

PROPOSTA DE INCLUSÃO DA TEMÁTICA DE ECONOMIA CIRCULAR NOS CURSOS DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DO BRASIL

1 INTRODUÇÃO

A Engenharia de Produção é um dos cursos atualmente com maior número de matrículas em cursos de Engenharia no Brasil. Segundo dados do Ministério da Educação (MEC, 2023), hoje há 118.689 matrículas ativas em cerca de 914 Cursos de Engenharia de Produção ou Industrial ativos, com ou sem habilitação (como por exemplo Engenharia de Produção Mecânica).

Segundo a ABEPRO – Associação Brasileira de Engenharia de Produção (2025) “compete à Engenharia de Produção o projeto, a implantação, a operação, a melhoria e a manutenção de sistemas produtivos integrados de bens e serviços, envolvendo homens, materiais, tecnologia, informação e energia. Compete ainda especificar, prever e avaliar os resultados obtidos destes sistemas para a sociedade e o meio ambiente, recorrendo a conhecimentos especializados da matemática, física, ciências humanas e sociais, conjuntamente com os princípios e métodos de análise e projeto da engenharia.”.

Por tradição, a engenharia de produção sempre focou sua formação em aspectos mais técnicos e em modelos de produção fortemente lineares. No entanto, esse modelo de produção linear, também conhecido como “extrair-fabricar-descartar” ou em inglês “*take-make-dispose*”, começou a ser questionado devido aos impactos negativos e cumulativos que causa, especialmente ao meio ambiente (Nitkiewicz e Wojnarowska, 2021).

Diante desse cenário, surge nos últimos anos o conceito de Economia Circular (EC), que busca, entre outros aspectos, redefinir a noção de crescimento (Kirchherr et al., 2017), e procura um maior reaproveitamento dos produtos, mantendo-os mais tempo em uso, aproveitando melhor suas partes, quando do final de sua vida útil.

Nesse sentido, este artigo tem como objetivo apresentar uma discussão sobre como os conceitos de economia circular podem ser introduzidos e incorporados em cursos de engenharia de produção, a fim de facilitar a implementação de novos modelos de negócios da economia circular. O artigo apresenta, além desta introdução, mais quatro itens. O segundo item relata brevemente um histórico da engenharia de produção, a fim de contextualizar suas principais características; e também introduz o conceito de economia circular. O terceiro apresenta brevemente o método utilizado para a realização deste estudo. O quarto item apresenta uma proposta de como a temática da economia circular pode ser incorporada aos cursos de engenharia de produção. Por fim, algumas sugestões e considerações finais são apresentadas.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Segundo Bittencourt et al. (2010) o primeiro curso de Engenharia de Produção do Brasil foi o da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), com início de funcionamento em 1968. No entanto, segundo Leme (1983), a primeira instituição brasileira a oferecer o curso de EP foi a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, em 1958, como opção do curso de Engenharia Mecânica. Hoje há cerca de 800 cursos de engenharia de produção ou industrial no Brasil (presenciais e à distância), com mais de 118 mil matrículas ativas (MEC, 2023).

A maioria dos cursos hoje já possui alguma disciplina que trata sobre o meio ambiente, normalmente denominada “gestão ambiental”, ou “ciências do ambiente”, ou

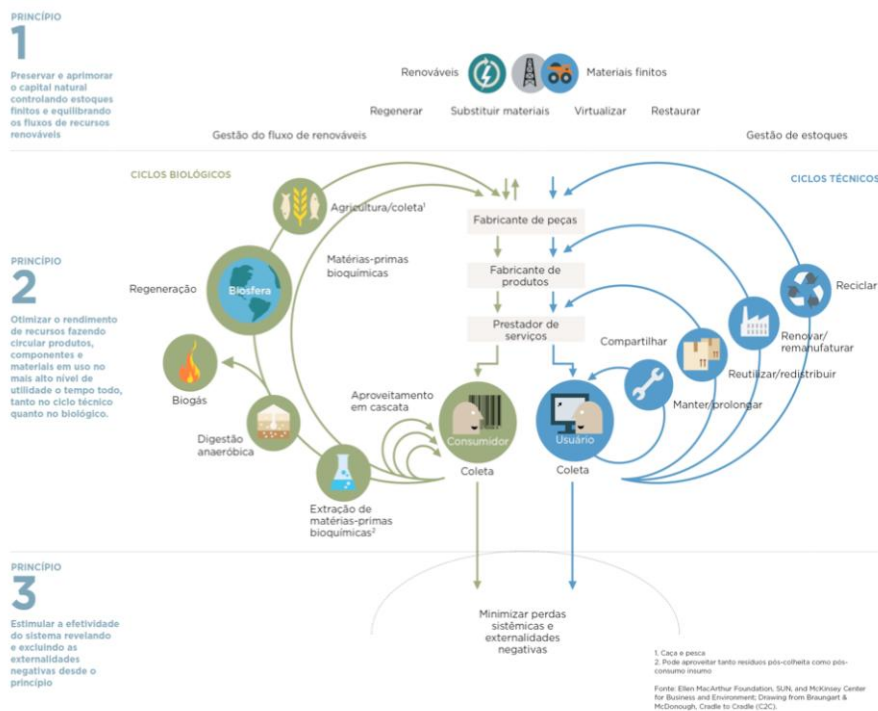
recursos naturais”, entre outros nomes. No entanto, as ementas das disciplinas, em sua maioria, trata dos temas ambientais, mais não os relaciona com as questões de produção.

O tema da economia circular é uma grande oportunidade para fazer a ponte entre as questões ambientais e de operações, já que trabalha com três princípios básicos: i) Preservar e controlar o capital natural, controlando estoques finitos e equilibrando os fluxos de recursos renováveis; ii) Otimizar a produção de recursos, circulando produtos, componentes e materiais em uso com o mais alto nível de utilidade em todos os momentos, tanto no ciclo técnico quanto no biológico; e iii) Estimular a eficácia do sistema, revelando e excluindo externalidades negativas desde o início; busca dissociar a atividade econômica da necessidade de consumir recursos finitos, até seu inevitável esgotamento (EMF, 2025).

O tema da Economia Circular (EC) tem sido um dos temas mais pesquisados e discutidos nos últimos anos (Sehnm et al., 2019) e tem sido apontado por acadêmicos e formuladores de políticas como uma abordagem promissora para desacoplar o crescimento econômico do consumo de recursos e da geração de resíduos (Lieder e Rachid, 2016). Desde o início desse milênio, as pesquisas no campo vem crescendo, e muito desse crescimento se dá pelas iniciativas da Fundação Ellen MacArthur (EMF), cuja missão é acelerar a transição para uma economia circular. A EMF (2025) trabalha em parceria com a academia, empresas e governos visando construir uma economia regenerativa e restaurativa desde o início. A ideia não é apenas reduzir os impactos negativos da economia linear, mas, por meio de mudanças sistêmicas, construir resiliência a longo prazo, gerando oportunidades econômicas e de negócios e proporcionando benefícios ambientais e sociais.

Na visão da economia circular conceitos como compartilhamento, manutenção (todos os tipos, preventivas, preditivas e corretivas), remanufactura, reciclagem, entre outros, são usados com intuito de estimular a eficácia do sistema, otimizar a produção e preservar o capital natural. O Diagrama da Borboleta (Figura 1), desenvolvido pela EMF, representa bem, por meio dos seus princípios e ciclos, os diversos conceitos da economia circular.

Figura 1 – Diagrama da Borboleta (EMF)



Fonte: Adaptado de EMF (2025)

3 METODOLOGIA

Este artigo faz parte de uma pesquisa mais ampla que busca identificar possibilidades de integração de temas ambientais aos cursos de graduação em engenharia de produção. Neste artigo, apresenta-se apenas a parte das propostas de inclusão da temática da economia circular dentro das disciplinas mais usuais dos Projetos Pedagógicos (PPC) dos cursos de engenharia de produção. Tais resultados vieram de rodadas de conversas usando método Delphi entre alunos e professores de 10 universidades participantes da pesquisa mais ampla. Ao todo foram entrevistados 10 coordenadores de curso e 272 alunos matriculados, em 3 rodadas do Delphi.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os cursos de engenharia de produção no mundo (chamado nos EUA e alguns outros países de Engenharia Industrial) apresentam diferenças e peculiaridades locais e regionais. No entanto, as principais áreas abrangidas pelos cursos são muito semelhantes em quase todos. No caso dos cursos no Brasil, a Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO, 2025) estabelece 10 grandes áreas dentro da Engenharia Industrial, a saber: i) Engenharia de Operações e Processos Produtivos; ii) Cadeia de Suprimentos; iii) Pesquisa Operacional; iv) Engenharia da Qualidade; v) Engenharia do Produto; vi) Engenharia Organizacional; vii) Engenharia Econômica; viii) Engenharia do Trabalho; ix) Engenharia da Sustentabilidade; e, x) Educação em Engenharia de Produção. Analisando os cursos de Engenharia de produção brasileiros e as áreas da ABEPRO, rodadas de conversas foram feitas entre coordenadores de 10 cursos no Brasil e 272 alunos matriculados visando identificar oportunidades de inserção da temática de economia circular nas grades curriculares.

Após a aplicação da metodologia Delphi, cinco disciplinas foram escolhidas como unanimidade para serem exploradas como forma de inserção da temática da economia circular nos cursos de produção: i) introdução à engenharia de produção (Área da EP: Educação em Engenharia de Produção); ii) gestão ambiental (Área da EP: Engenharia da Sustentabilidade); iii) engenharia de produto (Área da EP: Engenharia do Produto); v) gestão e operação de serviços (Área da EP: Engenharia Organizacional); v) logística e cadeia de suprimentos (Área da EP: Cadeia de Suprimentos).

A primeira disciplina que deveria tratar de conceitos associados à economia circular normalmente é oferecida na 1ª fase do curso. Trata-se da disciplina de introdução à engenharia de produção. A ideia de introduzir esse conceito - mesmo que brevemente - já no início do curso visa familiarizar o estudante com o tema da circularidade em harmonia ou até em substituição ao conceito de fluxo linear. Para abordar os principais conceitos e princípios da EC nessa disciplina, sugere-se apresentar um breve panorama histórico da EP, estabelecendo a relação da EC com outras disciplinas do curso.

A segunda disciplina seria gestão ambiental ou sustentabilidade ou ciências do ambiente (ou outras similares que abordem o assunto). Essa disciplina possui ementas bem diversificadas e já são normalmente oferecidas, mas a sugestão é que seja alinhada aos conceitos de operações. Ou seja, o papel ideal seria trabalhar questões sobre como usar esse conceito nas diversas ferramentas de gestão ambiental (como produção mais limpa, avaliação de ciclo de vida, SGA, entre outros) e explorar, por meio de exemplos práticos, a aplicação da economia circular, para que o aluno possa compreender como a gestão ambiental e a economia circular podem realmente ser incorporadas à engenharia de produção. Assim, pode-se introduzir os frameworks e modelos da EC e a relação da EC com os conceitos e práticas da gestão ambiental e da sustentabilidade.

A disciplina de engenharia do produto (ou similar) é extremamente relevante. Isso porque para a implementação dos princípios da EC são requeridas mudanças já na fase de

projeto do produto. Portanto, pode-se abordar como relacionar o conceito de EC e circularidade aos diversos aspectos da engenharia de projeto do produto, discutindo-os à luz de conceitos como *ecodesign*, *design for disassembly (DfD)*, intercambialidade, modularidade, entre outros.

Outra disciplina que pode ter o conceito de economia circular adicionado e explorado em sua ementa é a disciplina de gestão e operações de serviços (ou semelhantes), discutindo assuntos como compartilhamento, servitização, ecossistemas de inovação em serviços, entre outros. A ideia é explorar esses conceitos na disciplina à luz da EC, tendo em vista que a oferta de serviços sob o prisma da EC propicia maior otimização e rendimento de recursos, tanto no ciclo técnico quanto no biológico.

A quinta disciplina tratada nesse artigo é a de logística e cadeia de suprimentos empresarial, abordando principalmente o conceito de logística reversa, tendo em vista sua grande importância para a visão de circularidade e o reaproveitamento de materiais. Além disso, conceitos como cadeias produtivas circulares, logística verde, serviços logísticos são essenciais para uma transição para uma EC e devem ser apresentados juntos aos discentes nesse componente curricular.

Por fim, os resultados apontaram também a possibilidade de criação de uma disciplina optativa sob o título Economia Circular. Recomenda-se que tal disciplina seja oferecida nas fases finais do curso e esteja fortemente alinhada às novas Diretrizes Curriculares de Extensão (Resolução No 07/2018 de 18/12/2020) do Ministério da Educação. Além disso, a abordagem dessa disciplina deve ter um caráter teórico-prático. Inicialmente, deve-se apresentar o conteúdo teórico da EC, apresentando modelos e frameworks da EC tais como o Diagrama da Borboleta, ReSOLVE, MATChE, entre outros, além de Modelos de Negócios Circulares (MNC). Após isso, sugere-se seguir com conteúdo prático, a partir da apresentação de “cases” junto a empresas, que devem ser utilizados para se aplicar os conceitos relacionados à EC, estudados anteriormente em todas as outras disciplinas do curso.

Cabe ressaltar a importância de uma visão transversal e interdisciplinar de introdução desse conceito nas grades curriculares dos cursos; e ainda alinhadas às competências profissionais desejadas. Nessa linha, o estudo realizado por Janssens et al. (2021) em empresas belgas buscou identificar as principais competências esperadas dos profissionais que desejam atuar nessas empresas, ou seja, egressos de cursos universitários ou técnicos. Os resultados mostraram que as *soft skills* e as competências de valorização são tão importantes quanto as técnicas para uma EC. Temas como energia sustentável, economia circular, reuso de matérias-primas foram mencionados. Assim como capacidade de criar modelos de negócios customizados, conhecimento sobre os aspectos econômicos do meio ambiente e ecologia, e habilidades em gestão e implementação de projetos.

Outro trabalho interessante foi realizado por González-Domínguez et al. (2020). O estudo foi conduzido com alunos de diferentes anos de um curso de engenharia industrial na Espanha e se propôs a analisar a viabilidade da aplicação de técnicas de EC para o design e desenvolvimento de produtos, por meio da aprendizagem colaborativa baseada em projetos. Observou-se que os alunos que possuíam maior conhecimento prévio sobre EC valorizaram mais sua pertinência no exercício da profissão e na execução de projetos de desenvolvimento de produtos.

Esses resultados reforçam a proposta das disciplinas apresentadas, assim como a necessidade de mais estudos sobre a forma de incorporar os conceitos de economia circular nos cursos de engenharia de produção, bem como a revisão das habilidades que devem ser valorizadas na formação desses profissionais.

Nesse sentido, o presente artigo sugere uma agenda para promover essa aceleração produtiva de modelos de negócios circulares, apoiada por currículos de engenharia de produção que internalizem o conceito de economia circular. Recomenda-se: (i) Engajar

associações produtivas, federações de indústrias, governo e conselhos regionais de classe para promover a transição; (ii) ampliar a pesquisa aplicada, que gere soluções para problemas reais em cadeias produtivas específicas; (iii) criar projetos-piloto regionais para mostrar que ecossistemas circulares podem gerar soluções em tempo real para diferentes partes do território; (iv) investir em campanhas de conscientização em prol de sistemas circulares ativos, executáveis e que gerem resultados positivos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente artigo teve por objetivo apresentar propostas de inclusão da temática da economia circular nas grades curriculares dos cursos de engenharia de produção no Brasil, por meio da inserção de subtemas e conceitos relacionados à EC. Para tanto foram feitas pesquisas com coordenadores e alunos de 10 cursos de engenharia de produção no Brasil e propostas temáticas em cinco disciplinas, que são comumente oferecidas nas grades curriculares.

A partir dos resultados obtidos é possível verificar que existe primeiramente uma forte e possível relação entre os conceitos de economia circular e o tema de gestão de operações ou gestão da produção. Um segundo ponto importante é que a capacitação e possível adaptação dos cursos de engenharia de produção, por meio da discussão desses conceitos em cursos já existentes e/ou por meio da criação de novos cursos, também é de suma importância e muito necessária. Somente dessa forma, com esses novos conceitos sendo discutidos em sala de aula, teremos profissionais capacitados e aptos a lidar com os desafios desse novo mundo, muito mais digital e sustentável.

O desenvolvimento de habilidades e competências nos cursos de engenharia de produção, em consonância com os conceitos da EC são de grande importância para o sucesso da implementação de novos modelos de negócios circulares. Uma maior relação entre prática e teoria, aproximando a universidade da realidade do mercado e dos negócios, também pode trazer ganhos significativos para a incorporação desses novos conceitos e para uma maior qualidade na formação desses profissionais.

Por fim, destaca-se a necessidade de professores com esse conhecimento e uma visão mais integradora e transversal, conectando cada vez mais os conceitos de EC na formação do engenheiro de produção.

Como limitações deste trabalho, destaca-se o fato de ser um artigo de pequeno porte, o que limita a possibilidade de apresentar todos os resultados da pesquisa, que está ligada a um projeto maior. Como sugestões para trabalhos futuros, propõe-se uma investigação mais estruturada, com coleta de dados nacionais ou até internacionais, bem como um acompanhamento a longo prazo visando verificar como a introdução dos conceitos de EC vem se dando nos cursos de engenharia de produção.

REFERÊNCIAS

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

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.

KIRCHHERR, J.; REIKE, D.; REKKERT, M. Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling*, 127, 221-232, 2017.

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.

IEDER, M.; RASHID, A. Towards circular economy implementation: A comprehensive review in context of manufacturing industry. *Journal of Cleaner Production*, 115, 36-51, 2016.

MEC (2023). MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Disponível em: <https://emec.mec.gov.br>
Acesso em: 15/ago/2025.

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.

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.