ConBRepro
XVI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
EVENTO ON-LINE
02 a 04 de dezembro de 2026
Inovação e Transformação Digital como Estratégia Competitiva nas Engenharias

O Domínio da Inovação na Educação 4.0: relações com a Sustentabilidade no contexto da Indústria 4.0

Marcio José de Lima
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção – Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Brasil.
Vitor Hugo dos Santos Filho
Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Têxtil da Universidade Estadual de Maringá (UEM), Paraná, Brasil.
Claudia Tania Picinin
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (Brasil); Universidade de Aveiro (Portugal), Pesquisador da Unidade de Investigação GOVCOPP – Governança, Competitividade e Políticas Públicas CIS-GOVCOPP (Portugal).

Resumo: A Indústria 4.0 tem promovido transformações nos processos produtivos, tecnológicos e educacionais, contribuindo para o surgimento de novas demandas de competências e práticas no contexto da Educação 4.0. Nesse cenário, a inovação constitui um dos Domínios relevantes para compreender as inter-relações entre os avanços tecnológicos, os processos educacionais e a Sustentabilidade. Assim, este estudo tem como objetivo analisar como o Domínio da Inovação tem sido abordado na produção científica sobre Indústria 4.0 e Educação 4.0, identificando suas inter-relações com a Sustentabilidade, bem como oportunidades, desafios e lacunas de pesquisa. Metodologicamente, foi realizada uma revisão da literatura utilizando a *Methodi Ordinatio*. A análise considerou inicialmente a produção científica relacionada à Educação 4.0 e, posteriormente, aprofundou-se a investigação dos estudos associados ao Domínio da Inovação e às suas conexões com a Sustentabilidade. Os resultados evidenciam que a inovação constitui um eixo central da Educação 4.0, associando-se à incorporação de novas tecnologias, metodologias e práticas educacionais. Entretanto, a integração da Sustentabilidade nesse domínio ainda ocorre de forma desigual. Os achados demonstram a necessidade de fortalecer a articulação entre inovação, Educação 4.0 e Sustentabilidade, ampliando sua abordagem para além da dimensão tecnológica e contribuindo para práticas educacionais alinhadas aos desafios do desenvolvimento sustentável.

Palavras-chave: Educação 4.0; Indústria 4.0; Inovação; Sustentabilidade; Engenharia de Produção.

The Innovation Domain in Education 4.0: Relationships with Sustainability in the Context of Industry 4.0

Abstract: Industry 4.0 has been driving transformations in production, technological, and educational processes, contributing to the emergence of new demands for competencies and practices in the context of Education 4.0. In this scenario, innovation constitutes one of the relevant Domains for understanding the interrelationships among technological advances, educational processes, and Sustainability. Therefore, this study aims to analyze how the Innovation Domain has been addressed in the scientific literature on Industry 4.0 and Education 4.0, identifying its interrelationships with Sustainability, as well as research opportunities, challenges, and gaps.

Methodologically, a literature review was conducted using the *Methodi Ordinatio* methodology. The analysis initially considered scientific production related to Education 4.0 and subsequently focused on studies associated with the Innovation Domain and its connections with Sustainability. The results indicate that innovation constitutes a central axis of Education 4.0, associated with the incorporation of new technologies, methodologies, and educational practices. However, the integration of Sustainability within this Domain remains uneven. The findings demonstrate the need to strengthen the articulation among innovation, Education 4.0, and Sustainability, broadening the approach beyond the technological dimension and contributing to educational practices aligned with the challenges of sustainable development.

Keywords: Education 4.0; Industry 4.0; Innovation; Engineering; Sustainability.

1. Introdução

A crescente complexidade dos desafios ambientais, sociais, tecnológicos e econômicos evidencia a necessidade de incorporar a Sustentabilidade aos processos de formação profissional (Mukul; Büyüközkan, 2023). Nesse contexto, a transformação promovida pela Indústria 4.0 amplia as demandas por profissionais capazes de integrar inovação, tecnologias emergentes, competências humanas e princípios de desenvolvimento sustentável (Sharma *et al.*, 2025).

A Educação 4.0 emerge, nesse cenário, como uma perspectiva capaz de responder às novas demandas de formação, ao aproximar processos educacionais, inovação tecnológica e desenvolvimento de competências (Mukul; Büyüközkan, 2023; Sharma *et al.*, 2025). Entretanto, permanece relevante compreender de que maneira a Sustentabilidade tem sido incorporada a essas discussões, especialmente no Domínio da Inovação, considerando seu potencial para promover transformações tecnológicas e organizacionais alinhadas às demandas sociais e ambientais contemporâneas.

Diante do exposto, este estudo busca responder a seguinte pergunta de pesquisa: como o Domínio da Inovação é abordado na produção científica sobre Indústria 4.0 e Educação 4.0 sob a perspectiva da Sustentabilidade?

O objetivo geral deste estudo é analisar como o Domínio da Inovação é abordado na produção científica sobre Indústria 4.0 e Educação 4.0 sob a perspectiva da Sustentabilidade.

A relevância acadêmica, social e para o mercado de trabalho deste estudo reside na necessidade da investigação acadêmica sobre os direcionamentos da formação educacional das transformações decorrentes da Indústria 4.0 e da Transformação Digital. Nesse contexto, as instituições educacionais desempenham papel estratégico na preparação de profissionais e cidadãos capazes de responder às mudanças sociotécnicas, articulando conhecimentos tecnológicos a competências criativas, críticas, colaborativas e inovadoras. Estudos selecionados na literatura evidenciam a importância da inovação nas práticas educacionais, na incorporação de tecnologias e na adequação da formação às novas demandas profissionais (Chigbu; Ngwevu; Jojo, 2023; Gutiérrez-Martínez *et al*., 2021; Janamala *et al.*, 2025; López *et al.*, 2021).

Assim, investigar o Domínio da Inovação contribui para compreender como a Educação 4.0 pode fortalecer a formação humana e profissional diante das transformações tecnológicas, articulando inovação e Sustentabilidade para além de uma perspectiva exclusivamente tecnológica.

2. Referencial Teórico

2.1 Indústria 4.0

O conceito de Indústria 4.0 foi introduzido na Alemanha no ano de 2011 na feira de Hannover. Nos Estados Unidos, seu equivalente, é conhecido como Manufatura Inteligente ou Internet Industrial. Com esse fato histórico, inaugura-se um período de uma nova Revolução que impacta a sociedade de forma geral, denominada de Quarta Revolução Industrial.

Essa nova Indústria apresenta tecnologias inteligentes que integram homens e máquinas, por meio da convergência de tecnologias avançadas, como sistemas ciberfísicos, Internet das Coisas, automação de máquinas, Inteligência Artificial entre outras (Hariharasudan; Kot, 2018; Terkowsky; Frye; May, 2019). Some-se às tecnologias, a consciência da necessidade de um Desenvolvimento Sustentável, por meio da Sustentabilidade, que já advém da Terceira Revolução, que visa a uma produção de bens e serviços que levem em consideração o desenvolvimento econômico, social e ambiental, em um ambiente de paz e de parcerias (Agenda 2030, 2025; Piga; Mansano; Mostage, 2018).

2.2 Educação 4.0

Educação 4.0 surge da necessidade da preparação para a sociedade em Transformação Digital, com as tecnologias advindas da Quarta Revolução Industrial, que traz em seu cerne os desafios tecnológicos, sociais, econômicos e ambientais do Século XXI, que abre espaço para participação ativa de estudantes, e os professores assumem o papel de orientadores do processo de ensino-aprendizagem, além de enfrentarem uma realidade de constante necessidade de aperfeiçoamento e/ou aprendizagem (Alakrash; Razak, 2022).

2.3 Sustentabilidade

O conceito de Sustentabilidade vem se desenhando ao longo de muitos anos. Todavia, em 1987 ele se consolida no Relatório de Brundtland, que prevê a necessidade de um desenvolvimento que explore os recursos naturais de forma que seja garantido no presente e para as futuras gerações (Japiassú; Guerra, 2017; Piga; Mansano; Mostage, 2018).

Seu conceito em 2015, por meio dos ODS (Objetivos de Desenvolvimento Sustentável) é contemplado de forma mais abrangente, em que 17 objetivos são propostos e aprovados por 193 países, com base em 5Ps, que envolvem: pessoas, planeta, prosperidade, paz e parcerias (Agenda 2030, 2025; IBGE, 2025). Sendo eles, conforme figura 01:

Figura 1 - Os 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030 da ONU



Fonte: (“Sustainable Development Goals Initiative,” 2023)

2.4 Domínio da Inovação e a Inovação

A inovação pode produzir transformações que ultrapassam a introdução de novos produtos ou processos, alterando estruturas, modelos e práticas consolidadas. Na perspectiva de Schumpeter, a destruição criativa caracteriza o processo pelo qual novas combinações e inovações substituem formas existentes de produção e organização, provocando transformações econômicas e institucionais. No campo educacional, essa perspectiva pode ser associada à transformação de modelos tradicionais de ensino, gestão e práticas pedagógicas, especialmente diante da incorporação de tecnologias. (De Andrade Rodrigues *et al*., 2021) destacam, nesse contexto, a necessidade de formação continuada dos professores e do desenvolvimento de competências para lidar com as mudanças tecnológicas.

Embora relacionada à transformação dos modelos estabelecidos, a inovação disruptiva, conforme a formulação de Christensen e a revisão apresentada por Konno (2026), possui características específicas. Ela ocorre quando uma inovação inicialmente direcionada a segmentos menos atendidos ou a novos mercados apresenta uma proposta de valor distinta daquela predominante no mercado principal, podendo posteriormente alcançar níveis de desempenho capazes de atender aos seus usuários tradicionais. A literatura também ressalta que o conceito apresenta controvérsias quanto à sua definição, aplicação e capacidade preditiva, exigindo cautela em seu emprego analítico (Konno, 2026).

No contexto da Educação 4.0, esses conceitos permitem compreender diferentes formas pelas quais a inovação pode modificar práticas, processos e modelos educacionais, de maneira contínua. Enquanto a destruição criativa enfatiza a substituição e transformação de estruturas existentes, a inovação disruptiva focaliza mudanças nas propostas de valor e nos mercados ou segmentos atendidos.

Ambas as perspectivas contribuem, portanto, para analisar as transformações educacionais associadas à Indústria 4.0, sem pressupor que toda inovação tecnológica constitua necessariamente uma inovação disruptiva.

No conceito dos domínios, a inovação fica limitada à criação de algo novo, mas a consciência da necessidade da inovação contínua, pedindo ao estudante competências ligadas à proatividade, a busca pela disrupção e adaptação à mudança (Turcato *et al.,* 2024).

3. Metodologia

3.1 *Methodi Ordinatio* e a Análise qualitativa

Para a seleção e ordenação do corpus documental, utilizou-se o *Methodi Ordinatio* (Pagani *et al.*, 2023; Pagani; Kovaleski; Resende, 2017), considerando fator de impacto, número de citações e ano de publicação. A busca foi realizada na base *Scopus*, em 6 de junho de 2025, sem restrição de idioma ou período de publicação, utilizando os termos “INDUSTR* 4.0” AND “EDUCATIO* 4.0”.

Foram inicialmente identificados 101 artigos. Após a aplicação do *Methodi Ordinatio* restou 98 artigos com pontuação positiva. Esses 98 estudos foram submetidos à leitura dos textos completos, e a partir desse conjunto, foram classificados segundo os Domínios propostos por Turcato *et al.* (2024). Após a análise de alinhamento temático e disponibilidade dos textos, restaram 95 artigos que compuseram o *portfólio* final (excluídos 2 artigos fora do escopo e 1 por não estar acessível em sua integralidade).

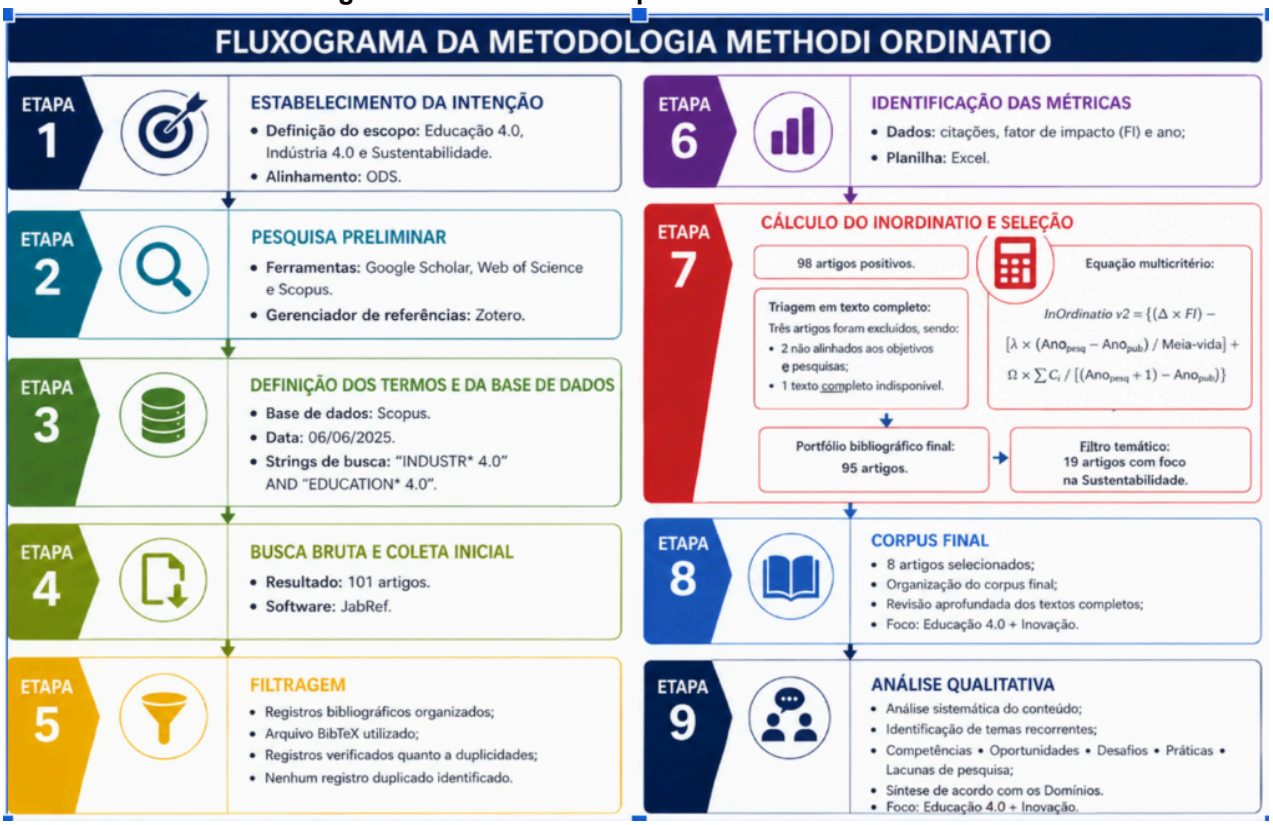
Logo após, esses artigos foram relacionados à Sustentabilidade, resultando em um total de 19 artigos.

Para o presente estudo, foi selecionado especificamente o Domínio da Inovação, que compreendeu 8 artigos, os quais apresentaram relação substantiva com a Sustentabilidade, correspondendo a 40% do total de estudos classificados nesse Domínio, quando as palavras-chave correspondiam somente à Indústria 4.0 e Educação 4.0. Um estudo foi considerado relacionado à Sustentabilidade quando apresentava, no objetivo, resultados e discussão, relação explícita ou conceitualmente identificável com pelo menos uma das dimensões ambiental, social ou econômica do desenvolvimento sustentável, ou princípios intrínsecos da sustentabilidade.

Os oito estudos constituíram o *corpus* da análise qualitativa, realizada com o objetivo de identificar como a Sustentabilidade é abordada no contexto da inovação relacionada à Educação 4.0.

As etapas do procedimento metodológico são apresentadas na Figura 2.

Figura 2 - Síntese das etapas do *Methodi Ordinatio*



3.2 Classificação dos Artigos de acordo com os Domínios

A análise qualitativa do *corpus* selecionado seguiu o estudo de Turcato *et al.* (2024), fundamentado nos estudos de (Blayone; VanOostveen, 2021; Jerman *et al.*, 2020), que mapearam as habilidades técnicas e interpessoais necessárias para que os profissionais se adaptem e progridam no contexto de evolução da Indústria 4.0. Essas habilidades são organizadas em competências e/ou capacidades relacionadas às modernas técnicas de ensino-aprendizagem denominadas Educação 4.0.

Essa classificação dos Domínios, adaptada da Indústria 4.0 para a Educação 4.0, abrange os seguintes Domínios: Técnico, Flexibilidade, Interagência, *Soft Skills*, Inovação, Tecnologia da Informação e Outros. A classificação busca estabelecer relações com a

temática da Sustentabilidade, caracterizada por seu caráter multidisciplinar e interdisciplinar e que pode estar associada aos diferentes Domínios apresentados.

Domínio Técnico: vai além do conhecimento e da aplicação de ferramentas e processos específicos.
Domínio de Flexibilidade: engloba a capacidade de adaptação rápida a novas situações, desafios e tecnologias.
Domínio de Interagência: refere-se à habilidade de colaborar e se comunicar eficazmente com sistemas inteligentes e automatizados, bem como com outros seres humanos.
Domínio Comportamental e *Subjective Skills* (*Soft Skills*): à medida que as tarefas rotineiras são cada vez mais automatizadas, as *soft skills* distinguem o ser humano e agregam valor insubstituível, envolvendo habilidades socioemocionais e comportamentais necessárias à adaptação a um contexto de constante transformação digital e social.
Domínio de Inovação: não se limita à adoção ou criação de algo novo, mas envolve o desenvolvimento e a promoção de uma mentalidade inovadora contínua, caracterizada pela proatividade, disrupção e adaptação à mudança.
Domínio de Tecnologia da Informação: promove a capacitação para o uso efetivo das tecnologias de informação e comunicação, visando à melhoria do desempenho, da eficiência e da inovação.
Outros: abrange os estudos que não se enquadram nos demais Domínios, sendo designado, neste trabalho, como uma categoria de maior abrangência, em razão de seu caráter mais holístico.
Dessa forma, como já citado anteriormente, embora os Domínios tenham sido descritos, o Domínio escolhido para este estudo foi o da Inovação e a sua inter-relação com a Educação 4.0 e a Sustentabilidade e a sua maneira, muitas vezes, disruptivas de integrar a formação das Competências necessárias a uma sociedade em transformação que demandará uma preparação para a vida toda.

4. Resultados e Discussões

A Tabela 1 apresenta a distribuição dos 95 artigos que compuseram o *portfólio* final, classificados segundo os Domínios propostos por Turcato *et al.* (2024). Esse resultado evidencia a relevância da inovação nas discussões sobre Educação 4.0 e indica a necessidade de aprofundar sua relação com a formação profissional. Em um contexto marcado pela transformação tecnológica, a formação de engenheiros requer não apenas o domínio de novas tecnologias e processos, mas também o desenvolvimento de competências capazes de integrar inovação e princípios de Sustentabilidade, considerando os impactos ambientais, sociais e econômicos das soluções desenvolvidas (Agenda 2030, 2025; Japiassú; Guerra, 2017).

Nesse sentido, a inovação pode assumir papel relevante tanto na formação profissional quanto na prática cotidiana relacionada à produção e ao consumo de bens e serviços. Sua articulação com a Sustentabilidade implica considerar, de forma integrada, a responsabilidade ambiental, o bem-estar social e a busca por um desenvolvimento econômico mais equitativo, contribuindo para soluções capazes de atender às necessidades das gerações presentes sem comprometer as futuras.

Tabela 1 - Artigos por Domínios em relação à Sustentabilidade

Domínios	Quantidade de artigos classificados	Artigos que tratam de Sustentabilidade	% que trata de Sustentabilidade
Domínio técnico	19	2	10,53%

Domínio de flexibilidade	2	0	0,00%
Domínio de interagência	4	3	75,00%
Domínio Comportamental e Subjective Skills (“*soft skills*”)	20	2	10,00%
Domínio de Inovação	20	8	40,00%
Domínio de Tecnologia da Informação	26	2	7,69%
Outros	4	2	50,00%
Total	**95**	**19**	**20,00%**

Fonte: Os Autores.

4.1 Indústria 4.0, Educação 4.0 e Sustentabilidade: competências no Domínio de Inovação

A análise desses estudos evidencia que a Educação 4.0 pode contribuir para uma formação profissional orientada à inovação, à resolução de problemas reais e ao desenvolvimento de competências necessárias para enfrentar os desafios sociais, tecnológicos e ambientais associados à Indústria 4.0.

O Quadro 1 apresenta o resultado do *Methodi Ordinatio* que ranqueou os artigos que se relacionam com a Educação 4.0 e Indústria 4.0, recuperados na base de dados Scopus, usando-se os critérios apresentados na Metodologia, Seção 3.1.

Quadro 1 - Artigos classificados e selecionados de acordo com a *Methodi Ordinatio* - Educação 4.0 x Inovação x Sustentabilidade

Ranking	**Autores**	**Artigo**	***Journal***	**FI**	**Ci**	***InOrdinatio***
7	(Chigbu; Ngwevu; Jojo, 2023)	*The effectiveness of innovative pedagogy in the industry 4.0: Educational ecosystem perspective*	*Social Sciences and Humanities Open*	4,2	75	289,36842
21	(López *et al*., 2021)	*Design framework based on tec21 educational model and education 4.0 implemented in a capstone project: A case study of an electric vehicle suspension system*	*Sustainability (Switzerland)*	6,8	64	190,73684

26	(Gutiérrez-Martínez *et al.*, 2021)	*A challenge-based learning experience in industrial engineering in the framework of education 4.0*	*Sustainability (Switzerland)*	6,8	45	152,73684
27	(Gonzales *et al.*, 2022)	*Fermatean Fuzzy DEMATEL and MMDE Algorithm for Modelling the Barriers of Implementing Education 4.0: Insights from the Philippines*	*Applied Sciences (Switzerland)*	6,3	40	149,05263
32	(Huk, 2021)	*From Education 1.0 to Education 4.0 – Challenges for the Contemporary School*	*New Educational Review*	0,7	62	125,73684
94	(Fonseca I Casas, 2025)	*Decoupling Learning from Time and Space. Towards the Implementation of the Ubiquitous Class Using Industry 4.0 Main Levers*	*Technology, Knowledge and Learning*	0	0	0,000000067
96	(Janamala *et al.*, 2025)	*Transformative impact of electrical engineering on society, education, academia, and industry: a brief review*	*Electrical Engineering*	0	0	0,000000061
97	(Kumar, 2025)	*Education 4.0: Transforming*	*Higher Education for the Future*	0	0	0,000000008

		Learning for the Fourth Industrial Revolution				

Fonte: Os Autores.

A Tabela 2 apresenta um resumo das contribuições do Domńio da inovação nos ambientes da Educação 4.0 pelo viés da sustentabilidade a partir do *corpus* selecionado, conforme o Quadro 1.

Tabela 2 – Síntese das contribuições dos estudos para a articulação entre inovação, Educação 4.0 e Sustentabilidade

Autores	Foco principal	Contribuições para inovação sustentável na Educação 4.0
Chigbu *et al.* (2023)	Transição da educação tradicional para a Educação 4.0; metodologias pedagógicas inovadoras; aprendizagem híbrida; centralidade do estudante e participação dos *stakeholders*.	Evidenciam a inovação pedagógica como elemento estruturante de uma Educação 4.0 sustentável, baseada em inclusão, resiliência, adaptação, autonomia e colaboração, em consonância com o ODS 4.
López *et al.* (2021)	Modelo pedagógico TEC21 e projeto *Capstone* multidisciplinar para estudantes de engenharia, envolvendo sistema de suspensão para veículos elétricos em parceria com a indústria.	Integram aprendizagem baseada em problemas, indústria, inovação, liderança e empreendedorismo a um projeto de mobilidade elétrica, aproximando a formação em engenharia de desafios concretos do desenvolvimento sustentável.
Gutiérrez-Martínez *et al.* (2021)	*Challenge-Based Learning* (CBL) no ensino de Engenharia Industrial, com ferramentas digitais e Internet das Coisas (IoT).	Demonstram como metodologias ativas e tecnologias digitais podem desenvolver autonomia, colaboração e capacidade de análise de sistemas complexos, competências relevantes para a inovação orientada à Sustentabilidade.
Gonzales *et al.* (2022)	Barreiras à implementação da Educação 4.0 em instituições de ensino superior de países em desenvolvimento.	Evidenciam que a inovação sustentável depende de infraestrutura, recursos, capacitação docente, competências e inclusão digital, mostrando que a adoção tecnológica isolada não garante uma Educação 4.0 sustentável.
Huk (2021)	Evolução dos paradigmas educacionais e incorporação de IoT, computação em nuvem, Big Data, realidade aumentada, robótica e integração de sistemas.	Contribui para compreender a transformação tecnológica da educação e a necessidade de preparar professores e estudantes para mudanças contínuas, relacionando Sustentabilidade à capacidade de adaptação e continuidade do sistema educacional.
Fonseca I Casas (2025)	Conceito de classe ubíqua utilizando Gêmeo Digital, Inteligência Artificial e Realidade Virtual.	Amplia o acesso e a flexibilidade da aprendizagem, favorecendo personalização, experimentação e simulação, além da otimização de recursos e redução de barreiras geográficas, com potencial para a formação de engenheiros inovadores.

Janamala *et al.* (2025)	Transformações da Engenharia Elétrica e sua relação com tecnologias emergentes, infraestruturas inteligentes, sistemas de energia e soluções sustentáveis.	Reforça a integração entre tecnologia, formação em engenharia, inovação e ODS, especialmente ODS 4 e ODS 7, oferecendo fundamentos para uma formação orientada à criação de soluções sustentáveis.
Kumar (2025)	Atributos, desafios e incentivos para a transição à Educação 4.0; aprendizagem personalizada, STEM, interdisciplinaridade, indústria-academia e desenvolvimento de competências.	Apresenta a Sustentabilidade como dimensão transversal, articulando inclusão, equidade, aprendizagem ao longo da vida, ética, STEM e tecnologias emergentes para enfrentar desafios ambientais e sociais.

Fonte: Os Autores.

4.2 Síntese interpretativa

Os resultados evidenciam que a Inovação, no contexto da Educação 4.0, está associada não apenas à incorporação de tecnologias emergentes, mas também à adoção de metodologias ativas, aprendizagem baseada em problemas e desafios, interdisciplinaridade, colaboração entre instituições de ensino e setor produtivo e desenvolvimento de competências necessárias à atuação profissional em contextos de transformação tecnológica. A Sustentabilidade, entretanto, apresenta-se com diferentes níveis de explicitude nos estudos analisados, aparecendo tanto como elemento diretamente relacionado às propostas educacionais quanto de forma transversal, vinculada à inclusão, à eficiência, à adaptação, à responsabilidade social e à busca por soluções para problemas contemporâneos.

No contexto da formação profissional, os achados indicam que a Educação 4.0 pode constituir um importante espaço de articulação entre inovação, transformação tecnológica e desenvolvimento sustentável. Essa perspectiva assume especial relevância para a Engenharia de Produção, considerando a atuação desse profissional na integração de pessoas, processos, tecnologias e sistemas produtivos. Assim, a formação do engenheiro pode ser ampliada para além do domínio técnico e da eficiência operacional, incorporando competências relacionadas à inovação sustentável e à capacidade de avaliar os impactos sociais, ambientais e econômicos das soluções desenvolvidas.

A análise também permitiu identificar oportunidades e desafios para uma Educação 4.0 orientada à Sustentabilidade. Entre as oportunidades, destacam-se a aproximação entre teoria e prática, a aprendizagem centrada no estudante, a interdisciplinaridade, a integração com o setor produtivo e o uso de tecnologias digitais para apoiar processos de inovação. Entre os desafios, destacam-se as limitações de infraestrutura, os custos de implementação, as lacunas de competências e a necessidade de preparação dos docentes e de revisão dos currículos para acompanhar as transformações da Indústria 4.0.

A análise também sugere que a Sustentabilidade pode atuar como uma dimensão transversal da inovação, não necessariamente constituindo o foco explícito dos estudos. Essa interpretação ajuda a explicar por que algumas pesquisas classificadas no Domínio da Inovação apresentam contribuições relacionadas à Sustentabilidade, mesmo quando esse conceito não constitui o objetivo central da investigação.

Os resultados sugerem, portanto, a necessidade de fortalecer uma concepção de inovação que não esteja restrita à adoção de novas tecnologias, mas que considere sua contribuição para soluções socialmente responsáveis, ambientalmente adequadas e economicamente viáveis.

5. Considerações Finais

Este estudo teve como objetivo analisar como o Domínio da Inovação é abordado na produção científica sobre Indústria 4.0 e Educação 4.0 sob a perspectiva da Sustentabilidade. A partir do *Methodi Ordinatio*, foram identificados 101 artigos inicialmente, dos quais 95 compuseram o portfólio final. Nesse conjunto, 20 artigos foram classificados no Domínio da Inovação, sendo 8 relacionados de forma substantiva à Sustentabilidade, correspondendo a 40%. Não sendo considerada nesta análise os 11 Artigos relativos aos demais domínios, por não serem o foco da análise em questão.

A análise dos estudos evidencia que a inovação na Educação 4.0 não se restringe à adoção de tecnologias emergentes. As contribuições identificadas apontam para uma articulação entre inovação pedagógica, tecnologias digitais, metodologias ativas, integração entre instituições de ensino e setor produtivo, desenvolvimento de competências e inclusão. Nessa perspectiva, a inovação pode contribuir para a Sustentabilidade quando as tecnologias e práticas educacionais são orientadas à resolução de problemas reais e às demandas sociais e ambientais.

Como contribuição, o estudo reforça a importância de discutir uma Educação 4.0 para a Sustentabilidade, de modo que a inovação seja compreendida como competência associada à transformação tecnológica e, simultaneamente, ao compromisso com o desenvolvimento sustentável.

Como limitação, destaca-se que o presente estudo concentrou-se especificamente no Domínio da Inovação. Pesquisas futuras poderão ampliar a análise para os demais Domínios e investigar como competências de inovação sustentável podem ser incorporadas aos currículos e às práticas pedagógicas da Educação 4.0, particularmente na formação de engenheiros.

Referências

AGENDA 2030. MOVIMENTO ODS. Disponível em: <https://movimentoods.org.br/agenda-2030/>. Acesso em: 5 ago. 2025.

ALAKRASH, Hussien Mohamad; RAZAK, Norizan Abdul. Education and the fourth industrial revolution: Lessons from COVID-19. Computers, Materials & Continua, v. 70, n. 1, 2022.

BLAYONE, Todd J. B.; VANOOSTVEEN, Roland. Prepared for work in Industry 4.0? Modelling the target activity system and five dimensions of worker readiness. International Journal of Computer Integrated Manufacturing, v. 34, n. 1, p. 1–19, 2 jan. 2021.

CHIGBU, Bianca Ifeoma; NGWEVU, Viwe; JOJO, Avela. The effectiveness of innovative pedagogy in the industry 4.0: Educational ecosystem perspective. Social Sciences & Humanities Open, v. 7, n. 1, p. 100419, 1 jan. 2023.

DE ANDRADE RODRIGUES, Carla Fonseca *et al.* Destruição Criativa na Educação Brasileira segundo a perspectiva de Schumpeter. Educação Contemporânea-Volume 17 Reflexões, v. 17, p. 29, 2021.

FONSECA I CASAS, Pau. Decoupling Learning from Time and Space. Towards the Implementation of the Ubiquitous Class Using Industry 4.0 Main Levers. Technology, Knowledge and Learning, 11 abr. 2025.

GONZALES, Gamaliel *et al.* Fermatean fuzzy DEMATEL and MMDE algorithm for modelling the barriers of implementing education 4.0: insights from the Philippines. Applied Sciences, v. 12, n. 2, p. 689, 2022.

GUTIÉRREZ-MARTÍNEZ, Yadira *et al.* A Challenge-Based Learning Experience in Industrial Engineering in the Framework of Education 4.0. Sustainability, v. 13, n. 17, p. 9867, 2 set. 2021.

HARIHARASUDAN, A.; KOT, Sebastian. A Scoping Review on Digital English and Education 4.0 for Industry 4.0. Social Sciences, v. 7, n. 11, p. 227, nov. 2018.

HUK, Tomasz. From education 1.0 to education 4.0-challenges for the contemporary school. The New Educational Review, v. 66, p. 36–46, 2021.

JANAMALA, Varaprasad *et al.* Transformative impact of electrical engineering on society, education, academia, and industry: a brief review. Electrical Engineering, 8 abr. 2025.

JAPIASSÚ, Carlos Eduardo; GUERRA, Isabella Franco. 30 anos do relatório Brundtland: nosso futuro comum e o desenvolvimento sustentável como diretriz constitucional brasileira. Revista de Direito da Cidade, v. 9, n. 4, p. 1884–1901, 2017.

JERMAN, Andrej *et al.* Conceptual Key Competency Model for Smart Factories in Production Processes. Organizacija, v. 53, n. 1, p. 68–79, 1 fev. 2020.

KONNO, Yoshinori. A Literature Review of Disruptive Innovation Theory. The Research Institute for Innovation Management, HOSEI UNIVERSITY, n. 285, 8 jun. 2026.

KUMAR, Shailendra. Education 4.0: Transforming Learning for the Fourth Industrial Revolution. Higher Education for the Future, v. 12, n. 2, p. 144–162, jul. 2025.

LÓPEZ, Hugo A. *et al.* Design Framework Based on TEC21 Educational Model and Education 4.0 Implemented in a Capstone Project: A Case Study of an Electric Vehicle Suspension System. Sustainability, v. 13, n. 11, p. 5768, 21 maio 2021.

MUKUL, Esin; BÜYÜKÖZKAN, Gülçin. Digital transformation in education: A systematic review of education 4.0. Technological forecasting and social change, v. 194, p. 122664, 2023.

PAGANI, Regina Negri *et al.* Methodi Ordinatio 2.0: revisited under statistical estimation, and presenting FInder and RankIn. Quality and Quantity, v. 57, n. 5, p. 4563–4602, 2023.

PAGANI, Regina Negri; KOVALESKI, João Luiz; RESENDE, LMM de. Avanços na composição da Methodi Ordinatio para revisão sistemática de literatura. Ciência da Informação, v. 46, n. 2, p. 161–187, 2017.

PIGA, Talita Ravagnã; MANSANO, Sonia Regina Vargas; MOSTAGE, Nicole Cerci. Ascensão e declínio da Agenda 21: uma análise política. Perspectivas Contemporâneas, v. 13, n. 3, p. 74–92, 2018.

SHARMA, Yogesh *et al.* Role of education 4.0 in innovative curriculum practices and digital literacy– A bibliometric approach. E-Learning and Digital Media, v. 22, n. 1, p. 1–32, jan. 2025.

TERKOWSKY, Claudius; FRYE, Silke; MAY, Dominik. Online engineering education for manufacturing technology: Is a remote experiment a suitable tool to teach competences for “Working 4.0”? European Journal of Education, v. 54, n. 4, p. 577–590, dez. 2019.

TURCATO, Cristina Rodrigues Piazer *et al.* Adapting to industry 4.0 in France: essential competencies for a future-ready workforce. Administrative Sciences, v. 14, n. 12, p. 322, 2024.