técnico e abordagens pedagógicas capazes de responder às demandas contemporâneas da sociedade e do mundo do trabalho.

PALAVRAS-CHAVE: Formação de Engenheiros; Competências do Século XXI; Educação 4.0; Revisão Sistemática; Bibliometria.

ABSTRACT: Engineering education in the 21st century requires the integration of technical and transversal competencies in response to transformations associated with Education 4.0. This study presents a Systematic Literature Review aimed at identifying the main pedagogical strategies and gaps related to the development of these competencies.

- 1 ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-0610-9723>. Doutor em Ensino de Engenharias pelo RENOEN – Instituto Federal do Ceará (IFCE). Docente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE). Fortaleza, Ceará, Brasil. Av. Treze de Maio, 2081 - Benfica, Fortaleza-CE, 60040-53. E-mail: anderson@ifce.edu.br.
- 2 ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-8085-7543>. Doutor em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Docente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE). Fortaleza, Ceará, Brasil. Av. Treze de Maio, 2081 - Benfica, Fortaleza - CE, 60040-53. E-mail: sandrojuca@ifce.edu.br
- 3 ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-5932-1106>. Doutor em Educação pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Docente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE). Fortaleza, Ceará, Brasil. Av. Treze de Maio, 2081 - Benfica, Fortaleza - CE, 60040-53. E-mail: solonildo@ifce.edu.br.
- 4 ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-7235-9846>. Doutor em Ensino de Engenharias pelo RENOEN – Instituto Federal do Ceará (IFCE). Assistente em Administração na Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB) Avenida da Abolição, s/n, Centro, Redenção-Ceará, CEP: 62790-000. E-mail: pedrolemos@unilab.edu.br.
- 5 ORCID iD: <https://orcid.org/0009-0002-8590-5003>. Mestre em Modelagem e Métodos Quantitativos pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Docente da Universidade Vale do Acaraú (UVA). Fortaleza, Ceará, Brasil. Rua Júlio Ventura, 356- São Gerardo, Fortaleza - CE, CEP: 60325-690. E-mail: camara.lima@yahoo.com.





The methodology involved the analysis of 59 articles, using bibliometric techniques and cluster analysis supported by the VOSviewer software. The results highlight the predominance of active learning approaches, such as Problem-Based Learning, focused on integrating hard and soft skills. However, gaps remain regarding the lack of validated methods for assessing socio-emotional competencies. It is concluded that engineering education requires curricular models that integrate technical rigor with pedagogical approaches capable of addressing contemporary societal and labor market demands.

KEYWORDS: Engineering Education; 21st-Century Competencies; Education 4.0; Systematic Literature Review; Bibliometrics.

Introdução

A transformação digital e a globalização têm redefinido as exigências profissionais na engenharia, ampliando a demanda por competências que extrapolam o domínio técnico. Tecnologias como inteligência artificial e automação requerem habilidades como pensamento crítico, resolução de problemas e colaboração, especialmente em contextos associados à Indústria 4.0 (Hazrat *et al.*, 2023; Junaid *et al.*, 2020).

Apesar disso, os currículos de engenharia ainda tendem a priorizar conteúdos técnico-científicos, frequentemente em detrimento de competências socioemocionais, como comunicação, liderança e criatividade (Mekala *et al.*, 2020). Esse desequilíbrio compromete a formação de profissionais aptos a enfrentar desafios contemporâneos, como sustentabilidade e atuação em contextos interdisciplinares (Stalidis *et al.*, 2024).

Diante desse cenário, este estudo realiza uma revisão sistemática da literatura com o objetivo de identificar as competências do século XXI mais valorizadas na formação de engenheiros. Considera-se, ainda, que estratégias pedagógicas frequentemente classificadas como inovadoras, como o *Problem-Based Learning* (PBL) e a Educação 4.0, podem ser compreendidas como reatualizações de tradições pedagógicas voltadas à autonomia do sujeito (Dewey, 2010; Freire, 1996).

Embora a literatura reconheça a importância das *soft skills*, ainda são limitados os métodos validados para sua mensuração no ensino de engenharia (Campos *et al.*, 2025). Nesse sentido, o estudo busca mapear essas competências e contribuir para a ampliação da formação em engenharia, articulando eficiência técnica, responsabilidade social e reflexão sobre a prática profissional (Bazzo; Pereira, 2006; Saviani, 1996).

Fundamentação teórica

A reestruturação do ensino de engenharia, no contexto da Educação 4.0, fundamenta-se em abordagens pedagógicas que questionam a transmissão passiva de conteúdos e propõem a construção ativa do conhecimento (Bazzo; Pereira, 2006; Freire, 1996). Estratégias como a Aprendizagem Baseada



em Problemas (PBL) e o uso de currículos interdisciplinares, frequentemente rotuladas como inovações contemporâneas, constituem, em essência, reconfigurações de teorias pedagógicas consolidadas ao longo do século XX (Dewey, 2010; Piaget, 1975).

Nesse sentido, o pensamento de John Dewey (2010) postula que a educação é um processo de reconstrução contínua da experiência, no qual o aprendizado deve partir de situações-problema que estimulem o pensamento reflexivo. Complementarmente, a epistemologia genética de Jean Piaget (1975) oferece base para o construtivismo ao demonstrar que o conhecimento resulta de processos de assimilação e acomodação, nos quais o estudante constrói progressivamente sua autonomia cognitiva (Abreu *et al.*, 2010).

A dimensão política e social dessa formação é ancorada na pedagogia de Paulo Freire (1987; 1996). A crítica à educação bancária aplica-se à formação estritamente tecnocrata, defendendo a dialogicidade como meio para que a técnica esteja a serviço da transformação da realidade social. Essa perspectiva amplia a compreensão da formação em engenharia para além de uma visão puramente funcionalista, evitando que a universidade seja reduzida a uma provedora de capital humano para o mercado.

Assim, a transição para uma consciência crítica, conforme proposto por Dermeval Saviani (1996), exige que a universidade promova uma formação que articule rigor científico e compromisso com a cidadania. Nesse contexto, as metodologias ativas podem ser compreendidas como instrumentos para uma formação crítica e reflexiva, alinhada às demandas contemporâneas da engenharia.

Protocolo metodológico

A revisão sistemática da literatura adotou um protocolo estruturado que assegura rigor, confiabilidade e validade na análise de publicações científicas (Cavalcante; Oliveira, 2020; Galvão; Ricarte, 2019). O protocolo foi adaptado de Borrego, Foster e Froyd (2014) e Kitchenham e Charters (2007), contemplando definição da questão de pesquisa, estratégia de busca e critérios de seleção e análise.

O objetivo foi identificar as competências do século XXI mais valorizadas na formação de engenheiros, com foco em estudantes de graduação e em práticas educacionais voltadas ao desenvolvimento de habilidades como pensamento crítico, criatividade, colaboração e competências socioemocionais.

Embora a estrutura PICO seja comum em revisões sistemáticas, este estudo priorizou a identificação de lacunas curriculares e oportunidades de integração dessas competências, sem comparações diretas com modelos pedagógicos (Methley *et al.*, 2014).

A estratégia de busca utilizou descritores em inglês, considerando a predominância da produção científica internacional. A seguinte *string* foi aplicada: (“*engineering curriculum*” OR “*engineering education*” OR “*engineering students*” OR “*undergraduate engineering*”) AND (“*21st century skills*” OR “*soft skills*” OR “*socio-emotional competencies*”) AND (“*market*” OR “*industry 4.0*” OR “*workforce readiness*”).

Foram incluídos estudos sobre competências do século XXI na formação de engenheiros, com foco em estudantes de graduação, publicados nos últimos dez anos, em inglês ou português e de acesso



aberto, que abordassem práticas educacionais relacionadas ao desenvolvimento dessas competências. Foram excluídos estudos fora do contexto do ensino de engenharia, revisões sistemáticas secundárias e trabalhos voltados a treinamentos corporativos.

A busca foi realizada entre outubro e dezembro de 2024 nas bases Web of Science e Scopus (Burnham, 2006). Para organização e análise dos dados, utilizou-se o Zotero para gerenciamento de referências, o Rayyan para triagem com dois revisores independentes e o VOSViewer para análise bibliométrica e visualização de padrões na literatura.

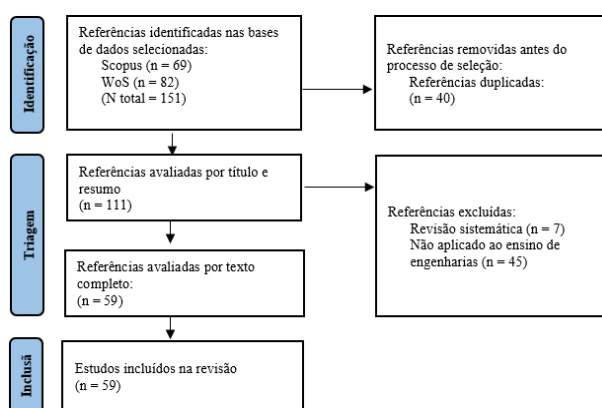
Resultados e Discussão

A seção de resultados está organizada em seis subseções que sintetizam os principais achados da literatura. A subseção 4.1 apresenta uma visão geral dos estudos incluídos, enquanto as subseções 4.2 a 4.6 aprofundam a análise por meio de clusters temáticos, destacando abordagens, lacunas e contribuições relacionadas às competências do século XXI na formação de engenheiros.

4.1 Resultados gerais

A aplicação da *string* de busca resultou na identificação de 151 publicações nas bases *Web of Science* e *Scopus*. Após a remoção de 40 duplicatas, 111 estudos foram submetidos à triagem com base nos critérios de inclusão e exclusão, resultando em um corpus final de 59 artigos. A Figura 1 apresenta o fluxograma do processo de seleção dos estudos.

Figura 1 – Fluxograma a respeito do processo de identificação e filtragem/seleção dos artigos em análise



Fonte: Elaborado pelos autores.

A análise evidenciou a predominância de publicações dos últimos cinco anos, o que confirma o crescente interesse acadêmico pelas competências do século XXI na formação de engenheiros. As temáticas recorrentes concentram-se na aplicação de metodologias como Educação 4.0, aprendizagem ativa, PBL e currículos interdisciplinares, com o objetivo de desenvolver competências técnicas e socioemocionais, tais como liderança, pensamento crítico, colaboração e adaptabilidade.



Com base na análise bibliométrica conduzida pelo software VOSviewer, os artigos foram categorizados em quatro clusters temáticos, definidos a partir da coocorrência das palavras-chave: (1) Educação e mercado de trabalho; (2) Educação em engenharia e soft skills; (3) Emprego e transição ao mercado; e (4) Pensamento crítico e graduação técnica. Esses agrupamentos estruturam as subseções seguintes, nas quais são discutidas as principais contribuições, lacunas e divergências da literatura.

A amostra final reuniu 59 artigos que abordam, sob diferentes enfoques, a formação de competências do século XXI na engenharia. Esses estudos foram organizados conforme suas informações bibliográficas, incluindo autores, títulos, periódicos e anos de publicação, e estão sintetizados na Tabela 1. Essa organização permitiu sistematizar a produção científica sobre o tema e orientar a categorização dos artigos em clusters temáticos, conforme discutido nas subseções seguintes.

Tabela 1 – Artigos selecionado na revisão

ID	Autores	Título	Publicação	Data
A1	Beke e Tick	Applicability of education 4.0 in higher education: engineering students' survey	Journal of Technology and Science Education	2024
A2	Caggiano <i>et al.</i>	Soft skills in engineers, a relevant field of research: Exploring and assessing skills in Italian engineering students	Ingenieria e Investigacion	2020
A3	Caratozzolo <i>et al.</i>	The use of video essays and podcasts to enhance creativity and critical thinking in engineering	International Journal on Interactive Design and Manufacturing	2022
A4	Kálmán e Citterio	Complexity as new normality: What is going on?	Informacios Tarsadalom	2020
A5	Ismail <i>et al.</i>	Professional Skills Requirement of Mechanical Engineers	IOP Conference Series: Materials Science and Engineering	2019
A6	Hakamada <i>et al.</i>	Trends in Brazil's Forestry Education—Part 2: Mismatch between Training and Forest Sector Demands	Forests	2023
A7	Alhasani	A study on Albanian students' perceptions of the esp courses contribution to their engineering/ architecture knowledge acquisition and communication competence	Journal of Teaching English for Specific and Academic Purposes	2021
A8	Van Horne e Rakedzon	Teamwork Made in China: Soft Skill Development with a Side of Friendship in the STEM Classroom	Education Sciences	2024
A9	Börner <i>et al.</i>	Skill discrepancies between research, education, and jobs reveal the critical need to supply soft skills for the data economy	Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America	2018
A10	García-Laso <i>et al.</i>	Mentoring in the School of Mines and Energy to Cover Student Needs: From the Newly Enrolled to the Near-Graduates	Sustainability (Switzerland)	2022
A11	Chaibate <i>et al.</i>	A comparative study of the engineering soft skills required by moroccan job market	International Journal of Higher Education	2020
A12	Cesco <i>et al.</i>	The future challenges of scientific and technical higher education	Tuning Journal for Higher Education	2021



A13	Konings e Legg	Delivering an effective balance of soft and technical skills within project-based engineering courses	IEEE International conference (TALE)	2020
A14	Jalinus <i>et al.</i>	Soft skills and hard skills needed in industry 4.0 for electrical engineering students	Journal of Applied Engineering and Technological Science	2023
A15	Dubovikova	Developing professional competences in training construction engineering specialists	IOP Conference Series: Materials Science and Engineering	2019
A16	Li <i>et al.</i>	'Software is the easy part of Software Engineering' - Lessons and Experiences from A Large-Scale, Multi-Team Capstone Course	ICSE-SEET	2023
A17	Satpathy <i>et al.</i>	A study on the new design thinking for industrial revolution 4.0, requirements and graduate readiness	Rupkatha Journal on Interdisciplinary Studies in Humanities	2020
A18	Melnikova <i>et al.</i>	Transforming requirements for engineering occupations as affected by technological changes	Journal of Physics: Conference Series	2020
A19	Shahzadi <i>et al.</i>	Edu-Cloud: On-the-fly employability skills as a service	Computer Applications in Engineering Education	2018
A20	Wróblewska e Okraszewska	Project-based learning as a method for interdisciplinary adaptation to climate change-Reda Valley case study	Sustainability (Switzerland)	2020
A21	Demchenko <i>et al.</i>	Professional and 21st Century Skills for Data Driven Digital Economy	EDUCON	2023
A22	Jewpanya <i>et al.</i>	Transforming Industrial Engineering Education: Introducing the CWILE Model for Work-Integrated Learning in the Digital Age	Journal of Technical Education and Training	2023
A23	Torres <i>et al.</i>	Tackling perception and deception in STEM: A critical thinking skill for early-career development	SEFI	2022
A24	Andrade-Arenas e Andrade-Chaico	On the training of soft skills in a Peruvian University: Strengths and weaknesses	18th LACCEI	2020
A25	Lee <i>et al.</i>	Exploring the mastery level of critical thinking and problem solving skill among the technical undergraduate	Journal of Technical Education and Training	2019
A26	Cordeiro <i>et al.</i>	Production engineers profiling: Competences of the professional the market wants	Production	2020
A27	Pinto <i>et al.</i>	Enabling Professionals for Industry 5.0: The Self-Made Programme	Procedia Computer Science	2024
A28	Kaczmarczyk <i>et al.</i>	Analysis of requirements for teaching Industry 4.0 topics at universities	IFAC-PapersOnLine	2024
A29	Abina <i>et al.</i>	Challenging 21st-Century Competencies for STEM Students: Companies' Vision in Slovenia and Norway in the Light of Global Initiatives for Competencies Development	Sustainability (Switzerland)	2024
A30	Sang <i>et al.</i>	CDIO approach in developing effective learning skills of engineering and technology-profile students	Perspektivy Nauki i Obrazovania	2023
A31	Liventsova <i>et al.</i>	A Competence-Based Approach to Training Specialists in the Digital Society	MATEC WEB OF CONFERENCES	2018



A32	Torres <i>et al.</i>	New Tools to Motivate STEM students towards Early-career Self-management	SEFI 50th	2022
A33	Czerwińska-Lubszczyk <i>et al.</i>	Competencies of Graduates - An Industry Expectation	Management Systems in Production Engineering	2022
A34	Jamila	Implementing a flipped classroom structure in engineering education to improve the soft skills	Journal of Engineering Education Transformations	2020
A35	Christensen <i>et al.</i>	Learning Soft Skills through Distributed Software Development	ICSSP '22	2022
A36	Mingaleva e Vukovic	Development of Engineering Students Competencies Based on Cognitive Technologies in Conditions of Industry 4.0	International journal of cognitive research in science engineering and education-ijcrsee	2020
A37	Atlamaz <i>et al.</i>	Nurturing Soft Skills in Engineering Education with Interactive Activities	International journal of education in mathematics science and technology	2024
A38	Cotet <i>et al.</i>	Industry 4.0 Diagnosis from an imillennial Educational Perspective	Education sciences	2020
A39	Xu <i>et al.</i>	Assessing the impact of digital education and the role of the big data analytics course to enhance the skills and employability of engineering students	Frontiers in psychology	2022
A40	Schleutker <i>et al.</i>	Soft Skills and European Labour Market: Interviews with Finnish and Italian Managers	Journal of educational cultural and psychological studies	2019
A41	Kowal <i>et al.</i>	Analysis of Employees' Competencies in the Context of Industry 4.0	Energies	2022
A42	Qostal <i>et al.</i>	Perceived Employability of Moroccan Engineering Students: a PLS-SEM Approach	International journal of instruction	2024
A43	Teplická <i>et al.</i>	The new model of the engineering education using digitalization and innovative methods	Management systems in production engineering	2022
A44	Wijesinghe e Jayawardane	Employability Skills Required by Entry-Level Engineers in Sri Lanka	Engineer-journal of the institution of engineers sri lanka	2023
A45	Hirudayaraj <i>et al.</i>	Soft Skills for Entry-Level Engineers: What Employers Want	Education sciences	2021
A46	Semenova <i>et al.</i>	Human capital development: development of professional competencies through soft skills	Revista tempos e espaços educacao	2021
A47	Nugroho <i>et al.</i>	The Urgency of STEM Education in Indonesia	Jurnal penelitian dan pembelajaran ipa	2021
A48	Piñol <i>et al.</i>	Study of the training needs of industrial companies in the Barcelona Area and proposal of Training Courses and Methodologies to enhance further competitiveness.	Procedia Manufacturing	2017
A49	Hui <i>et al.</i>	Employability: Smart learning in extracurricular activities for developing college graduates' competencies	Australasian journal of educational technology	2021
A50	Marcu	Designing Functional ESP (English for Specific Purposes) Courses	Procedia Manufacturing	2020
A51	Lacuesta e Palacios-Navarro	A New Online Tool to Evaluate Transferable Skills in the European Framework	International journal of engineering pedagogy	2024



A52	Nguyen	Competence-Targeted Education for BIM Professionals: A Case Example of the Vietnamese Construction Industry	Engineering journal-Thailand	2021
A53	Samuel <i>et al.</i>	University-industry teaching collaborations: a case study of the msc in Structural Integrity co-produced by Brunel University London and The Welding Institute	Studies in higher education	2018
A54	Lino Alves e Duarte	Teaching ceramic materials in mechanical engineering: An active learning experience	International Journal of Mechanical Engineering Education	2023
A55	Cardoso <i>et al.</i>	Combining Agile and devops to Improve Students' Tech and Non-tech Skills:	Proceedings of the 13th International Conference on Computer Supported Education	2021
A56	Chaibate <i>et al.</i>	Analytical Hierarchy Process Applied to Pedagogical Method Selection Problems	Education Research International	2021
A57	Direito e Ana	Bridging the Gap: Embedding Transversal Skills in Engineering Doctoral Education	2024 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)	2024
A58	Lan Anh Vu e Quoc Le	Development orientation for higher education training programme of mechanical engineering in industrial revolution 4.0: a perspective in vietnam	Journal of Mechanical Engineering Research and Developments	2019
A59	Trevelyan	Transitioning to engineering practice	European Journal of Engineering Education	2019

Fonte: Elaborado pelos autores

Os dados evidenciam diversidade nas áreas de aplicação dos estudos analisados, abrangendo cursos das ciências exatas e tecnológicas, como engenharia elétrica, física e matemática, além de iniciativas interdisciplinares (Kálmán; Citterio, 2020 [A4]). Esse panorama indica o potencial de metodologias como Educação 4.0, aprendizagem baseada em projetos e metodologias ativas para o desenvolvimento de competências do século XXI em diferentes contextos da formação em engenharia.

Para aprofundar a análise, realizou-se uma investigação bibliométrica com o software VOSviewer, que permitiu mapear a coocorrência das palavras-chave nos 59 artigos selecionados, identificando padrões temáticos e conexões entre os tópicos discutidos na literatura.

A Figura 2 apresenta a visualização dessas redes, organizadas em quatro clusters temáticos diferenciados por cores, que representam os principais eixos de discussão sobre as competências do século XXI no ensino de engenharia:

- Cluster Vermelho – Educação e mercado de trabalho: Alinhamento dos currículos às exigências do mercado, com foco em competências técnicas, comportamentais e colaborativas.
- Cluster Azul – Educação em engenharia e *soft skills*: Desenvolvimento de competências socioemocionais, como comunicação, liderança e trabalho em equipe, associado ao uso de metodologias ativas.
- Cluster Verde – Emprego e transição ao mercado: Articulação entre academia e setor produtivo, com ênfase na preparação prática dos estudantes.



Tabela 2 – Relação de clusters por trabalho e palavras-chaves/conceitos principais

Clusters	Artigos	Conceitos principais
Cluster 1: Educação e Mercado de Trabalho (Vermelho)	A7, A8, A10, A13, A15, A18, A26, A29, A31, A36, A38, A39, A43, A47, A48, A55, A56	Empregabilidade, Parcerias Academia-Indústria, Integração Curricular, Competências Práticas
Cluster 2: Educação em Engenharia e <i>Soft Skills</i> (Azul)	A3, A12, A16, A19, A35, A37, A44, A46, A49, A57	Soft Skills, Metodologias Ativas, Educação Socioemocional, Colaboração em Engenharia
Cluster 3: Emprego e Transição ao Mercado (Verde)	A4, A6, A11, A17, A20, A21, A24, A27, A33, A34, A42, A50, A53, A59	Emprego na Indústria 4.0, Resolução de Problemas Complexos, Trabalho Interdisciplinar, Habilidades Técnicas Avançadas
Cluster 4: Pensamento Crítico e Graduação Técnica (Amarelo)	A1, A2, A5, A9, A14, A22, A23, A25, A28, A30, A32, A40, A41, A45, A51, A52, A54, A58	Pensamento Crítico, Aprendizado Experiencial, Resolução de Problemas Técnicos, Competências Transversais

Fonte: Elaborado pelos autores

A análise dos constructos em cada cluster evidencia a multidimensionalidade das competências do século XXI na formação de engenheiros, destacando sua relevância na modernização dos processos educacionais e no alinhamento dos currículos às demandas contemporâneas.

Nesse contexto, observa-se que estratégias pedagógicas, como Educação 4.0, aprendizagem ativa e projetos interdisciplinares, contribuem tanto para o desenvolvimento técnico quanto para o estímulo de competências socioemocionais e analíticas.

As subseções a seguir aprofundam a análise dos quatro clusters, apresentando abordagens teóricas e práticas relacionadas à integração de competências técnicas e transversais, como pensamento crítico, colaboração e resolução de problemas, no ensino de engenharia.

Cluster Vermelho: Educação e Mercado de Trabalho

O Cluster Vermelho aborda a relação entre a formação em engenharia e as exigências do mercado de trabalho, destacando a necessidade de modernizar currículos e metodologias de ensino em resposta às demandas da Indústria 4.0. As discussões enfatizam a integração de competências técnico-comportamentais, com foco na empregabilidade e no desenvolvimento de habilidades práticas por meio da aproximação entre academia e setor produtivo (García-Laso *et al.*, 2022 [A10]; Piñol *et al.*, 2017 [A48]).

Observa-se a adoção de currículos mais interdisciplinares, colaborativos e orientados à resolução de problemas, ampliando a relevância prática da formação e preparando profissionais para contextos complexos e dinâmicos.

Entre os conceitos centrais destacam-se a empregabilidade, a integração curricular e as parcerias com o setor produtivo. Práticas como mentoria, projetos interdisciplinares e experiências práticas



contribuem para o desenvolvimento de competências técnicas e socioemocionais (García-Laso *et al.*, 2022 [A10]; Piñol *et al.*, 2017 [A48]).

Modelos que incorporam estágios supervisionados, laboratórios de inovação e abordagens interdisciplinares também são associados ao fortalecimento da empregabilidade (Mingaleva; Vukovic, 2020 [A36]; Xu *et al.*, 2022 [A39]). No entanto, persistem divergências quanto ao equilíbrio entre profundidade técnica e competências comportamentais, especialmente no desenvolvimento de habilidades como comunicação, liderança e pensamento crítico (Piñol *et al.*, 2017 [A48]).

Embora a empregabilidade seja central nesse cluster, os resultados indicam a necessidade de ampliar a formação em engenharia para além de uma perspectiva estritamente funcionalista (Bazzo; Pereira, 2006; Saviani, 1996). Nessa direção, Saviani (1996) destaca o papel da educação na formação de profissionais capazes de compreender criticamente sua atuação na sociedade.

Cluster Azul: Educação em Engenharia e *Soft skills*

O Cluster Azul discute a importância das competências socioemocionais na formação de engenheiros, com ênfase em habilidades como comunicação, liderança, trabalho em equipe e adaptabilidade. As discussões destacam a necessidade de incorporá-las aos currículos por meio de metodologias ativas, como a aprendizagem baseada em projetos, que favorecem o protagonismo estudantil e o desenvolvimento interpessoal (Atlamaz *et al.*, 2024 [A37]; Wijesinghe; Jayawardane, 2023 [A44]).

Entre os conceitos centrais estão o desenvolvimento de *soft skills* e a valorização de ambientes colaborativos. Caratozzolo *et al.* (2022 [A3]) destacam a necessidade de uma formação que integre competências técnicas e socioemocionais, enquanto Semenova *et al.* (2021 [A46]) ressaltam o papel desses ambientes no estímulo à comunicação, ao pensamento crítico e à resolução de problemas.

As contribuições desse cluster incluem estratégias que articulam *hard skills* e *soft skills*. Atlamaz *et al.* (2024 [A37]) propõem *frameworks* baseados em dinâmicas de grupo e resolução de problemas reais, promovendo a integração entre teoria e prática.

Apesar dos avanços, persistem divergências quanto ao equilíbrio entre competências técnicas e comportamentais. Caratozzolo *et al.* (2022 [A3]) defendem maior centralidade das *soft skills*, enquanto Wijesinghe e Jayawardane (2023 [A44]) alertam para o risco de comprometimento da profundidade técnica.

Cluster Verde: Emprego e Transição ao Mercado

O Cluster Verde explora o papel das parcerias entre academia e indústria na formação de engenheiros, com foco na preparação para as demandas do mercado de trabalho. As discussões destacam a importância de integrar práticas que conectem a formação acadêmica ao setor produtivo, favorecendo



a transição dos estudantes para o ambiente profissional (Kálmán; Citterio, 2020 [A4]; Pinto *et al.*, 2024 [A27]).

Entre os conceitos centrais estão a integração entre ensino e mercado, a resolução de problemas complexos e o desenvolvimento de competências técnicas. Atividades como estágios supervisionados, mentorias e projetos aplicados são apontadas como relevantes para a inserção profissional (Qostal *et al.*, 2024 [A42]), enquanto currículos conectados ao contexto industrial contribuem para o desenvolvimento de competências técnicas e interdisciplinares (Samuel *et al.*, 2018 [A53]).

As contribuições deste cluster incluem estratégias voltadas à empregabilidade e à formação aplicada. Kálmán e Citterio (2020 [A4]) destacam iniciativas orientadas ao desenvolvimento de competências aplicáveis ao ambiente industrial, enquanto Pinto *et al.* (2024 [A27]) propõem *frameworks* de avaliação da prontidão dos estudantes.

Persistem, contudo, divergências quanto ao equilíbrio entre formação teórica e experiências práticas. Kálmán e Citterio (2020 [A4]), Pinto *et al.* (2024 [A27]), Torres *et al.* (2022 [A32]) e Trevelyan (2019 [A59]) defendem maior centralidade das experiências práticas, enquanto Qostal *et al.* (2024 [A42]) e Liventsova *et al.* (2018 [A31]) alertam para possíveis prejuízos à consolidação dos fundamentos teóricos.

A articulação entre academia e setor produtivo não deve se restringir à formação de mão de obra qualificada. Conforme argumentam Bazzo e Pereira (2006), a formação do engenheiro envolve dimensões éticas e sociais relacionadas aos impactos da técnica. Nesse sentido, a dialogicidade proposta por Freire (1996) contribui para integrar competência técnica e responsabilidade social.

Cluster Amarelo: Pensamento Crítico e Graduação Técnica

O Cluster Amarelo aborda o papel do pensamento crítico e das habilidades analíticas na formação de engenheiros, com foco na resolução de problemas complexos e na inovação. As discussões destacam a necessidade de integrar essas competências aos currículos por meio de práticas como aprendizagem experiencial, simulações e projetos baseados em problemas, que favorecem a articulação entre teoria e prática (Börner *et al.*, 2018 [A9]; Hirudayaraj *et al.*, 2021 [A45]).

Entre os conceitos centrais estão o desenvolvimento do pensamento crítico, a resolução de problemas técnicos e o uso de estratégias de aprendizagem ativa. Beke e Tick (2024 [A1]) ressaltam a importância dessas competências em contextos tecnológicos dinâmicos, enquanto Schleutker *et al.* (2019 [A40]) destacam que currículos que integram habilidades analíticas e estratégicas favorecem uma formação mais alinhada às demandas contemporâneas.

As contribuições do cluster incluem estratégias que articulam a formação técnica a situações reais de aplicação profissional. Hirudayaraj *et al.* (2021 [A45]) propõem *frameworks* com simulações, dinâmicas de grupo e estudos de caso, enquanto Caggiano *et al.* (2020 [A2]) destacam ambientes que estimulam autonomia, pensamento crítico e tomada de decisão.



Persistem, contudo, divergências quanto à ênfase dessas competências. Schleutker *et al.* (2019 [A40]) defendem maior centralidade do pensamento crítico, enquanto Börner *et al.* (2018 [A9]) alertam que sua priorização excessiva pode comprometer o aprofundamento em competências técnicas.

Lacunas identificadas nos trabalhos selecionados

A análise dos quatro clusters revela lacunas significativas na formação de engenheiros no século XXI, especialmente na articulação entre academia e mercado de trabalho. Embora estudos como García-Laso *et al.* (2022 [A10]) e Kálmán e Citterio (2020 [A4]) proponham estratégias como estágios supervisionados, mentorias e projetos colaborativos, persiste a ausência de mecanismos institucionais robustos que garantam sua consolidação, impactando diretamente a empregabilidade dos egressos (Piñol *et al.*, 2017 [A48]; Mingaleva; Vukovic, 2020 [A36]).

Outro desafio crítico refere-se à avaliação de *soft skills*, como comunicação, liderança, adaptabilidade e pensamento crítico (Semenova *et al.*, 2021 [A46]; Caratozzolo *et al.*, 2022 [A3]). Apesar do reconhecimento da importância dessas competências, ainda são escassos os métodos eficazes para mensurar seu desenvolvimento ao longo da formação (Börner *et al.*, 2018 [A9]; Lacuesta; Palacios-Navarro, 2024 [A51]).

Nesse contexto, evidencia-se a necessidade de estratégias que permitam acompanhar o desenvolvimento dessas competências de forma mais sistemática. Abordagens baseadas em ciclos de planejamento, execução e avaliação, inspiradas em modelos como o PDCA, podem contribuir para estruturar o desenvolvimento de competências transversais, especialmente quando associadas à utilização de Planos de Desenvolvimento Individual (Campos *et al.*, 2025). Essas práticas favorecem o protagonismo do estudante por meio de processos de autoavaliação, definição de metas e monitoramento contínuo, permitindo maior objetividade no acompanhamento de competências como liderança e comunicação. De forma complementar, o uso de avaliações por critérios referenciados oferece parâmetros mais consistentes para mapear a evolução do estudante em diferentes níveis de proficiência, deslocando o foco do produto final para o processo de aprendizagem (Griffin; Care, 2015).

Além disso, persiste a falta de consenso sobre o equilíbrio adequado entre competências técnicas (*hard skills*) e comportamentais (*soft skills*), configurando um desafio recorrente nos estudos analisados (Samuel *et al.*, 2018 [A53]; Hirudayaraj *et al.*, 2021 [A45]).

A adoção de metodologias inovadoras, como a Educação 4.0, também enfrenta barreiras significativas, sobretudo em contextos institucionais com limitações de recursos, falta de infraestrutura e resistência a mudanças (Beke; Tick, 2024 [A1]; Atlamaz *et al.*, 2024 [A37]). De forma complementar, observa-se que a integração de competências como pensamento crítico e resolução de problemas complexos permanece limitada nos currículos tradicionais de engenharia (Schleutker *et al.*, 2019 [A40]; Hirudayaraj *et al.*, 2021 [A45]).



Embora haja consenso sobre a necessidade de formar engenheiros capazes de atuar em cenários de rápidas transformações tecnológicas e sociais (Pinto *et al.*, 2024 [A27]; Qostal *et al.*, 2024 [A42]; Torres *et al.*, 2022 [A32]), ainda são insuficientes as propostas concretas para incorporar essas demandas às práticas pedagógicas e às estruturas curriculares (Liventsova *et al.*, 2018 [A31]; Trevelyan, 2019 [A59]).

Em síntese, os trabalhos analisados indicam que a formação de engenheiros demanda uma abordagem sistêmica e integrada, capaz de equilibrar os avanços tecnológicos com os desafios humanos, sociais e organizacionais (Kálmán; Citterio, 2020 [A4]; Börner *et al.*, 2018 [A9]).

Considerações Finais

Este estudo evidenciou que o mercado valoriza um perfil de engenheiro que integre base técnica a competências socioemocionais, com ênfase em pensamento crítico, comunicação e liderança. Estratégias como a Educação 4.0 e a aprendizagem ativa podem ser compreendidas como reatualizações de tradições pedagógicas voltadas à autonomia do sujeito (Dewey, 2010; Freire, 1996).

No contexto nacional, esses resultados indicam a necessidade de alinhamento às DCNs de 2019, que orientam a formação de um egresso com perfil generalista, humanista e reflexivo (Brasil, 2019). Nesse sentido, observa-se a importância de ampliar a formação em engenharia para além de uma perspectiva estritamente funcionalista, articulando eficiência técnica, responsabilidade social e reflexão sobre a prática profissional.

Para responder às lacunas relacionadas à avaliação de competências, destaca-se a importância de estratégias que permitam acompanhar o desenvolvimento de soft skills de forma sistemática, como o uso de Planos de Desenvolvimento Individual e abordagens baseadas em ciclos de planejamento, execução e avaliação.

Em síntese, a formação em engenharia tende a se fortalecer quando integrada, de forma sistemática, competências técnicas e transversais em resposta às transformações contemporâneas.

Referências

- Abina, A.; Temeljotov Salaj, A.; Cestnik, B.; Karalič, A.; Ogrinc, M.; Kovačič Lukman, R.; Zidanšek, A. Challenging 21st-century competencies for STEM students: companies' vision in Slovenia and Norway in the light of global initiatives for competencies development. **Sustainability**, v. 16, n. 3, p. 1295, 2024. <https://doi.org/10.3390/su16031295>. Acesso em: 28 dez. 2024
- Abreu, L. C. de et al. A epistemologia genética de Piaget e o construtivismo. **Revista Brasileira de Crescimento e Desenvolvimento Humano**, v. 20, n. 2, p. 361-366, 2010.
- Alhasani, M. A study on Albanian students' perceptions of the ESP courses contribution to their engineering/architecture knowledge acquisition and communication competence. **Journal of Teaching English for Specific and Academic Purposes**, v. 9, n. 1, p. 109-118, 2021. <https://doi.org/10.22190/>



JTESAP2101109A. Acesso em: 28 dez. 2024.

Andrade-Arenas, L.; Andrade-Chaico, F. On the training of soft skills in a Peruvian university: strengths and weaknesses. In: **LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology: Engineering, Integration and Alliances for a Sustainable Development**, 18., 2020, Virtual Edition. Anais [...]. LACCEI, 2020. <https://doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.261>. Acesso em: 30 dez. 2024.

Atlamaz, T. A.; Bengü, E.; Aydogdu, C. C.; Soylu, S. Nurturing soft skills in engineering education with interactive activities. **International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology**, v. 12, n. 1, p. 104-120, 2024. <https://doi.org/10.46328/ijemst.4213>. Acesso em: 28 dez. 2024.

Bazzo, Walter Antonio; Pereira, Luiz Teixeira do Vale. **Introdução à engenharia: conceitos, ferramentas e comportamentos**. Florianópolis: Editora da UFSC, 2006

Beke, E.; Tick, A. Applicability of Education 4.0 in higher education: engineering students' survey. **Journal of Technology and Science Education**, 2024. <https://doi.org/10.3926/jotse.1845>. Acesso em: 28 dez. 2024.

Börner, K.; Scrivner, O.; Gallant, M.; Ma, S.; Liu, X.; Chewning, K.; Wu, L.; Evans, J.A.. Skill discrepancies between research, education, and jobs reveal the critical need to supply soft skills for the data economy. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1073/pnas.1804247115>. Acesso em: 28 dez. 2024.

Borrego, M.; Foster, M. J.; Froyd, J. E. Systematic literature reviews in engineering education and other developing interdisciplinary fields. **Journal of Engineering Education**, v. 103, n. 1, p. 45-76, 2014. <https://doi.org/10.1002/jee.20038>. Acesso em: 29 nov. 2024.

Brasil. Ministério da Educação. **Resolução CNE/CES nº 2, de 24 de abril de 2019**. Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. Brasília: MEC, 2019. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/docman/abril-2019-pdf/112681-rces002-19/file>. Acesso em: 07 abr. 2026

Burnham, J. F. Scopus database: a review. **Biomedical Digital Libraries**, v. 3, n. 1, 2006. <https://doi.org/10.1186/1742-5581-3-1>. Acesso em: 28 dez. 2024.

Caggiano, V.; Redomero-Echeverría, T.; Poza-Lujan, J. L.; Bellezza, A. Soft skills in engineers, a relevant field of research: exploring and assessing skills in Italian engineering students. **Ingeniería e Investigación**, v. 40, n. 2, p. 1-9, 2020. <https://doi.org/10.15446/ing.investig.v40n2.83717>. Acesso em: 28 dez. 2024.

Campos, Lílian Barros Pereira et al. Desenvolvimento de competências transversais de estudantes de engenharia da mobilidade. **Transportes**, v. 33, e3103, 2025. Disponível em: <https://transportes.anpet.org.br/anpet/article/view/3103>. Acesso em: 07 abr. 2026

Caratozzolo, P.; Lara-Prieto, V.; Hosseini, S.; Membrillo-Hernández, J. The use of video essays and



podcasts to enhance creativity and critical thinking in engineering. **International Journal on Interactive Design and Manufacturing**, v. 16, p. 1327-1339, 2022. <https://doi.org/10.1007/s12008-022-00952-8>. Acesso em: 28 dez. 2024.

Cardoso, T.; Chanin, R.; Santos, A.; Sales, A. Combining Agile and DevOps to improve students' tech and non-tech skills. In: **International Conference on Computer Supported Education (CSEDU)**, 13., 2021, Online. Anais [...]. SciTePress, 2021. p. 299-306. <https://doi.org/10.5220/0010401302990306>. Acesso em: 28 dez. 2024.

Cavalcante, L. T. C.; Oliveira, A. A. S. Métodos de revisão bibliográfica nos estudos científicos. **Psicologia em Revista**, v. 26, n. 1, p. 83-102, 2020. <https://doi.org/10.5752/P.1678-9563.2020v26n1p82-100>. Acesso em: 29 nov. 2024.

Cesco, S.; Zara, V.; De Toni, A. F.; Lugli, P.; Evans, A.; Orzes, G. The future challenges of scientific and technical higher education. **Tuning Journal for Higher Education**, v. 8, n. 2, p. 85-117, 2021. [https://doi.org/10.18543/tjhe-8\(2\)-2021pp85-117](https://doi.org/10.18543/tjhe-8(2)-2021pp85-117). Acesso em: 28 dez. 2024.

Chaibate, H.; Hadek, A.; Ajana, S.; Bakkali, S. Analytical hierarchy process applied to pedagogical method selection problems. **Education Research International**, v. 2021, ID 6664758, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/6664758>. Acesso em: 28 dez. 2024.

Chaibate, H.; Hadek, A.; Ajana, S.; Bakkali, S.; Faraj, K. A comparative study of the engineering soft skills required by Moroccan job market. **International Journal of Higher Education**, v. 9, n. 1, p. 142-151, 2020. <https://doi.org/10.5430/ijhe.v9n1p142>. Acesso em: 28 dez. 2024.

Christensen, E. L.; Paasivaara, M. Learning soft skills through distributed software development. In: **International Conference on Software and System Processes (ICSSP) and International Conference on Global Software Engineering (ICGSE)**, 2022, Pittsburgh, PA, USA. Anais [...]. New York: ACM, 2022. p. 93-103. <https://doi.org/10.1145/3529320.352933>. Acesso em: 28 dez. 2024.

Cordeiro, F. R.; Paslauski, C. A.; Wachs, P.; Tinoco, M. A. C. Production engineers profiling: competences of the professional the market wants. **Production**, v. 30, e20190093, 2020. <https://doi.org/10.1590/0103-6513.20190093>. Acesso em: 28 dez. 2024.

Cotet, G. B.; Carutasu, N. L.; Chiscop, F. Industry 4.0 diagnosis from an iMillennial educational perspective. **Education Sciences**, v. 10, n. 1, p. 21, 2020. <https://doi.org/10.3390/educsci10010021>. Acesso em: 28 dez. 2024.

Czerwińska-Lubszczyk, A.; Grebski, M.; Jagoda-Sobalak, D. Competencies of graduates – an industry expectation. **Management Systems in Production Engineering**, v. 30, n. 2, p. 108-113, 2022. <https://doi.org/10.2478/mspe-2022-0021>. Acesso em: 28 dez. 2024.

Demchenko, Y.; Degeler, V.; Oprescu, A.; Brewer, S. Professional and 21st century skills for data driven digital economy. In: **IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)**, 2023, Kuwait. Anais [...]. New York: IEEE, 2023. p. 1-8. <https://doi.org/10.1109/EDUCON54358.2023.10125263>. Acesso em: 30 dez. 2024.



Dewey, John. **Arte como experiência**. Tradução de Vera Ribeiro. São Paulo: Martins Fontes, 2010

Direito, I.; Freitas, A. Bridging the gap: embedding transversal skills in engineering doctoral education. In: **IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)**, 2024, Kos, Greece. Anais [...]. New York: IEEE, 2024. <https://doi.org/10.1109/EDUCON60312.2024.10578771>. Acesso em: 28 dez. 2024.

Dubovikova, E. P. Developing professional competences in training construction engineering specialists. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, v. 687, p. 044046, 2019. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/687/4/044046>. Acesso em: 30 dez. 2024.

Freire, Paulo. **Pedagogia do oprimido**. 17. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

Freire, Paulo. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

Galvão, M. C. B.; Ricarte, I. L. M. Revisão sistemática da literatura: conceituação, produção e publicação. **Logeion: Filosofia da Informação**, v. 6, n. 1, p. 57–73, 2019. <https://doi.org/10.21728/logeion.2019v6n1.p57-73>. Acesso em: 29 nov. 2024.

García-Laso, A.; Montalvo, C.; Martín, D. A.; Presa, L.; Parra, J. L.; Costafreda, J. L. Mentoring in the School of Mines and Energy to cover student needs: from the newly enrolled to the near-graduates. **Sustainability**, v. 14, n. 6, p. 3156, 2022. <https://doi.org/10.3390/su14063156>. Acesso em: 28 dez. 2024.

Griffin, Patrick; Care, Esther (Eds.). **Assessment and Teaching of 21st Century Skills: Methods and Approach**. Dordrecht: Springer, 2015

Hakamada, R.; Frosini de Barros Ferraz, S.; Sulbaran-Rangel, B. Trends in Brazil's forestry education—Part 2: mismatch between training and forest sector demands. **Forests**, v. 14, n. 9, p. 1805, 2023. <https://doi.org/10.3390/f14091805>. Acesso em: 28 dez. 2024.

Hazrat, M. A.; Hassan, N. M. S.; Chowdhury, A. A.; Rasul, M. G.; Taylor, B. A. Developing a skilled workforce for future industry demand: the potential of digital twin-based teaching and learning practices in engineering education. **Sustainability**, v. 15, n. 23, p. 16433, 2023. <https://doi.org/10.3390/su152316433>. Acesso em: 20 maio 2025.

Hirudayaraj, M.; Baker, R.; Baker, F.; Eastman, M. Soft skills for entry-level engineers: what employers want. **Education Sciences**, v. 11, n. 10, p. 641, 2021. <https://doi.org/10.3390/educsci11100641>. Acesso em: 28 dez. 2024.

Hui, Y. K.; Kwok, L. F.; Ip, H. H. S. Employability: smart learning in extracurricular activities for developing college graduates' competencies. **Australasian Journal of Educational Technology**, v. 37, n. 6, p. 77-91, 2021. <https://doi.org/10.14742/ajet.6734>. Acesso em: 28 dez. 2024.

Ismail, W. O. A. S.; Hamzah, N.; Fatah, I. Y. A.; Hakim, B. A. Professional skills requirement of



mechanical engineers. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, v. 697, p. 012016, 2019. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/697/1/012016>. Acesso em: 30 dez. 2024.

Jalinus, N.; Islami, S.; Sakti, R. H.; Zaus, A. A.; Zaus, M. A. Soft skills and hard skills needed in Industry 4.0 for electrical engineering students. **Journal of Applied Engineering and Technological Science**, v. 5, n. 1, 2023. <https://doi.org/10.37385/jaets.v5i1.2174>. Acesso em: 28 dez. 2024.

Jamila, E. H. Implementing a flipped classroom structure in engineering education to improve the soft skills. **Journal of Engineering Education Transformations**, v. 33, n. 3, p. 147042, 2020. <https://doi.org/10.16920/jcet/2020/v33i3/147042>. Acesso em: 28 dez. 2024.

Jewpanya, P.; Nuangpirom, P.; Pitjamit, S.; Jaichomphu, P.; Chaithanul, K.; Sriyab, S. Transforming industrial engineering education: introducing the CWILE model for work-integrated learning in the digital age. **Journal of Technical Education and Training**, v. 15, n. 4, p. 143-155, 2023. <https://doi.org/10.30880/jtet.2023.15.04.012>. Acesso em: 28 dez. 2024.

Junaid, Q.; Yau, K.; Imran, M.; Al-Fuqaha, A. Engineering education: essential skills for the 2020s. In: **IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)**, 2020, Virtual conference. Anais [...]. IEEE, 2020. <https://doi.org/10.1109/FIE44824.2020.9274067>. Acesso em: 28 dez. 2024.

Kaczmarczyk, V.; Baštán, O.; Marcon, P.; Jirsa, J.; Arm, J.; Bradac, Z.; Kaczmarczyková, Z. Analysis of requirements for teaching Industry 4.0 topics at universities. **IFAC-PapersOnLine**, v. 58, n. 9, p. 293-298, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2024.07.412>. Acesso em: 28 dez. 2024.

Kálmán, A.; Citterio, L. Complexity as new normality: what is going on? **Informacios Tarsadalom**, v. 20, n. 2, p. 4-24, 2020. <https://doi.org/10.22503/INFTARS.XX.2020.2.2>. Acesso em: 28 dez. 2024.

Kitchenham, B.; Charters, S. Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering – version 2.3. **Keele: Keele University**; Durham: University of Durham, 2007. Technical Report EBSE-2007-01. Disponível em: <https://www.dur.ac.uk/resources/engineering/research/technicalreports/EBSE-2007-01.pdf>. Acesso em: 28 dez. 2024.

Konings, D.; Legg, M. Delivering an effective balance of soft and technical skills within project-based engineering courses. In: **IEEE International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering (TALE)**, 2020, Takamatsu, Japan. Anais [...]. IEEE, 2020. p. 157-164. <https://doi.org/10.1109/TALE48869.2020.9368493>. Acesso em: 30 dez. 2024.

Kowal, B.; Włodarz, D.; Brzychczy, E.; Klepka, A. Analysis of employees' competencies in the context of Industry 4.0. **Energies**, v. 15, n. 19, p. 7142, 2022. <https://doi.org/10.3390/en15197142>. Acesso em: 28 dez. 2024.

Lacuesta, R.; Palacios-Navarro, G. A new online tool to evaluate transferable skills in the European framework. **International Journal of Engineering Pedagogy**, v. 14, n. 2, p. 19-35, 2024. <https://doi.org/10.3991/ijep.v14i2.46657>. Acesso em: 28 dez. 2024.

Lan Anh Vu,, Thi; Quoc Le, Tien. Development orientation for higher education training programme



of mechanical engineering in Industrial Revolution 4.0: a perspective in Vietnam. **Journal of Mechanical Engineering Research and Developments**, v. 42, n. 1, p. 71-73, 2019. <https://doi.org/10.26480/jmerd.01.2019.71.73>. Acesso em: 28 dez. 2024.

Lee, M. F.; Sohod, S. N. M.; Ab Rahman, A. Exploring the mastery level of critical thinking and problem solving skill among the technical undergraduate. **Journal of Technical Education and Training**, v. 11, n. 3, p. 15-21, 2019. <https://doi.org/10.30880/jtet.2019.11.03.002>. Acesso em: 28 dez. 2024.

Li, Z. S.; Arony, N. N.; Devathasan, K.; Damian, D. “Software is the easy part of software engineering” – lessons and experiences from a large-scale, multi-team capstone course. In: **IEEE/ACM 45th International Conference on Software Engineering: Software Engineering Education and Training (ICSE-SEET)**, 2023, Melbourne, Australia. Anais [...]. New York: IEEE, 2023. p. 223-234. <https://doi.org/10.1109/ICSE-SEET58685.2023.00027>. Acesso em: 30 dez. 2024.

Lino Alves, J.; Duarte, T. Teaching ceramic materials in mechanical engineering: an active learning experience. **International Journal of Mechanical Engineering Education**, v. 52, n. 3, p. 746-763, 2023. <https://doi.org/10.1177/03064190221142096>. Acesso em: 28 dez. 2024.

Liventsova, E.; Rumyantseva, T.; Syryamkina, E. A competence-based approach to training specialists in the digital society. In: **International Science and Technology Conference “FarEastCon”**, 2018, Vladivostok, Russia. MATEC Web of Conferences, v. 170, p. 01013, 2018. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201817001013>. Acesso em: 28 dez. 2024.

Marcu, N. A. Designing functional ESP (English for specific purposes) courses. **Procedia Manufacturing**, v. 46, p. 308-312, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.03.045>. Acesso em: 28 dez. 2024.

Mekala, S.; Harishree, C.; Geetha, R. Fostering 21st-century skills of engineering students. **Journal of Engineering Education Transformations**, v. 34, n. 2, p. 150740, 2020. <https://doi.org/10.16920/jeet/2020/v34i2/150740>. Acesso em: 28 dez. 2024.

Melnikova, E. V.; Melnikova, A. A.; Sergeev, M. Y. Transforming requirements for engineering occupations as affected by technological changes. **Journal of Physics: Conference Series**, v. 1691, p. 012033, 2020. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1691/1/012033>. Acesso em: 30 dez. 2024.

Methley, A. M.; Campbell, S.; Chew-Graham, C.; McNally, R.; Cheraghi-Sohi, S. PICO, PICOS and SPIDER: a comparison study of specificity and sensitivity in three search tools for qualitative systematic reviews. **BMC Health Services Research**, v. 14, p. 579, 2014. <https://doi.org/10.1186/s12913-014-0579-0>. Acesso em: 28 dez. 2024.

Mingaleva, Z. A.; Vukovic, N. A. Development of engineering students competencies based on cognitive technologies in conditions of Industry 4.0. **International Journal of Cognitive Research in Science, Engineering and Education**, v. 8, supl. 1, p. 93-101, 2020. <https://doi.org/10.23947/2334-8496-2020-8-SI-93-101>. Acesso em: 28 dez. 2024.



Nguyen, T. A. Competence-targeted education for BIM professionals: a case example of the Vietnamese construction industry. **Engineering Journal**, v. 25, n. 7, p. 147-156, 2021. <https://doi.org/10.4186/ej.2021.25.7.147>. Acesso em: 28 dez. 2024.

Nugroho, O. F.; Permanasari, A.; Firman, H.; Riandi, R. The urgency of STEM education in Indonesia. **Jurnal Penelitian dan Pembelajaran IPA**, v. 7, n. 2, p. 179-192, 2021. <https://doi.org/10.30870/jppi.v7i2.5979>. Acesso em: 28 dez. 2024.

Piaget, Jean. **A epistemologia genética**. Tradução de Álvaro Cabral. São Paulo: Abril Cultural, 1975.

Piñol, T. C.; Porta, S. A.; Arévalo, M. C. R.; Minguella-Canela, J. Study of the training needs of industrial companies in the Barcelona area and proposal of training courses and methodologies to enhance further competitiveness. **Procedia Manufacturing**, v. 13, p. 1426-1431, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.159>. Acesso em: 28 dez. 2024.

Pinto, Janaina Antonino; Campos, Lílian Barros Pereira; Lima Jr., Orlando Fontes. Autoavaliação de competências transversais de estudantes de engenharia: um estudo comparativo entre Unifei e Unicamp. In: **ANAIS DO X FÓRUM STHM BRASIL**. São Paulo: STHM, 2024. p. 350-366. Disponível em: <https://www.sthembrasil.com/eventos/forum-2025/>. Acesso em: 07 abr. 2026

Pinto, R.; Žilka, M.; Zanolli, T.; Kolesnikov, M. V.; Gonçalves, G. Enabling professionals for Industry 5.0: the Self-Made Programme. **Procedia Computer Science**, v. 232, p. 2911-2920, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.02.107>. Acesso em: 28 dez. 2024.

Qostal, A.; Sellamy, K.; Sabri, Z.; Nouib, H.; Lakhrissi, Y.; Moumen, A. Perceived employability of Moroccan engineering students: a PLS-SEM approach. **International Journal of Instruction**, v. 17, n. 2, p. 431-450, 2024. <https://doi.org/10.29333/iji.2024.17215a>. Acesso em: 28 dez. 2024.

Rayyan. **Rayyan intelligent systematic review**. Software, 2024. Disponível em: <https://www.rayyan.ai/>. Acesso em: 28 dez. 2024.

Samuel, G.; Donovan, C.; Lee, J. University-industry teaching collaborations: a case study of the MSc in Structural Integrity co-produced by Brunel University London and The Welding Institute. **Studies in Higher Education**, v. 43, n. 6, p. 1026-1037, 2018. <https://doi.org/10.1080/03075079.2016.1199542>. Acesso em: 28 dez. 2024.

Sang, N. M.; Van Toan, N.; Van Dien, T. CDIO approach in developing effective learning skills of engineering and technology-profile students. **Perspektiv Nauki i Obrazovania**, v. 63, n. 6, p. 116-130, 2023. <https://doi.org/10.32744/pse.2023.6.7>. Acesso em: 28 dez. 2024.

Satpathy, S.; Dash, K. K.; Mohapatra, M. A study on the new design thinking for industrial revolution 4.0, requirements and graduate readiness. **Rupkatha Journal on Interdisciplinary Studies in Humanities**, v. 12, n. 4, p. 1-11, 2020. <https://doi.org/10.21659/rupkatha.v12n4.09>. Acesso em: 28 dez. 2024.

Saviani, Dermeval. **Educação: do senso comum à consciência filosófica**. 11. ed. São Paulo: Autores



Associados, 1996

Schleutker, K.; Caggiano, V.; Coluzzi, F.; Luján, J. L. P. Soft skills and European labour market: interviews with Finnish and Italian managers. **Journal of Educational, Cultural and Psychological Studies**, n. 19, p. 23-43, 2019. <https://doi.org/10.7358/ecps-2019-019-schl>. Acesso em: 28 dez. 2024.

Semenova, V. V.; Zelenyuk, A. N.; Savinov, Y. A. Human capital development: development of professional competencies through soft skills. **Revista Tempos e Espaços em Educação**, v. 14, n. 33, p. 1-15, 2021. <https://doi.org/10.20952/revtee.v14i33.15253>. Acesso em: 28 dez. 2024.

Shahzadi, S.; Iqbal, M.; Dagiuklas, T. Edu-cloud: on-the-fly employability skills as a service. **Computer Applications in Engineering Education**, v. 26, n. 5, p. 1727-1740, 2018. <https://doi.org/10.1002/cae.21886>. Acesso em: 28 dez. 2024.

Stalidis, G.; Kyriazidou, S. Job role description and skill matching in a robotic era. In: **International Conference on Human Interaction and Emerging Technologies (IHET)**, 2024, Lausanne, Switzerland. Proceedings [...]. Cham: Springer, 2024. p. 217-224. https://doi.org/10.1007/978-3-031-51038-0_21. Acesso em: 28 dez. 2024.

Teplická, K.; Kádárová, J.; Hurná, S. The new model of the engineering education using digitalization and innovative methods. **Management Systems in Production Engineering**, v. 30, n. 2, p. 174-179, 2022. <https://doi.org/10.2478/mspe-2022-0026>. Acesso em: 28 dez. 2024.

Torres, F.; Kopecká, E.; Garrido, N.; Pechová, H.; Silvestre, S.; Hrad, J.; Zeman, T. New tools to motivate STEM students towards early-career self-management. In: **SEFI 50th Annual Conference of the European Society for Engineering Education: Towards a new future in engineering education, new scenarios that European alliances of tech universities open up, 2022**, Barcelona. Proceedings [...]. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya, 2022. p. 2212-2215. <https://doi.org/10.5821/conference-9788412322262.1331>. Acesso em: 28 dez. 2024.

Torres, F.; Moura Santos, A.; Elías, A.; Teixeira, M. C.; Montemor, F. Tackling perception and deception in STEM: a critical thinking skill for early-career development. In: **SEFI 2022: 50th Annual Conference of the European Society for Engineering Education: Towards a new future in engineering education, new scenarios that European alliances of tech universities open up, 19-22 set. 2022**, Barcelona, Spain. Barcelona: European Society for Engineering Education (SEFI), 2022. p. 2216-2219. <https://doi.org/10.5821/conference-9788412322262.1332>. Acesso em: 28 dez. 2024.

Trevelyan, J. Transitioning to engineering practice. **European Journal of Engineering Education**, v. 45, n. 6, p. 699-719, 2019. <https://doi.org/10.1080/03043797.2019.1681631>. Acesso em: 28 dez. 2024.

Van Horne, C.; Rakedzon, T. Teamwork made in China: soft skill development with a side of friendship in the STEM classroom. **Education Sciences**, v. 14, n. 3, p. 248, 2024. <https://doi.org/10.3390/educsci14030248>. Acesso em: 28 dez. 2024.

VOSviewer. **Visualizing scientific landscapes**. Software, 2024. Disponível em: <https://www.vosviewer.com>.



com. Acesso em: 28 dez. 2024.

Wijesinghe, D. P. S.; Jayawardane, V. P. T. Employability skills required by entry-level engineers in Sri Lanka. **Engineer - Journal of the Institution of Engineers**, Sri Lanka, v. 56, n. 1, p. 35-42, 2023. <https://doi.org/10.4038/engineer.v56i1.7565>. Acesso em: 28 dez. 2024.

Wróblewska, D.; Okraszewska, R. Project-based learning as a method for interdisciplinary adaptation to climate change: Reda Valley case study. **Sustainability**, v. 12, n. 11, p. 4360, 2020. <https://doi.org/10.3390/su12114360>. Acesso em: 28 dez. 2024.

Xu, L.; Zhang, J. X.; Ding, Y. Y.; Sun, G. Z.; Zhang, W.; Philbin, S. P.; Guo, B. H. W. Assessing the impact of digital education and the role of the big data analytics course to enhance the skills and employability of engineering students. **Frontiers in Psychology**, v. 13, p. 974574, 2022. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.974574>. Acesso em: 28 dez. 2024.

Zotero. **Zotero reference management software**. Software, 2024. Disponível em: <https://www.zotero.org>. Acesso em: 28 dez. 2024.