

## ECONOMIA CIRCULAR NO ENSINO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO: ALINHANDO A FORMAÇÃO ACADÊMICA ÀS DEMANDAS DO MERCADO

Jeffson Veríssimo de Oliveira<sup>1</sup>  
Bruno de Souza Campos Lopes<sup>2</sup>

**RESUMO:** A ascensão da Economia Circular no setor produtivo tem gerado uma busca por profissionais que dominem conhecimentos em sustentabilidade e circularidade operacional. Este artigo propõe caminhos para integrar tais temáticas à formação do engenheiro de produção brasileiro. Por meio de uma consulta estruturada (método Delphi) com acadêmicos e gestores de curso, identificaram-se as disciplinas com maior potencial de aderência ao tema, com destaque para a Gestão da Produção. Os resultados reforçam que a qualidade formativa depende de uma visão integradora por parte dos professores e de uma maior proximidade entre o ambiente universitário e as demandas reais das empresas.

**Palavras-chave:** Economia Circular. Educação em engenharia. Engenharia de produção. Ensino. Formação profissional.

**ABSTRACT:** The rise of the circular economy in the manufacturing sector has created demand for professionals with expertise in sustainability and operational circularity. This article proposes ways to integrate these themes into the training of Brazilian production engineers. Through a structured consultation (Delphi method) with academics and course managers, the subjects most likely to align with the theme were identified, with particular emphasis on Production Management. The results reinforce the view that the quality of training depends on an integrative approach by lecturers and closer alignment between the university environment and the real demands of businesses.

**Keywords:** Circular Economy. Engineering education. Production engineering. Teaching. Professional training.

**RESUMEN:** El auge de la economía circular en el sector productivo ha generado una demanda de profesionales que dominen los conocimientos sobre sostenibilidad y circularidad operativa. Este artículo propone vías para integrar estas temáticas en la formación del ingeniero de producción brasileño. Mediante una consulta estructurada (método Delphi) con académicos y responsables de programas de estudio, se identificaron las disciplinas con mayor potencial para abordar el tema, entre ellas la gestión de la producción. Los resultados refuerzan la idea de que la calidad de la formación depende de una visión integradora por parte del profesorado y de una mayor proximidad entre el entorno universitario y las demandas reales de las empresas.

**Palabras clave:** Economía circular. Educación en ingeniería. Ingeniería de producción. Enseñanza. Formación profesional.

---

<sup>1</sup> Doutorando e mestre em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina(UFSC).

<sup>2</sup> Graduando em Engenharia de Produção. Universidade Federal de São Carlos (UFSCar).

## INTRODUÇÃO

A Engenharia de Produção consolida-se como um dos pilares da formação tecnológica no Brasil, figurando consistentemente entre as graduações com maior volume de ingressantes e alunos ativos. De acordo com os dados mais recentes do Censo da Educação Superior (Inep/MEC, 2024/2025), o curso ultrapassou a marca de 120.000 matrículas ativas, distribuídas entre mais de 950 cursos de Engenharia de Produção ou de Engenharia Industrial em operação no território nacional. Essa capilaridade reflete a versatilidade do profissional da área, cuja atuação é essencial para a eficiência sistêmica das organizações.

Segundo a Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO, 2025), a essência desta engenharia reside no “projeto, implantação, operação, melhoria e manutenção de sistemas produtivos integrados de bens e serviços, envolvendo recursos humanos, materiais, tecnologia, informação e energia”, seja na área industrial, comercial, de serviços ou de gestão (Pimenta *et al.*, 2025), de modo a avaliar os resultados desses sistemas e prover as condições necessárias para obter soluções técnicas e humanas para as organizações, a sociedade e o meio ambiente. Assim, o propósito da Engenharia de Produção é aplicar conhecimento multidisciplinar para resolver problemas complexos, aprimorando processos, sistemas e projetos (Tsoku, van Dyk; Maisiri, 2024; Li *et al.*, 2022).

Historicamente, a Engenharia de Produção sempre esteve mais associada à eficiência e à produtividade, desempenhando seu papel como disciplina voltada à otimização de sistemas e processos (Pimenta *et al.*, 2025). Por consequência, o ensino da área priorizou competências técnicas voltadas a modelos de produção estritamente lineares. Contudo, esse paradigma alicerçado na lógica de “extrair-fabricar-descartar” (*take-make-dispose*) tem sido questionado devido à sua insustentabilidade e aos impactos ambientais cumulativos (Nitkiewicz; Wojnarowska, 2021).

Nesse contexto, a EC emerge como uma alternativa estratégica para redefinir o conceito de crescimento econômico (Kirchherr *et al.*, 2017). A EC pode ser definida como um modelo regenerativo que visa manter produtos, componentes e materiais, e minimizar desperdícios por meio do fechamento de ciclos de materiais e de energia, preservando seu nível mais alto de utilidade e valor (Geissdoerfer *et al.*, 2017). Assim, apresenta-se como um modelo viável para substituir o sistema linear “pegar-produzir-consumir-descartar” adotado pelo modelo econômico atual (Vergani, 2024).

A proposta da EC fundamenta-se na dissociação do desenvolvimento do consumo de recursos finitos, priorizando o reaproveitamento máximo de produtos e materiais e a extensão

de seu ciclo de vida útil. Por isso, ganhou mais relevância e atenção global nas últimas décadas, estando frequentemente presente nas discussões acadêmicas e nas agendas governamentais e empresariais (Kirchherr; Piscicelli, 2019; Urbinati *et al.*, 2017).

Dada a relevância desse novo paradigma, este artigo discute como os conceitos de circularidade podem ser integrados à matriz curricular da Engenharia de Produção, visando capacitar futuros engenheiros para a implementação de modelos de negócios regenerativos. O trabalho está estruturado em cinco seções: após esta introdução, a segunda seção contextualiza a trajetória da Engenharia de Produção e o conceito de EC; a terceira detalha os procedimentos metodológicos; a quarta apresenta a proposta de inserção temática nos cursos; e, por fim, são apresentadas as considerações finais e sugestões para pesquisas futuras.

## ENGENHARIA DE PRODUÇÃO: TRAJETÓRIA E RELAÇÃO COM A ECONOMIA CIRCULAR

A trajetória da Engenharia de Produção (EP) no cenário brasileiro apresenta divergências históricas quanto à sua origem institucional; enquanto Leme (1983) defende que os primeiros passos da área ocorreram na Escola Politécnica da USP em 1958, surgindo como uma especialização da Engenharia Mecânica, Bittencourt *et al.* (2010) indicam que o primeiro curso autônomo foi estabelecido na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) apenas em 1968.

Independentemente do marco inicial, o crescimento da área é incontestável, com dados consolidados do Inep/MEC (2025) indicando a existência de mais de 950 cursos ativos, entre modalidades presenciais e a distância, que superam a marca de 120 mil discentes matriculados. Apesar dessa capilaridade, a integração de temas ambientais na formação do engenheiro ainda ocorre de maneira fragmentada, com grades curriculares que contemplam disciplinas isoladas de "Gestão Ambiental" ou "Ciências do Ambiente", mas que raramente conectam tais ementas de forma estratégica aos processos produtivos e à gestão de operações.

Nesse cenário, a EC surge como a ponte conceitual necessária para unir as demandas ambientais à eficiência operacional, fundamentando-se, segundo a Fundação Ellen MacArthur (EMF, 2025), em três pilares estratégicos: a preservação do capital natural por meio do controle de estoques finitos, a otimização da circulação de recursos para manter produtos em seu mais alto nível de utilidade e a promoção da eficácia sistêmica ao eliminar externalidades negativas desde a fase de projeto.

A relevância desse paradigma no debate acadêmico intensificou-se na última década, sendo apontada por Sehnem *et al.* (2019) como um tema central de pesquisa e por Lieder e Rachid

(2016) como a abordagem mais promissora para o desacoplamento entre o crescimento econômico e o consumo exaurível de recursos. Grande parte desse impulso deve-se à atuação da EMF (2025), que colabora com governos e academia para consolidar uma economia que seja, por definição, restaurativa e regenerativa. Ao contrário da lógica linear de simples mitigação de danos, a EC propõe uma mudança sistêmica que constrói resiliência a longo prazo, gerando valor econômico por meio de práticas como o compartilhamento, a manutenção preditiva, a remanufatura e a reciclagem de alto valor. Assim, ao incorporar esses conceitos, a Engenharia de Produção transita de um foco voltado à redução de impactos negativos para uma atuação protagonista na criação de sistemas que regeneram recursos e otimizam a produtividade global.

## METODOLOGIA

O presente trabalho constitui um recorte de uma investigação mais abrangente que analisa a convergência entre a sustentabilidade e o ensino da Engenharia de Produção. De forma específica, este artigo detalha estratégias para a integração da EC às matrizes curriculares, com foco nas disciplinas frequentemente mencionadas nos Projetos Pedagógicos de Curso (PPCs).

Para tanto, utilizou-se a técnica Delphi, em três rodadas, para coletar a opinião de especialistas sobre quais disciplinas dos cursos de Engenharia de Produção estão mais alinhadas à EC, de modo a possibilitar a incorporação de seus conceitos nelas. Os dados apresentados derivam da aplicação do método a uma amostra de 10 instituições de ensino superior. A base de evidências foi construída a partir da colaboração de 10 coordenadores de graduação e de 272 estudantes matriculados, cujas percepções permitiram estruturar as propostas de inclusão temática aqui discutidas.

Delphi é uma técnica para captar as opiniões de especialistas sobre temas complexos e abrangentes e facilitar a tomada de decisão por um grupo de especialistas (Marques; Freitas, 2018). Trata-se de um processo estruturado no qual os especialistas, mantendo o anonimato, por meio de várias rodadas, expressam sua opinião sobre assuntos sobre os quais há conhecimento incompleto. Essa técnica tem sido amplamente utilizada em estudos na área da educação, com objetivos e participantes semelhantes (Robertson *et al.*, 2000; Jordan, 2022; Marques; Freitas, 2018), o que corrobora sua efetividade na resolução da problemática de pesquisa proposta.

Desenvolvida na Rand Corporation na década de 1950, a técnica consiste na pesquisa de opinião de especialistas, com as seguintes características básicas: resposta anônima, iteração, feedback e resposta do grupo (Bouzon *et al.*, 2016). O método busca estabelecer um consenso entre especialistas sobre um tema específico, em que os especialistas são selecionados de acordo

com seu conhecimento, experiência, qualificação profissional e formação na área de pesquisa (Alawneh *et al.*, 2019).

Seguindo a descrição de Thao *et al.* (2022) e Alawneh *et al.* (2019), o método adotado foi dividido em três fases:

- Fase 1: A primeira fase foi caracterizada pela definição do objeto de estudo e dos objetivos pela equipe de pesquisa, seguida da seleção de especialistas. Assim, os especialistas foram consultados para identificar quais disciplinas, no âmbito dos cursos, eram mais aderentes à temática estudada.
- Fase 2: A segunda fase foi iniciada com o envio dos questionários aos especialistas que concordaram em participar no estudo. Após a primeira rodada de levantamento das disciplinas, as respostas foram recolhidas pela equipe de pesquisa, que as analisou. Após a análise dos resultados, um novo questionário foi elaborado, apresentando os resultados do primeiro, de modo que cada participante pudesse rever sua posição e compará-la às opiniões do grupo. Logo, nessa etapa, foi disponibilizado um quadro com a lista de disciplinas, e os especialistas foram consultados para selecionar, dentre as disciplinas apresentadas, aquelas em que julgavam mais viável abordar os conceitos de EC nos cursos de Engenharia de Produção.
- Fase 3: A terceira fase marcou o final do processo, na qual foram analisados os dados dos resultados obtidos. Nessa etapa, apresentaram-se os resultados da rodada anterior, a fim de chegar a um consenso sobre a incorporação dos conceitos de EC à matriz curricular dos cursos de Engenharia de Produção no Brasil.

Os resultados da rodada final foram revisados para aprimoramento e síntese da proposta final, que é apresentada a seguir, na seção de resultados.

#### 4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A Engenharia de Produção, frequentemente denominada Engenharia Industrial em contextos internacionais, como o norte-americano, apresenta particularidades regionais, embora suas áreas fundamentais guardem uma base global de semelhança. No Brasil, essa estrutura é sistematizada pela Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO, 2025) em dez domínios principais: engenharia de operações, cadeia de suprimentos, pesquisa operacional, qualidade, produto, organizacional, econômica, trabalho, sustentabilidade e educação. Partindo dessa classificação, a pesquisa utilizou o método Delphi para consultar 10

coordenadores e 272 acadêmicos de diferentes instituições, com o objetivo de identificar oportunidades para a inserção da EC nas grades curriculares.

Os resultados da metodologia apontaram, de forma unânime, cinco disciplinas estratégicas para a integração do tema. A jornada formativa inicia-se na disciplina de Introdução à Engenharia de Produção, geralmente oferecida no primeiro semestre. A proposta é que, já no contato inicial com a carreira, o estudante seja familiarizado com os conceitos de circularidade, apresentando-os como uma alternativa contemporânea e necessária ao modelo tradicional de fluxo linear. Essa introdução precoce é fundamental para que o futuro engenheiro desenvolva uma visão crítica sobre o ciclo de vida dos processos produtivos desde o início de sua trajetória acadêmica.

Dando continuidade a essa integração, a disciplina de Gestão Ambiental, ou correlatas como Ciências do Ambiente, deve atuar como um elo prático com a gestão de operações. A sugestão é alinhar as ementas para que ferramentas tradicionais, como a Produção mais Limpa (P+L) e a Avaliação de Ciclo de Vida (ACV), sejam ensinadas sob a ótica da EC. Dessa forma, o aluno compreende como as questões ambientais e operacionais se fundem na prática da engenharia, utilizando exemplos reais para visualizar a aplicação de sistemas de gestão que priorizam a regeneração de recursos em vez de apenas mitigar danos.

6

No campo da Engenharia do Produto, a relação com a circularidade torna-se ainda mais estreita, pois é na fase de projeto que as mudanças estruturais ocorrem. Nesta disciplina, o foco recai sobre o desenvolvimento de competências em *ecodesign*, modularidade e *Design for Disassembly* (DfD). Ao explorar temas como o reuso de materiais e a intercambialidade de componentes, a disciplina capacita o engenheiro a planejar produtos que facilitem a manutenção e a reciclagem. Complementarmente, na disciplina de Administração e Operação de Serviços, a EC é abordada como estratégia de otimização, promovendo modelos onde a utilidade e o rendimento dos recursos são mantidos em níveis elevados tanto em ciclos técnicos quanto biológicos.

A quinta área de destaque é a Logística Empresarial, cuja conexão com a visão circular é direta por meio do conceito de logística reversa. Embora a EC busque, idealmente, a não geração de resíduos, a logística torna-se o suporte operacional indispensável para o fechamento de ciclos e o reaproveitamento eficaz de materiais. Por fim, o estudo sugere a criação de uma disciplina optativa específica sob o título de EC, a ser ofertada nas fases finais do curso. Esta cadeira teria um caráter teórico-prático e estaria em total consonância com as Diretrizes Curriculares de

Extensão (Resolução nº 07/2018), integrando o aluno ao mercado por meio de modelos de negócios circulares, governança colaborativa e estudos de caso aplicados junto a empresas reais.

O Quadro, a seguir, apresenta um resumo sugestivo de como os conteúdos da EC podem ser incorporados à essas disciplinas de Engenharia de Produção.

**Quadro 1** – Quadro resumo sugestivo de conteúdos da EC dentro de disciplinas da EP

| Disciplina                            | Conteúdo/Aspecto temático da EC   |
|---------------------------------------|---|
| Introdução à EP                       | Apresentação dos fundamentos e dos três pilares da EC: eliminar resíduos e poluição desde o princípio, manter produtos e materiais em uso e regenerar os sistemas naturais. Contraponto entre o paradigma linear e o modelo circular como base da engenharia moderna.                                     |
| Gestão ambiental                      | Integração da EC com ferramentas de sustentabilidade, como Avaliação de Ciclo de Vida (ACV), Produção mais Limpa (P+L) e Sistemas de Gestão Ambiental (SGA). Introdução de <i>frameworks</i> de métricas circulares e indicadores de desempenho.  |
| Engenharia do produto                 | Aplicação de diretrizes de Projeto para a Circularidade. Foco em Ecodesign, <i>Design for Environment</i> (DfE) e <i>Design for Disassembly</i> (DfD). Exploração de requisitos técnicos como modularidade, intercambialidade de componentes e seleção de materiais.                                      |
| Operações de Serviços                 | Análise de novos modelos de valor, como a Servitização (PSS — <i>Product-Service Systems</i> ) e a Economia do Compartilhamento. Discussão sobre ecossistemas de inovação e a transição do foco do "produto físico" para a "entrega de utilidade".  |
| Logística                             | Foco em Logística Reversa e Cadeias de Suprimento de Ciclo Fechado ( <i>Closed-Loop</i> ). Integração de tecnologias para rastreabilidade ( <i>Blockchain</i> ) com conceitos de logística verde e colaborativa sob a ótica do fluxo de materiais.  |
| Economia Circular (optativa/extensão) | <b>Eixo Teórico:</b> Modelos de Negócios Circulares (MNC), simbiose industrial, governança colaborativa e <i>frameworks</i> estratégicos (ReSOLVE, Diagrama da Borboleta).<br><b>Eixo Prático:</b> Curricularização da extensão por meio de projetos e estudos de caso em parceria com o setor produtivo. |

Fonte: Os autores (2026).

É imperativo destacar que a introdução da EC (EC) nas matrizes curriculares exige uma abordagem transversal e interdisciplinar, rigorosamente alinhada às competências profissionais contemporâneas. Nesse sentido, González-Domínguez *et al.* (2020) demonstram a viabilidade de aplicar técnicas de circularidade no desenvolvimento de produtos por meio da aprendizagem colaborativa baseada em projetos. O estudo, conduzido com graduandos de Engenharia Industrial na Espanha, evidenciou que o conhecimento prévio sobre o tema amplia a percepção dos alunos sobre a relevância da EC tanto para o *design* técnico quanto para o exercício ético e estratégico da profissão.

Complementarmente, a pesquisa de Janssens *et al.* (2021) junto ao setor industrial belga revela que a transição para modelos circulares demanda um perfil profissional híbrido. Os resultados indicam que as competências socioemocionais (*soft skills*) e de valorização são tão

fundamentais quanto o domínio técnico. Além do conhecimento sobre energia sustentável e reaproveitamento de insumos, o mercado exige a capacidade de estruturar modelos de negócios customizados, compreensão profunda sobre a economia dos recursos naturais e habilidades robustas em gestão de projetos. Tais evidências ratificam a necessidade de revisar as competências valorizadas na formação do engenheiro, integrando a visão sistêmica à excelência técnica.

Esses achados corroboram a proposta de reestruturação das disciplinas apresentada anteriormente e sinalizam a urgência de uma agenda estratégica que acelere a internalização da EC nos currículos. Para viabilizar essa transformação, o presente artigo recomenda quatro eixos de ação fundamentais: primeiramente, o engajamento institucional, envolvendo associações de classe, federações industriais e órgãos governamentais para articular a transição normativa e profissional; em segundo lugar, a ampliação da pesquisa aplicada, voltada à resolução de gargalos reais em cadeias produtivas específicas; em terceiro, o fomento a projetos-piloto regionais, capazes de demonstrar a viabilidade de ecossistemas circulares em tempo real; e, por fim, o investimento em campanhas de conscientização que promovam sistemas circulares ativos e geradores de resultados positivos mensuráveis.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo cumpriu seu objetivo fundamental ao estruturar propostas concretas para a integração da EC nas matrizes curriculares de Engenharia de Produção no Brasil. Por meio de uma investigação diagnóstica que envolveu coordenadores e discentes de dez instituições de ensino superior, foi possível identificar subtemas estratégicos e janelas de oportunidade em cinco disciplinas fundamentais da área. A pesquisa reforça que a circularidade não deve ser tratada como um conteúdo periférico, mas como um eixo central capaz de modernizar a formação do engenheiro.

Os resultados evidenciam uma convergência natural e robusta entre os preceitos da circularidade e a Gestão de Operações e Produção. A adaptação dos cursos, seja pela atualização de ementas existentes ou pela proposição de novos componentes curriculares, revela-se imperativa para alinhar o ensino superior às exigências de um mercado globalizado, digital e pautado pela sustentabilidade. Somente através dessa renovação pedagógica será possível formar profissionais aptos a liderar a transição para sistemas produtivos que dissociam o crescimento econômico do consumo exaurível de recursos.

A consolidação de competências alinhadas à EC é, portanto, um fator crítico para a viabilidade de novos modelos de negócios. Nesse sentido, destaca-se a urgência de estreitar o diálogo entre a universidade e o mercado, reduzindo o hiato entre a teoria acadêmica e a realidade das cadeias produtivas. Tal aproximação não apenas eleva a qualidade da formação discente, mas também acelera a adoção de soluções regenerativas no setor industrial. Para que essa mudança seja efetiva, é essencial contar com um corpo docente preparado, dotado de uma visão integradora e transversal que conecte a circularidade às diversas dimensões da engenharia.

Embora este artigo represente um recorte inicial de uma pesquisa mais ampla, suas limitações residem na escala da amostra e na impossibilidade de detalhar a totalidade dos achados do projeto original. Para investigações futuras, recomenda-se a expansão da coleta de dados em âmbito nacional e internacional, além da realização de estudos longitudinais. Tais pesquisas serão fundamentais para monitorar a eficácia da introdução desses conceitos nos currículos e avaliar o impacto real na atuação dos egressos frente aos desafios da economia circular.

## REFERÊNCIAS

ABEPRO (2025). <https://portal.abepro.org.br/abepro2024/profissao/> Acesso em 15/ago/ 2025.

9

AFONSO, Carlos M. et al. Real-Time delphi questionnaire development at LimeSurvey: a design science research approach. In: **2021 16th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)**. IEEE, 2021. p. 1-6. DOI: 10.23919/CISTI52073.2021.9476554

ALAWNEH, Rami et al. A Novel framework for integrating United Nations Sustainable Development Goals into sustainable non-residential building assessment and management in Jordan. **Sustainable Cities and Society**, v. 49, p. 101612, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101612>

BOUZON, M. et al. Identification and analysis of reverse logistics barriers using fuzzy Delphi method and AHP. **Resources, conservation and recycling**, v. 108, p. 182-197, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.05.021>

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep). Censo da Educação Superior 2024: notas estatísticas. Brasília, DF: Inep, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/inep/pt-br/areas-de-atuacao/pesquisas-estatisticas-e-indicadores/censo-da-educacao-superior>. Acesso em: 1 abr. 2026.

BITTENCOURT, H.R.; VIALI, L.; BELTRAME, E. A Engenharia de Produção no Brasil: Um Panorama dos Cursos de Graduação e Pós-Graduação. **Revista de Ensino de Engenharia**, 29(1), 11-19, 2010.

EMF (2025). **Economia Circular**, c2025. Disponível em: <  
<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/pt/economia-circular/conceito>>. Acesso em: 30/  
ago/2025.

GEISSDOERFER, M. et al. The Circular Economy – A new sustainability paradigm? **Journal of Cleaner Production**, v. 143, p. 757-768, fev. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>

GONZÁLEZ-DOMÍNGUEZ, J.; SÁNCHEZ-BARROSO, G., ZAMORA-POLO, F., GARCÍA-SANZ-CALCEDO, J. Application of Circular Economy Techniques for Design and Development of Products through Collaborative Project-Based Learning for Industrial Engineer Teaching. **Sustainability**, 12, 4368, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/sui2114368>

JANSSENS, L.; KUPPENS, T.; VAN SCHOUBROECK, S. Competences of the professional of the future in the circular economy: Evidence from the case of Limburg, Belgium. **Journal of Cleaner Production**, 281, 125365, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125365>

JORDAN, Karen. The feasibility of integrating insights from character education and sustainability education—a Delphi study. **British Journal of Educational Studies**, v. 70, n. 1, p. 39-63, 2022. DOI: <https://orcid.org/0000-0002-4569-5171>

KIRCHHERR, Julian; PISCICELLI, Laura. Towards an education for the circular economy (ECE): five teaching principles and a case study. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 150, p. 104406, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104406>

KIRCHHERR, J.; REIKE, D.; REKKERT, M. Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. **Resources, Conservation and Recycling**, 127, 221-232, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005>

LEME, R.A.S. A história da engenharia de produção no Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 3, São Paulo. *Anais...* São Paulo, 1983.

LI, Xingsen et al. Challenges of industrial engineering in big data environment and its new directions on extension intelligence. **Procedia Computer Science**, v. 214, p. 1561-1567, 2022. DOI: [10.1016/j.procs.2022.11.344](https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.11.344)

LIEDER, M.; RASHID, A. Towards circular economy implementation: A comprehensive review in context of manufacturing industry. **Journal of Cleaner Production**, 115, 36-51, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.12.042>

MARQUES, Joana Brás Varanda; FREITAS, Denise de. Método DELPHI: caracterização e potencialidades na pesquisa em Educação. **Pro-Posições**, v. 29, p. 389-415, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/1980-6248-2015-0140>

NITKIEWICZ, T., WOJNAROWSKA, M. Mapping the circular economy context within the curricula in the field of Industrial Engineering - comparative study of degree programs in two Polish universities. **Annals of International Symposium on Project Approaches in Engineering Education**, 11, 200-208, 2021. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.5095699>

PIMENTA, Clayson Cosme Da Costa et al. INDUSTRIAL ENGINEERING AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, v. 19, n. 1, p. 1-15, 2025. DOI:10.24857/rgsa.v19n1-079

ROBERTSON, Margaret et al. International students, learning environments and perceptions: A case study using the Delphi technique. **Higher education research & development**, v. 19, n. 1, p. 89-102, 2000. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/07294360050020499>

SEHNEM, S.; VAZQUEZ-BRUST, D.A; PEREIRA, S.C.F.; CAMPOS, L.M.S. Circular economy: benefits, impacts and overlapping. **Supply Chain Management: An International Journal**, 24(6), 784-804, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1108/SCM-06-2018-0213>

THAO, Nguyen Phuong et al. Teachers' competencies in education for sustainable development in the context of Vietnam. **International Journal of Sustainability in Higher Education**, v. 23, n. 7, p. 1730-1748, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1108/IJSHE-08-2021-0349>

TSOKU, Tumelo; VAN DYK, Liezl; MAISIRI, Whisper. The role of industrial engineering and its impact on sustainability: A systematic review approach. **South African Journal of Industrial Engineering**, v. 35, n. 3, p. 70-79, 2024. DOI: <https://doi.org/10.7166/35-3-3093>

URBINATI, Andrea; CHIARONI, Davide; CHIESA, Vittorio. Towards a new taxonomy of circular economy business models. **Journal of cleaner production**, v. 168, p. 487-498, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.09.047>

VERGANI, Francesca. Higher education institutions as a microcosm of the circular economy. **Journal of Cleaner Production**, v. 435, p. 140592, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.140592>