

COMO A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL TEM CONTRIBUÍDO COM A ECONOMIA CIRCULAR

Juliana Magalhães Sieira - d2025101348@unifei.edu.br
Professor Alexandre Ferreira de Pinho - pinho@unifei.edu.br

Palavras-chave: Inteligência Artificial, Sustentabilidade, Economia Circular, Inovação Tecnológica.

1. INTRODUÇÃO

A intensificação dos impactos ambientais decorrentes do modelo econômico linear — baseado em extrair, produzir, consumir e descartar — tem despertado crescente preocupação na comunidade científica e nas organizações internacionais. Nesse contexto, a economia circular emerge como um paradigma essencial para a reestruturação dos sistemas produtivos, ao propor a eliminação do conceito de resíduo e a reinserção contínua de materiais nos ciclos econômicos, promovendo a regeneração dos ecossistemas naturais (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2021).

Paralelamente, o avanço da Inteligência Artificial (IA) tem transformado de maneira profunda as dinâmicas de produção, gestão e inovação. A capacidade da IA de processar grandes volumes de dados, identificar padrões e oferecer soluções preditivas tem possibilitado o desenvolvimento de estratégias mais eficientes e sustentáveis (RUSSELL; NORVIG, 2022).

O presente estudo tem como objetivo geral analisar de que forma as aplicações da Inteligência Artificial têm contribuído para impulsionar a economia circular em diferentes setores produtivos, e buscar identificar as principais tecnologias de IA aplicadas à economia circular, analisar os benefícios ambientais, econômicos e sociais resultantes dessa integração e discutir os desafios e perspectivas associados à sua implementação em larga escala.

A relevância desta pesquisa reside no reconhecimento da IA como um dos pilares da transformação digital sustentável, ao viabilizar práticas produtivas mais eficientes e ambientalmente responsáveis. Compreender o papel da IA na economia circular é fundamental para subsidiar políticas públicas, orientar estratégias empresariais e fomentar pesquisas científicas que contribuam para a transição rumo a uma economia de baixo carbono, alinhada aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU).

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Referencial teórico

A Inteligência Artificial (IA) e a economia circular configuram dois eixos fundamentais da transformação digital sustentável, representando uma convergência entre inovação tecnológica e responsabilidade socioambiental. De modo geral, a IA pode ser definida como o campo da ciência da computação dedicado à criação de sistemas capazes de aprender, raciocinar e tomar decisões autônomas com base em grandes volumes de dados (RUSSELL; NORVIG, 2022). A evolução dessas tecnologias tem permitido o desenvolvimento de soluções inteligentes voltadas para a eficiência de processos produtivos, a gestão de recursos e o monitoramento ambiental.

No âmbito da sustentabilidade, a IA vem sendo incorporada como ferramenta estratégica para apoiar o planejamento e a execução de políticas de transição ecológica, contribuindo para a mitigação de impactos ambientais e a otimização de cadeias produtivas (BOCKEN et al., 2023). Essa integração se revela especialmente relevante na promoção da economia circular, conceito que propõe a substituição do modelo linear de produção e consumo — baseado em extração, fabricação, uso e descarte — por um modelo regenerativo, centrado na reutilização, remanufatura e reciclagem de materiais (GEISSDOERFER et al., 2020; ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2021).

Autores brasileiros vêm reforçando a importância desse paradigma para o contexto nacional. Gonçalves e Albuquerque (2024) destacam que a adoção da economia circular no ambiente corporativo brasileiro é um caminho promissor para

alinhar competitividade industrial e sustentabilidade, sobretudo por meio de práticas inovadoras baseadas em digitalização e uso intensivo de dados. A IA, nesse cenário, funciona como catalisadora da eficiência operacional e do desenvolvimento sustentável, auxiliando na análise de fluxos de materiais e na gestão inteligente de resíduos.

Torres da Silva, Eccard e Cavalcante (2025) acrescentam que a convergência entre IA e sustentabilidade requer atenção às questões éticas e regulatórias, uma vez que o uso de dados e algoritmos pode gerar novos desafios ambientais e sociais. Segundo os autores, o desenvolvimento de políticas públicas e marcos legais adequados é essencial para garantir que o avanço tecnológico ocorra de forma equitativa e ambientalmente responsável, evitando a reprodução de desigualdades no acesso à inovação verde.

Complementarmente, Breder et al. (2024) discutem o chamado “paradoxo da IA para a sustentabilidade”, isto é, o fato de que, embora a IA contribua para práticas mais sustentáveis, seu próprio funcionamento demanda grande consumo energético e infraestrutura tecnológica intensiva. Essa contradição impõe o desafio de tornar a própria IA mais sustentável, por meio de modelos de computação verde, algoritmos energeticamente eficientes e uso de energias renováveis em data centers.

Na perspectiva global, o World Economic Forum (2022) aponta que a IA aplicada à economia circular se manifesta em múltiplas frentes:

- Gestão inteligente de resíduos, com algoritmos de visão computacional capazes de identificar e separar materiais recicláveis;
- Design circular de produtos, apoiado em sistemas inteligentes que otimizam a durabilidade e o reaproveitamento;
- Cadeias de suprimentos sustentáveis, nas quais a IA otimiza transporte, armazenamento e consumo de recursos; e
- Monitoramento ambiental integrado à IoT, permitindo controle em tempo real de indicadores de sustentabilidade.

Essas aplicações reforçam a análise de Zhang, Li e Wang (2023), para quem a integração entre IA e economia circular dá origem às indústrias inteligentes

sustentáveis, caracterizadas pela tomada de decisão orientada por dados e pela busca de eficiência produtiva com responsabilidade ambiental.

Dessa forma, o referencial teórico evidencia que a sinergia entre IA e economia circular transcende a dimensão tecnológica, configurando-se como um movimento de transformação estrutural dos sistemas econômicos e produtivos. Essa convergência amplia a capacidade de inovação das organizações, promove a sustentabilidade sistêmica e contribui para o alcance das metas estabelecidas pelos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030.

2.2 Metodologia

A presente pesquisa adota uma abordagem qualitativa e exploratória, fundamentada em revisão bibliográfica de estudos científicos nacionais e internacionais sobre o papel da Inteligência Artificial na promoção da economia circular. O processo metodológico foi desenvolvido em três etapas:

- Levantamento conceitual sobre os fundamentos teóricos de IA e economia circular;
- Identificação de aplicações práticas e casos de uso em diferentes setores econômicos;
- Sistematização e análise das evidências empíricas, visando compreender benefícios, desafios e tendências futuras da integração entre IA e sustentabilidade.

Essa estratégia permitiu construir uma visão abrangente sobre o estado da arte do tema e identificar lacunas de pesquisa relevantes para futuras investigações.

3. RESULTADOS ESPERADOS

Espera-se que a investigação demonstre de forma consistente o papel da Inteligência Artificial como vetor de transformação nos processos produtivos sustentáveis, evidenciando sua capacidade de reduzir impactos ambientais por meio da otimização do uso de recursos e da minimização de desperdícios. A aplicação de sistemas inteligentes tende a elevar a eficiência operacional das organizações, favorecendo a automação de tarefas e o aprimoramento da análise preditiva de

dados. Além disso, a incorporação da IA nos modelos de gestão possibilita decisões mais assertivas e transparentes ao longo das cadeias de valor, ao mesmo tempo em que estimula a inovação em produtos, serviços e modelos de negócio sustentáveis.

Espera-se, ainda, que os resultados indiquem a Inteligência Artificial como um instrumento estratégico para a consolidação da transição ecológica digital, contribuindo para o fortalecimento de políticas públicas, o avanço da competitividade empresarial e a promoção de práticas alinhadas aos princípios do desenvolvimento sustentável.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A integração entre Inteligência Artificial e economia circular representa uma nova fronteira para o desenvolvimento sustentável e para a transformação digital responsável. A capacidade da IA de processar informações complexas, prever comportamentos e otimizar sistemas produtivos confere-lhe um papel estratégico na construção de cadeias de valor mais eficientes e ambientalmente equilibradas.

Constata-se que a sinergia entre essas duas dimensões tecnológicas e econômicas potencializa a criação de ecossistemas produtivos regenerativos, nos quais a inovação, a eficiência e a sustentabilidade se articulam de forma sistêmica. Contudo, a consolidação desse movimento depende de investimentos em infraestrutura digital, formação de competências técnicas e políticas públicas de incentivo à inovação verde.

Assim, a integração da IA à economia circular não deve ser compreendida apenas como uma evolução tecnológica, mas como um imperativo estratégico e ético para a promoção de um modelo de desenvolvimento mais justo, inclusivo e ambientalmente responsável.

REFERÊNCIAS

BOCKEN, Nancy M. P.; RITZÉN, Susanne; SHORT, Samuel W. *Design for circularity: integrating business model innovation and product design for resource efficiency. Journal of Cleaner Production*, v. 419, p. 138209, 2023. DOI: **10.1016/j.jclepro.2023.138209.**

BREDER, Gabriel B.; BRUM, Douglas F.; DIRK, Lucas; FERRO, Mariza. O *paradoxo da IA para sustentabilidade e a sustentabilidade da IA*. In: WORKSHOP SOBRE AS IMPLICAÇÕES DA COMPUTAÇÃO NA SOCIEDADE (WICS), 5., 2024, Brasília, DF. *Anais [...]*. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2024. p. 105-116. DOI: [10.5753/wics.2024.2363](https://doi.org/10.5753/wics.2024.2363). Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/index.php/wics/article/view/29514>. Acesso em: 14 out. 2025.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. *Completing the picture: how the circular economy tackles climate change*. Cowes: Ellen MacArthur Foundation, 2021. Disponível em: <https://ellenmacarthurfoundation.org>. Acesso em: 10 out. 2025.

GEISSDOERFER, Martin; SAVAGET, Paulo; BOCKEN, Nancy M. P.; HULTINK, Erik J. *The circular economy – a new sustainability paradigm?* *Journal of Cleaner Production*, v. 143, p. 757-768, 2020. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.757.

GONÇALVES, Paulo Vitor dos Santos; ALBUQUERQUE, Carla Andréa Mendonça de. *A economia circular no ambiente corporativo e o desenvolvimento sustentável da indústria de Santa Catarina, Brasil*. *RISUS. Revista de Inovação e Sustentabilidade*, São Paulo, v. 15, n. 3, p. 183-205, 2024. DOI: 10.23925/2179-3565.2024v15i3p183-205. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/index.php/risus/article/view/65241>. Acesso em: 09 out. 2025.

RUSSELL, Stuart; NORVIG, Peter. *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. 4. ed. Upper Saddle River: Pearson, 2022.

TORRES DA SILVA, Paulo José Pereira Carneiro; ECCARD, Wilson Tadeu de Carvalho; CAVALCANTE, Jamile Sabbad Carecho. *Inteligência Artificial e Sustentabilidade: desafios regulatórios e impacto ambiental*. *Revista da Faculdade de Direito da UFMG*, Belo Horizonte, v. 86, p. 225-240, 2025. DOI: 10.12818/P.0304-2340.2025v86p225. Disponível em: <https://web.direito.ufmg.br/revista/index.php/revista/article/view/2985>. Acesso em: 12 out. 2025.

WORLD ECONOMIC FORUM. *Harnessing Artificial Intelligence for the Earth*. Geneva: World Economic Forum, 2022. Disponível em: <https://www.weforum.org>. Acesso em: 12 out. 2025.

ZHANG, Yi; LI, Jun; WANG, Shuo. *Artificial Intelligence and Circular Economy: Pathways towards Sustainable Industrial Transformation*. *Resources, Conservation & Recycling*, v. 195, p. 107103, 2023. DOI: 10.1016/j.resconrec.2023.107103.