Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação — REASE

OPEN ACCESS

doi.org/10.51891/rease.v12i11.31772

SUSTENTABILIDADE E ECONOMIA CIRCULAR NA INDUSTRIA METALÚRGICA: DESAFIOS E PERSPECTIVAS

SUSTAINABILITY AND CIRCULAR ECONOMY IN THE METALLURGICAL INDUSTRY: CHALLENGES AND PERSPECTIVES

SUSTENTABILIDAD Y ECONOMÍA CIRCULAR EN LA INDUSTRIA METALÚRGICA: DESAFÍOS Y PERSPECTIVAS

Caroline França Rodrigues[1]
Debora Lilian dos Santos Rodrigues[2]
Ricardo Passos Araujo Santos[3]
Josué Mario de Oliveira[4]
Ana Beatriz Carollo Rocha Lima[5]

RESUMO: Este estudo analisa os desafios e perspectivas da implementação da economia circular na indústria metalúrgica considerando aspectos estruturais, operacionais e culturais. O objetivo foi compreender como práticas de reutilização, reciclagem e revalorização de metais podem contribuir para a sustentabilidade e a competitividade do setor. A metodologia adotada consiste em uma revisão bibliográfica de caráter exploratório, com base em artigos científicos e livros publicados entre 2021 e 2025. Os resultados demonstram que a transição para modelos circulares depende não apenas de inovação tecnológica, mas também de transformações organizacionais e de políticas públicas consistentes. Conclui-se que a economia circular representa uma oportunidade estratégica para reduzir impactos ambientais e fortalecer a eficiência dos processos da indústria metalúrgica

Palavras-chave: Economia Circular. Indústria Metalúrgica. Sustentabilidade.

ABSTRACT: This study analyzes the challenges and perspectives of implementing circular economy practices in the metallurgical industry, considering structural, operational, and cultural aspects. The objective was to understand how metal reuse, recycling, and revaluation can contribute to sustainability and competitiveness in the sector. The methodology adopted consists of an exploratory literature review based on scientific articles and books published between 2021 and 2025. The results show that the transition to circular models depends not only on technological innovation but also on organizational transformations and consistent public policies. It is concluded that the circular economy represents a strategic opportunity to reduce environmental impacts and strengthen process efficiency in the metallurgical industry.

Keywords: Circular Economy. Metallurgical Industry. Sustainability.

[1]Discente do curso Superior de Gestão de Produção industrial na Fatec Ferraz de Vasconcelos.
[2]Discente do curso Superior de Gestão de Produção industrial na Fatec Ferraz de Vasconcelos.
[3]Discente do curso Superior de Gestão de Produção Industrial na Fatec Ferraz de Vasconcelos.
[4]Orientador: Prof. Esp. Docente do curso de Gestão de produção industrial da Fatec Ferraz de Vasconcelos. Especialista em Gestão de Pessoas pela Faculdade Iguaçu.
[5]Orientadora: Profa. Dra. Docente do curso de Gestão de produção industrial da Fatec Ferraz de Vasconcelos. Doutora em Patologia Ambiental e Experimental.

RESUMEN: Este estudio analiza los desafíos y perspectivas de la implementación de la economía circular en la industria metalúrgica, considerando aspectos estructurales, operativos y culturales. El objetivo fue comprender cómo las prácticas de reutilización, reciclaje y revalorización de metales pueden contribuir a la sostenibilidad y la competitividad del sector. La metodología adoptada consiste en una revisión bibliográfica de carácter exploratorio, basada en artículos científicos y libros publicados entre 2021 y 2025. Los resultados demuestran que la transición hacia modelos circulares depende no solo de la innovación tecnológica, sino también de transformaciones organizacionales y de políticas públicas consistentes. Se concluye que la economía circular representa una oportunidad estratégica para reducir impactos ambientales y fortalecer la eficiencia de los procesos en la industria metalúrgica.

Palabras clave: Economía Circular. Industria Metalúrgica. Sostenibilidad.

INTRODUÇÃO

A indústria metalúrgica vive um momento de intensas transformações, impulsionado pela necessidade de desvincular o crescimento fabril do uso excessivo de recursos naturais. O modelo linear tradicional – baseado na extração, produção e descarte – revela sinais de esgotamento diante das crescentes pressões ambientais e dos limites físicos do planeta. Nesse cenário, torna-se essencial, repensar a lógica econômica vigente, uma vez que "a resposta para o desenvolvimento sustentável está em ressignificar o objetivo padrão de desenvolvimento econômico para desenvolvimento econômico sustentável" (Silva, 2021, P. 14).

Sob essa ótica, a economia circular surge como um paradigma estratégico, propondo que o valor dos metais seja mantido em fluxos contínuos por meio de inovação.

Diante desse panorama, emergem questionamentos relevantes para o setor metalúrgico: quais os principais obstáculos que dificultam a adoção da economia circular? De que maneira as empresas podem reorganizar seus processos para manter o valor dos metais em ciclos produtivos contínuos? Como a tecnologia pode contribuir para acelerar esse processo? E quais práticas já demonstram potencial para tornar o segmento mais ecoeficiente e competitivo?

Sendo assim, o objetivo geral do presente estudo é analisar os desafios e as perspectivas para a implementação da economia circular na indústria metalúrgica, considerando aspectos estruturais, operacionais e culturais, constituindo-se assim em um facilitador desse processo.

Os objetivos específicos são

Identificar os principais entraves estruturais, operacionais e culturais que dificultam a circularidade na indústria metalúrgica.

Analisar tecnologias que favorecem a reutilização, reciclagem e revalorização de materiais metalúrgicos.

Compreender como empresas metalúrgicas podem integrar indicadores de sustentabilidade em seus processos produtivos.

JUSTIFICATIVA

Este estudo se justifica pela urgência de estratégias que mitiguem danos ambientais e ampliem a eficiência no uso de recursos na indústria metalúrgica, setor que historicamente apresenta elevado impacto ecológico. A adoção da economia circular surge como alternativa viável para transformar resíduos em insumos produtivos, promovendo ganhos econômicos e fortalecendo a competitividade empresarial.

Sob a ótica do pesquisador, a temática enriquece o campo da gestão da produção ao sistematizar práticas de ecoeficiência. Para a sociedade, oferece caminhos concretos para a redução de descarte urbano e industrial, minimizando a pegada ecológica. Já para a ciência, expande o debate sobre modelos circulares em setores de alta intensidade de recursos, demonstrando a aplicabilidade prática da teoria.

Além disso, a relevância prática encontra respaldo legal no Decreto nº 11.043, de 12 de abril de 2022, que aprovou o Plano Nacional de Resíduos Sólidos. O documento estabelece diretrizes e metas para a gestão adequada de rejeitos no território nacional, elegendo a logística reversa como instrumento obrigatório em cadeias estratégicas, incluindo a metalúrgica. Assim, a conformidade legal reforça os fundamentos teóricos aqui adotados e chancela a necessidade deste artigo, que busca contribuir para a compreensão e aplicação da economia circular como estratégia de sustentabilidade e competitividade (BRASIL, 2022).

REFERENCIAL TEÓRICO

A busca por fluxos mais eficientes deixou de ser uma tendência opcional e passou a ser uma exigência de viabilidade mercadológica, aplicando-se plenamente ao segmento metalúrgico.

A viabilidade prática dessa integração ganha força ao notar que a aplicação do conceito proposto por James (2021) transforma resíduos, sucatas obsoletas em nova matéria-prima de alto valor, fechando o ciclo de insumos que antes seriam perdidos

Conforme a Ambflex (2024), a economia circular funciona como um sistema que visa eliminar desperdícios e manter recursos em uso pelo maior tempo possível, gerando benefícios ambientais e econômicos, conceito que serviu como base norteadora para seleção e análise das referências utilizadas.

Conforme destaca Nonato (2025, p. 4), ao adotar esses princípios, a indústria passa a operar dentro de "uma lógica de gestão onde o resíduo deixa de ser passivo e se transforma em oportunidade de ganho", alinhando perfeitamente rentabilidade e responsabilidade ecológica. Essa perspectiva evidencia que a evolução para modelos circulares exige transformações culturais e organizacionais profundas.

A transição para um modelo produtivo sustentável no Brasil ganhou reforço normativo recentemente com Decreto nº 12.082, 27 de junho de 2024, que instituiu a Estratégia Nacional de Economia Circular (BRASIL). Esse marco legal estabelece diretrizes fundamentais para que os setores intensivos em recursos, como a indústria metalúrgica, possam estruturar suas operações de forma mais eficiente e responsável.

Conforme definido no Plano, a economia circular busca "a circulação de materiais e produtos em seus mais altos valores pelo maior tempo possível" (BRASIL, 2024, p. 16).

Amato Neto, Barros e Campos-Silva (2021, p. 18) complementam que "a economia circular se fundamenta no princípio de que o funcionamento do sistema econômico deve respeitar as condições do mundo biofísico, de onde derivam energia e matérias-primas".

Nesse sentido, a própria forma de compreender e definir a economia circular vem se aperfeiçoando e ganhando mais precisão ao longo dos anos, à medida que o tema se torna mais estudado e aplicado na prática. conforme Ginko, Stroparo e Dall Agnol, (2025, p. 3), "O conceito de economia circular tem evoluído ao longo do tempo, passando de representações visuais para definições mais detalhadas e sistematizadas". Capazes de orientar melhor as ações das empresas e as políticas públicas.

Para que essa mudança ocorra de forma efetiva, é necessário compreender que a circularidade não depende apenas de fatores isolados. Segundo Provensi et al. (2025), a transição para a economia circular exige o comportamento da liderança organizacional, a conscientização e capacitação dos colaboradores, a identificação de falhas nos processos produtivos, além do monitoramento de indicadores e da comunicação transparente com as partes interessadas.

Nesse contexto, a circularidade depende intrinsecamente de uma mudança no projeto dos produtos. Conforme destacado, "o design dos produtos é planejado para facilitar a reciclagem" (Akiama, 2024, p. 4).

Nesse contexto, a logística reversa desempenha papel fundamental, pois possibilita o retorno de resíduos pós-venda e pós-consumo ao ciclo produtivo, atribuindo-lhes valor econômico e evitando sua disposição em aterros ou lixões. Tal prática movimenta um mercado sustentável em dimensões sociais, ambientais e financeiras, conforme destacado por (James 2021, p. 23).

Para Santos, Brito e Shibao (2024), a logística reversa deve ser ampla, ultrapassando a coleta e reciclagem, para preservar o valor dos materiais por mais tempo. Nesse contexto, a regulamentação brasileira reforça essa necessidade. O Decreto nº 11.413, de fevereiro de 2023, estabelece instrumentos oficiais para comprovação da logística reversa no país e, conforme dispõe, "institui o Certificado de Crédito de Reciclagem de Logística Reversa, o Certificado de Estruturação e Reciclagem em Geral e o Certificado de Crédito de Massa Futura (BRASIL, 2023). Esses mecanismos ampliam a responsabilidade compartilhada e fortalecem a existência de retorno e reaproveitamento de materiais incluindo resíduos metálicos.

Diferente de outros insumos, os metais possuem uma característica térmica única: a capacidade de manter suas propriedades físico-químicas após sucessivos processos de recuperação. Isso permite que o setor atue como um ecossistema fechado, onde o resíduo não é o fim, mas o início de um novo ciclo produtivo.

Conforme a Associação Brasileira da Indústria Metalúrgica, "o aço é 100% reciclável e desempenha papel relevante na economia circular, na qual os produtos devem ser projetados e fabricados para ter maior durabilidade e que possam ser reparados, recondicionados, reutilizados e reciclados" (Abimetal, 2021, p. 26). Essa afirmação reforça que a própria natureza do material já oferece condições plenas para circular continuamente, cabendo à indústria estruturar suas operações para aproveitar ao máximo essa vantagem, evitando os desperdícios de recursos e o prolongamento da vida útil de cada peça produzida.

A integração da logística reversa com o design voltado para desmontagem é o que garante que o valor do metal seja preservado, evitando que materiais nobres sejam perdidos em aterros industriais. Para que essa preservação de valor ocorra de maneira plena, as organizações precisam olhar para além da reciclagem convencional e focar na regeneração de

seus processos internos, reavaliando minuciosamente como os materiais fluem dentro da fábrica.

Dessa forma, a construção de um ambiente produtivo mais sustentável depende da capacidade de integrar novas metodologias que favoreçam o reaproveitamento máximo de subprodutos. Ao alinhar a operação com conceito de eficiência de recursos, a indústria não apenas atende às exigências ambientais e legais, mas também fortalece sua competitividade ao reduzir custos operacionais e desperdícios de materiais valiosos em todas as etapas da usinagem à conformação. Conforme Akiama (2024, p. 9):

> Em todo o mundo, as siderúrgicas estão adotando medidas para reduzir e compensar suas emissões, com uma tendência crescente para a incorporação de fontes de energia limpa e inovações tecnológicas que promovem a produção de aço como menor impactos ambientais.

A sinergia entre economia circular e sustentabilidade torna-se evidente quando se observa que empresas que adotam práticas circulares conseguem reduzir significativamente a geração de resíduos e minimizar seus impactos ambientais ao longo do ciclo produtivo. Como afirmam Soares et al. (2024, p. 5), "A economia circular e a sustentabilidade se relacionam, pois, as empresas que adotam a circularidade em seus processos alcançam a redução de resíduos e impactam diretamente no meio ambiente". Ao incorporar a circularidade em seus processos produtivos, as organizações passam a operar de forma mais eficiente, mantendo materiais em uso por mais tempo e diminuindo a necessidade de extração de novos recursos. Essa mudança estrutural contribui diretamente para a mitigação de dados ambientais e fortalece o desempenho sustentável das operações industriais.

Nesse mesmo sentido Silva e Costa, (2024, p. 4) destacam que "a implementação eficaz de estratégias e práticas de logística ambiental nas indústrias metalúrgicas brasileiras é fundamental para a promoção da sustentabilidade a redução dos impactos ambientais".

Isso ocorre porque a logística ambiental – que envolve práticas como gestão adequada de resíduos, reaproveitamento de processos – atua como um mecanismo operacional que viabiliza a aplicação prática dos princípios da economia circular. Assim, quando a indústria metalúrgica integra circularidade e logística ambiental, ela não apenas reduz resíduos e emissões, mas também transforma seus processos internos, tornando-se mais eficiente, competitiva e alinhada às exigências contemporâneas de responsabilidade socioambiental.

Nesse contexto, torna-se essencial que as empresas compreendam a necessidade de adaptação e modernização de suas práticas. Conforme afirmam Correa, Papaiane e Santos,

(2026, p. 7), "As empresas devem refletir sobre como encontrar uma forma de mudar suas atividades em prol do meio ambiente e ao mesmo tempo garantir a continuidade do seu negócio". Essa perspectiva reforça que as transformações ambientais não representam um risco à sobrevivência organizacional, mas sim uma oportunidade estratégica de alinhar sustentabilidade, inovação e perenidade empresarial.

MÉTODOS

Este estudo caracteriza-se como uma revisão de literatura de caráter exploratório e analítico, com o objetivo de levantar, sistematizar e discutir conhecimentos científicos já consolidados sobre sustentabilidade e economia circular aplicados à indústria metalúrgica.

> A abordagem qualitativa é adequada ao propósito interpretativo deste estudo, pois permite examinar os sentidos, as relações e os aspectos contextuais presentes na literatura analisada. Nesse sentido, "A pesquisa qualitativa é uma abordagem essencial na investigação científica, que se concentra na compreensão profunda e interpretação dos fenômenos estudados..." (Guerra et al., 2024, p. 2).

A pesquisa foi desenvolvida com base na obtenção de dados em fontes digitais, seguindo critérios pré-definidos de inclusão e exclusão para seleção do material analisado.

Para a busca dos materiais, utilizou- se a plataforma Google Acadêmico como principal fonte de consulta. Os descritores empregados, em português e inglês, foram: economia circular, indústria metalúrgica, sustentabilidade, gestão de resíduos industriais, eficiência de recursos, logística reversa, reciclagem de metais, *circular economy*, *metallurgical industry*, *Sustainability*, *industrial waste management*, *resource efficiency*, *reverse logistics* e *metal recycling*.

Como critério de inclusão, foram definidos: artigos científicos completos, disponíveis para acesso livre, publicados em português e inglês, e com período de publicação entre 2021 e 2026, de forma complementar estudos recentes e alinhados com a evolução do tema e com a regulamentação brasileira vigente. Foram incluídos também relatórios técnicos e documentos normativos oficiais, como o Decreto nº 12.082, de 27 de junho de 2024, que instituiu a Estratégia Nacional de Economia Circular no Brasil.

Como critério de exclusão, foram eliminados materiais que não estavam disponíveis na íntegra, resumos expandidos, trabalhos de conclusão de curso não publicados em periódicos, e conteúdo que não apresentavam relação direta com o tema ou aderência com o objetivo central do estudo – a aplicação de economia circular e práticas sustentáveis no setor metalúrgico.

Após a aplicação dos critérios de seleção, os materiais escolhidos foram lidos integralmente e analisados. Ao final da etapa de triagem foram selecionados um total de 14

materiais considerados relevantes e adequados para compor a base teórica e analítica deste trabalho.

Para o tratamento dos dados, realizou-se a categorização dos estudos selecionados conforme o método de pesquisa adotado por cada autor: estudos de revisão de literatura, pesquisa exploratória de campo e pesquisa quantitativa. A partir dessa classificação, procedeu-se à síntese das informações, organização dos conteúdos e comparação dos resultados apresentados nas diferentes fontes, de forma a identificar lacunas de conhecimento, desafios e perspectivas para o setor. Os resultados obtidos foram organizados e apresentados em forma de quadros e tabelas, de modo a facilitar a visualização e análise comparativa dos dados levantados.

RESULTADOS

A análise dos documentos consultados, o Plano Nacional de Economia Circular 2025-2034 e o estudo sobre políticas públicas, mostra que o Brasil tem construído um arcabouço normativo que evolui da gestão básica de resíduos para uma visão mais ampla e estratégica. A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), de 2010, já estabelecia os princípios fundamentais, mas as atualizações recentes e elaboração do plano nacional aprofundam essas diretrizes, aproximando a legislação dos conceitos da economia circular.

Principais Desafios para Implementação

Os autores convergem ao apontar que a quebra de paradigmas encontra barreiras complexas. Sob o aspecto estrutural, Nonato (2025) destaca que um dos maiores obstáculos é a dependência histórica do setor de modelos lineares, onde a cadeia produtiva foi projetada para o descarte e não para a reintegração de materiais. Essa estrutura demanda investimentos altos em reestruturação de processos, o que ainda é visto por muitas empresas como um custo e não como um investimento.

Silva e Costa (2024) complementam que, no contexto brasileiro, um desafio adicional está na gestão da logística reversa. Para os autores embora a legislação já determine a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, a infraestrutura para coleta, triagem e retorno dos resíduos metálicos ainda é insuficiente para garantir o fluxo contínuo de materiais.

Há também barreiras de ordem cultural e organizacional. Conforme Provensi et al. (2025), a mudança para uma mentalidade circular exige capacitação de colaboradores e engajamento da gestão, algo que ainda é incipiente em muitas indústrias. Sem a compreensão interna dos princípios da circularidade, as ações acabam se limitando a práticas isoladas de reciclagem, sem alcançar a transformação necessária.

Perspectivas e Oportunidades

Em contrapartida aos desafios, a literatura demonstra que o setor metalúrgico possui características únicas que os tornam um dos mais promissores para a aplicação da economia circular. Como destacado por ABIMETAL (2021), a capacidade dos metais de serem reciclados infinitamente sem perda de qualidade coloca a indústria em posição privilegiada, permitindo a criação de ciclos fechados de produção.

As perspectivas estão ligadas, sobretudo à inovação tecnológica e ao design de produtos. Akiama (2024) aponta que a tendência mundial é o desenvolvimento de processos que utilizem fontes renováveis de energia e designs voltados para desmontagem, facilitando a separação e o reaproveitamento de componentes. Essa abordagem, conforme Soares et al. (2024), alinha-se diretamente aos princípios da sustentabilidade, pois reduz a extração de matéria-prima virgem e minimiza impactos ambientais.

Outra perspectiva relevante é a evolução do marco regulatório. Com a instituição da Estratégia Nacional de Economia Circular (BRASIL, 2024), cria-se um ambiente mais seguro e orientador para as empresas, que passam a ter diretrizes claras para se adaptarem. Correa, Papaiane e Santos (2026), reforçam que essa regulamentação, aliada à pressão do mercado consumidor por produtos sustentáveis, transforma adoção da circularidade não apenas em uma obrigação ambiental, mas em uma estratégia competitiva de sobrevivência crescimento.

Tabela 1: Síntese dos estudos analisados

Autores/ Títulos	Ano	Método	Principais Resultados
ABIMET – Anuário estatístico 2021	2021	Levantamento de dados / Documental	Confirma elevado potencial de reciclagem e reutilização.
Soares; Lima; Sá; Amaral – Reciclagem de resíduos metálicos no Brasil	2024	Revisão bibliográfica	Relação direta entre práticas circulares, redução de resíduos e preservação ambiental.
Silva; Costa – Logística ambiental e sustentabilidade	2024	Pesquisa exploratória	Gestão logística reduz impactos, mas enfrenta barreiras de infraestrutura.
Nonato. Sustentabilidade na indústria metalúrgica	2025	Revisão bibliográfica	Valor agregado à imagem institucional e viabilidade econômica.

Provensi; Marcon; Sehnem; Machado – Transição para economia circular	2025	Revisão bibliográfica/ Proposta de modelo	Engajamento, capacidade e monitoramento de indicadores são fundamentais.
Correa; Papaiane; Santo – Aspectos ambientais em empresa metalúrgica	2026	Estudo de caso	Adaptação às normas ambientais é necessária para competitividade.

Fonte: Autoria própria (2026).

A análise conjunta desses trabalhos permite afirmar que embora haja desafios econômicos e culturais, as perspectivas são positivas. A indústria metalúrgica, por suas características intrínsecas, está preparada para liderar essa transição, desde que invista em tecnologia, capacitação e alinhamento com políticas públicas vigentes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo cumpriu seu objetivo e mapear as barreiras e oportunidades da economia circular no ecossistema metalúrgico. Ficou evidente que migrar da logica linear para a circularidade ultrapassou a esfera do ativismo ecológico, convertendo-se em um imperativo de sobrevivência comercial.

Embora gargalos de infraestrutura logica, aportes iniciais e travas culturais na gestão interna ainda limitem avanços rápido, os horizontes se mostram promissores. Essa perspectiva positiva é ancorada pela regeneração infinita dos metais, pelo advento das tecnologias de descarbonização e por políticas nacionais estruturantes, a exemplo da Estratégia Nacional de Economia Circular.

Conclui-se que o modelo circular é viável e rentável. Ao converter o desgaste em ativo econômico, as indústrias reduzem custos operacionais, mitigam riscos regulatórios e se blindam contra oscilações no mercado de commodities. A sustentabilidade consolida-se, portanto, como vetor essencial de geração de valor corporativo.

Como limitação, pontua-se o caráter estritamente bibliográfico desta pesquisa. Recomenda-se que trabalhos futuros desenvolvam estudos de caso focados no monitoramento quantitativo dos ganhos financeiros obtidos por metalúrgicas que já operam com logística reversa homologada, consolidando indicadores numéricos para o campo as gestões da produção sustentáveis.

REFERÊNCIAS

AKIAMA, Solange. Setor do aço: tendências e desafios para 2035, desafios e boas práticas de economia circular. *Revista de Administração da USP*, São Paulo, v. 59, n. 2, p. 45-62, 2024. Disponível em: https://www.rausp.usp.br/. Acesso em: 24 maio 2026.

AMB FLEX. *Economia circular*: características, objetivos e benefícios. 2024. Disponível em: https://share.google/isFmXHccQRE16pNZ. Acesso em: 24 maio 2026.

AMATO NETO, João; BARROS, Marcos Cesar Lopes; CAMPOS-SILVA, Willerson Lucas. *Economia circular, sistemas locais de produção e ecoparques industriais*: princípios, modelos e casos. São Paulo: Blücher, 2021. p. 18.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA METALÚRGICA – ABIMETAL. *Anuário estatístico 2021*: setor metalúrgico, ano-base 2020. São Paulo: ABIMETAL, 2021. p. 26. Disponível em: https://www.abimetal.org.br/publicacoes/anuario-estatistico-2021/. Acesso em: 17 maio 2026.

BRASIL. Decreto nº 11.043, de 12 de abril de 2022. Aprova o Plano Nacional de Resíduos Sólidos. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 14 abr. 2022. Disponível em: https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/2022/decreto-11043-13-abril-2022-792514-publicacaooriginal-164977-pe.html. Acesso em: 31 maio 2026.

BRASIL. Decreto nº 11.413, de 13 de fevereiro de 2023. Institui o Certificado de Crédito de Reciclagem de Logística Reversa, o Certificado de Estruturação e Reciclagem de Embalagens em Geral e o Certificado de Crédito em Massa Futura. *Diário Oficial da União, Brasília*, DF, 14 fev. 2023. Disponível em: https://www2.camara.leg.br. Acesso em: 31 maio 2026.

BRASIL. *Decreto nº 12.082, de 27 de julho de 2024*. Institui a Estratégia Nacional de Economia Circular. Brasília, DF: Presidência da República, 2024. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2027/2024/decreto/d12082.htm. Acesso em: 6 abr. 2026.

BRASIL. *Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010*. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 4 jun. 2026.

CORREA, Juliane Campos; PAPAIANE, Michaele; SANTOS, Felipe da Silva. Gerenciamento dos aspectos ambientais e sustentáveis em uma empresa metalúrgica: análise a partir da aplicação de ferramenta SICOGEA. *Desafio Online*, Campo Grande, v. 14, n. 1, p. 7, jan./abr. 2026.

GINKO, Marcelo Adriano; STROPARO, Erivelton César; DALL AGNOL, Larissa. Desafios, oportunidades e estratégias na implementação da economia circular nas indústrias brasileiras: uma revisão bibliográfica. *Revista Gestão & Sustentabilidade*, Chapecó, v. 7, n. 1, p. e15064, 2025. DOI: https://doi.org/10.36661/2596-142X.2025v7n1.15064. Disponível em: https://periodicos.uffs.edu.br/index.php/RGES/article/view/15064. Acesso em: 18 maio 2026.

JAMES, Sandra Lynette. *A evolução da economia circular no Brasil através da implementação da logística reversa. 2021.* Dissertação (Mestrado em Direito) – Universidade Católica de Santos, Santos, 2021. p. 23.

NONATO, José Carlos da Silva. Sustentabilidade na indústria metalúrgica: como pequenas mudanças geram grandes impactos. Revista Lumen et Virtus, v. 8, n. 1, p. 1–15, 2025.

PROVENSI, Thais; MARCON, Maiara Lais; SEHNEM, Simone; MACHADO, Nelson Santos. Transição para economia circular no setor metalúrgico: um framework de implementação. *Cadernos EBAPE.BR, Rio de Janeiro*, v. 23, n. 2, p. 1–19, 2025. DOI: https://doi.org/10.1590/1679-395120240004. Disponível em: https://periodicos.fgv.br/cadernosebapebr/article/view/93585. Acesso em: 22 out. 2026.

SANTOS, Mario Roberto dos; BRITO, José Luiz Romero de; SHIBAO, Fabio Ytoshi. Logística reversa e economia circular: principais motivadores. RACEF – *Revista de Administração, Contabilidade e Economia de Fundace*, v. 15, n. 2, p. 78-98, 2024.

SILVA, Athos Ribeiro da. *O diagrama sistêmico e o modelo de maturidade na adoção da economia circular. 2021.* Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2021.

SILVA, Denílson Messias da; COSTA, Daniela Pereira. *Logística ambiental e sustentabilidade na indústria metalúrgica brasileira*. Interface Tecnológica, v. 21, n. 2, p. e2038, 2024. Disponível em: https://revista.fatectq.edu.br/interfatecetecnologia/em/article/view/2038. Acesso em: 24 maio 2026.

SOARES, Ágata Roberta Rodrigues; LIMA, Evelin Santos de; SÁ, Jennifer Isabelle Tavares de; AMARAL, Renata Silvano do. Economia circular na reciclagem de resíduos metálicos no Brasil. *Revista Científica de Meio Ambiente e Sustentabilidade*, Piracicaba, v. 9, n. 1, p. e5, 2024. Disponível em: https://seuenderecoaqui.com.br. Acesso em: 24 maio 2026.