

VIII ENCONTRO VIRTUAL DO CONPEDI

**DIREITO, ECONOMIA E DESENVOLVIMENTO
ECONÔMICO SUSTENTÁVEL I**

Todos os direitos reservados e protegidos. Nenhuma parte destes anais poderá ser reproduzida ou transmitida sejam quais forem os meios empregados sem prévia autorização dos editores.

Diretoria - CONPEDI

Presidente - Profa. Dra. Samyra Haydêe Dal Farra Naspolini - FMU - São Paulo

Diretor Executivo - Prof. Dr. Orides Mezzaroba - UFSC - Santa Catarina

Vice-presidente Norte - Prof. Dr. Jean Carlos Dias - Cesupa - Pará

Vice-presidente Centro-Oeste - Prof. Dr. José Querino Tavares Neto - UFG - Goiás

Vice-presidente Sul - Prof. Dr. Leonel Severo Rocha - Unisinos - Rio Grande do Sul

Vice-presidente Sudeste - Profa. Dra. Rosângela Lunardelli Cavallazzi - UFRJ/PUCRio - Rio de Janeiro

Vice-presidente Nordeste - Prof. Dr. Raymundo Juliano Feitosa - UNICAP - Pernambuco

Representante Discente: Prof. Dr. Abner da Silva Jaques - UPM/UNIGRAN - Mato Grosso do Sul

Conselho Fiscal:

Prof. Dr. José Filomeno de Moraes Filho - UFMA - Maranhão

Prof. Dr. Caio Augusto Souza Lara - SKEMA/ESDHC/UFMG - Minas Gerais

Prof. Dr. Valter Moura do Carmo - UFERSA - Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Fernando Passos - UNIARA - São Paulo

Prof. Dr. Edinilson Donisete Machado - UNIVEM/UENP - São Paulo

Secretarias

Relações Institucionais:

Prof. Dra. Claudia Maria Barbosa - PUCPR - Paraná

Prof. Dr. Heron José de Santana Gordilho - UFBA - Bahia

Profa. Dra. Daniela Marques de Moraes - UNB - Distrito Federal

Comunicação:

Prof. Dr. Robison Tramontina - UNOESC - Santa Catarina

Prof. Dr. Liton Lanes Pilau Sobrinho - UPF/Univali - Rio Grande do Sul

Prof. Dr. Lucas Gonçalves da Silva - UFS - Sergipe

Relações Internacionais para o Continente Americano:

Prof. Dr. Jerônimo Siqueira Tybusch - UFSM - Rio Grande do Sul

Prof. Dr. Paulo Roberto Barbosa Ramos - UFMA - Maranhão

Prof. Dr. Felipe Chiarello de Souza Pinto - UPM - São Paulo

Relações Internacionais para os demais Continentes:

Profa. Dra. Gina Vidal Marcilio Pompeu - UNIFOR - Ceará

Profa. Dra. Sandra Regina Martini - UNIRITTER / UFRGS - Rio Grande do Sul

Profa. Dra. Maria Claudia da Silva Antunes de Souza - UNIVALI - Santa Catarina

Educação Jurídica

Profa. Dra. Viviane Coêlho de Séllos Knoerr - Unicuritiba - PR

Prof. Dr. Rubens Beçak - USP - SP

Profa. Dra. Livia Gaigher Bosio Campello - UFMS - MS

Eventos:

Prof. Dr. Yuri Nathan da Costa Lannes - FDF - São Paulo

Profa. Dra. Norma Sueli Padilha - UFSC - Santa Catarina

Prof. Dr. Juraci Mourão Lopes Filho - UNICHRISTUS - Ceará

Comissão Especial

Prof. Dr. João Marcelo de Lima Assafim - UFRJ - RJ

Profa. Dra. Maria Creusa De Araújo Borges - UFPB - PB

Prof. Dr. Antônio Carlos Diniz Murta - Fumec - MG

Prof. Dr. Rogério Borba - UNIFACVEST - SC

D597

Direito, economia e desenvolvimento econômico sustentável I [Recurso eletrônico on-line] organização CONPEDI

Coordenadores: Everton Das Neves Gonçalves; Gilmar Antonio Bedin; Paulo Campanha Santana; Sinara Lacerda Andrade. – Florianópolis: CONPEDI, 2025.

Inclui bibliografia

ISBN: 978-65-5274-162-2

Modo de acesso: www.conpedi.org.br em publicações

Tema: Direito Governança e Políticas de Inclusão

1. Direito – Estudo e ensino (Pós-graduação) – Encontros Nacionais. 2. Direito e economia. 3. Desenvolvimento econômico sustentável. VIII Encontro Virtual do CONPEDI (2; 2025; Florianópolis, Brasil).

CDU: 34



VIII ENCONTRO VIRTUAL DO CONPEDI

DIREITO, ECONOMIA E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO SUSTENTÁVEL I

Apresentação

É com imensa satisfação que introduzimos o grande público na presente obra coletiva, composta por artigos criteriosamente selecionados, para apresentação e debates no Grupo de Trabalho intitulado DIREITO, ECONOMIA E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO SUSTENTÁVEL I no “VIII ENCONTRO VIRTUAL DO CONPEDI, realizado através de plataformas digitais, entre os dias 24 a 28 de junho de 2025, com a temática “Direito Governança e Políticas de Inclusão”, pelo Conselho Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Direito - CONPEDI.

Os aludidos trabalhos, de incontestável relevância para a pesquisa jurídica no Brasil, demonstram notável rigor técnico, sensibilidade e originalidade, com reflexões sobre as relações entre economia e desenvolvimento sustentável, temas relevantíssimos no que concerne a capital nos parques eólicos; disfunção social do sistema tributário; mercado de carbono; na mineração na Amazônia; flexibilização ambiental; mercado de trabalho; políticas públicas, austeridade na era do capitalismo, dentre outros

Evidente que questões da contemporaneidade implicam um olhar atento para o direito das relações de consumo, mas, ainda, extrapolam tal viés, com claro impacto nos segmentos ambiental, social, econômico, político e sanitário, envolvendo as figuras do Estado, do consumidor e da empresa, demandando uma análise integrada e interdisciplinar. De tal modo, os temas tratados são de extremo valor e muito contribuem para a pesquisa científica jurídica.

Nesta obra, o tema A ACUMULAÇÃO DE CAPITAL NOS PARQUES EÓLICOS DO

FUNDIÁRIA URBANA COMO INSTRUMENTO DE EFETIVAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E DA LIVRE INICIATIVA NOS PEQUENOS MUNICÍPIOS BRASILEIROS, examinada pelo pesquisador Flávio Roberto Costa Silva. A ANÁLISE ECONÔMICA DO DIREITO APLICADA À SOBREPOSIÇÃO DE CADASTROS AMBIENTAIS RURAIS: ADRIANÓPOLIS/PR VALE DO RIBEIRA, foi debatida por Cezar Augusto Mendes Júnior. O tema BIOECONOMIA E INOVAÇÃO NO AMAZONAS: O PAPEL DA INCUBADORA DA FUNDAÇÃO AMAZÔNIA SUSTENTÁVEL NA GERAÇÃO DE NEGÓCIOS SUSTENTÁVEIS, foi apresentado pelas pesquisadoras Amanda Nicole Aguiar de Oliveira e Jeysila Edieny Rabelo Pereira. A DESIGUALDADE ECONÔMICA E SUSTENTABILIDADE: APLICAÇÃO DAS PROPOSTAS DE PIKETTY NO DIREITO BRASILEIRO E O CASO SAMARCO /MARIANA COMO PARADIGMA DE RESPONSABILIZAÇÃO CORPORATIVA, foi investigado por Camila Macedo Pereira. A ECONOMIA CIRCULAR E RESÍDUOS SÓLIDOS: PERSPECTIVAS PARA MINAS GERAIS teve seus aspectos debatidos pelas pesquisadoras Angela Aparecida Salgado Silva e Danila Daniel Da Rocha Reis. O ENSAIO SOBRE O DIREITO AO DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO SUSTENTÁVEL SOB A PERSPECTIVA DA SOCIEDADE CIVIL ORGANIZADA, foi apresentado pelas pesquisadoras Sinara Lacerda Andrade Caloche, Renata Aparecida Follone. A FLEXIBILIZAÇÃO AMBIENTAL: A DINÂMICA DO JEITINHO BRASILEIRO E SEUS REFLEXOS NA MINERAÇÃO NA AMAZÔNIA, foi apresentada pela Luana Caroline Nascimento Damasceno. O MERCADO DE CRÉDITO DE CARBONO E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL: PERSPECTIVAS JURÍDICAS PARA A REGIÃO AMAZÔNICA, foi examinado pelos pesquisadores Richard Farias Beckedorff Pinto e Fabricio Vasconcelos de Oliveira. AS REFLEXÕES SOBRE A JUVENTUDE, MERCADO DE TRABALHO E POLÍTICAS PÚBLICAS NO BRASIL foi apresentada pelas pesquisadoras Ana Elizabeth Neirão Reymão, Liliane Correia Moraes. A REGULAÇÃO E CONTROLE: A REVISÃO DO DESENHO NORMATIVO DOS SUBSÍDIOS DAS FONTES RENOVÁVEIS PELA ATUAÇÃO DO TCU, foi desenvolvida pelo pesquisador Rodrigo Abrantes Soares. A REGULAMENTAÇÃO DA ESG NO

evento e o comprometimento dos pesquisadores e pesquisadoras com a valorização da pesquisa científica jurídica nacional, ratificando o papel do Direito Econômico como indutor de um verdadeiro e efetivo desenvolvimento sustentável, fundado no tripé economia, meio ambiente e direitos humanos atendendo e preservando os interesses de todos.

Nesse prisma, a presente obra coletiva, de inegável valor científico, demonstra tecnicidade, por meio de uma visão lúcida e avançada sobre questões do direito das relações de consumo, suas problemáticas, sutilezas e importância para a defesa de uma sociedade mais igualitária e justa às futuras gerações, pelo que certamente logrará êxito junto à comunidade acadêmica.

Boa leitura!

Professor Doutor Everton das Neves Gonçalves

Professor Doutor Gilmar Antonio Bedin

Professor Doutor Paulo Campanha Santana

Professora Doutora Sinara Lacerda Andrade Caloche

SUSTENTABILIDADE NA PRÁTICA: TECNOLOGIAS ACESSÍVEIS PARA REDUZIR RESÍDUOS E GERAR RECURSOS

SUSTAINABILITY IN PRACTICE: ACCESSIBLE TECHNOLOGIES TO REDUCE WASTE AND GENERATE RESOURCES

**Elisabete Pedroso Pacheco
Eduardo Augusto do Rosário Contani**

Resumo

A crescente geração de resíduos sólidos, impulsionada pelo aumento do consumo e pela urbanização acelerada, representa um dos maiores desafios ambientais da atualidade. Este estudo investiga como a Inteligência Artificial (IA) pode promover modelos inovadores de gestão de resíduos, articulando eficiência tecnológica com inclusão social. A pesquisa adota uma abordagem tridimensional, examinando: (1) sistemas preditivos para redução na fonte, capazes de antecipar padrões de geração de resíduos; (2) tecnologias acessíveis, como sensores IoT de baixo custo, para otimizar a gestão em contextos com recursos limitados; e (3) plataformas digitais que integram catadores e cooperativas às cadeias formais de valor. Por meio de revisão bibliográfica e análise qualitativa de experiências nacionais e internacionais, demonstra-se que a IA pode revolucionar processos como triagem automatizada, logística reversa e monitoramento ambiental. No entanto, a implementação enfrenta obstáculos estruturais, incluindo desigualdades tecnológicas regionais, necessidade de capacitação técnica e a criação de políticas públicas que garantam acesso equitativo às inovações. Os resultados destacam que o potencial transformador da IA depende fundamentalmente da integração entre três pilares: inovação tecnológica adaptada às realidades locais, inclusão produtiva dos trabalhadores da reciclagem e governança colaborativa entre setor público, iniciativa privada e sociedade civil. Conclui-se que a transição para uma economia circular sustentável exige abordagens multidimensionais, nas quais a IA atue como ferramenta estratégica em um ecossistema mais amplo de transformação socioambiental, convertendo desafios complexos em oportunidades de desenvolvimento justo e ambientalmente resiliente.

capable of anticipating waste generation patterns; (2) accessible technologies, such as low-cost IoT sensors, to optimize management in contexts with limited resources; and (3) digital platforms that integrate waste pickers and cooperatives into formal value chains. Through a literature review and qualitative analysis of national and international experiences, it is shown that AI can revolutionize processes such as automated sorting, reverse logistics and environmental monitoring. However, implementation faces structural obstacles, including regional technological inequalities, the need for technical training and the creation of public policies that guarantee equitable access to innovations. The results highlight that the transformative potential of AI depends fundamentally on the integration of three pillars: technological innovation adapted to local realities, productive inclusion of recycling workers and collaborative governance between the public sector, private initiative and civil society. It is concluded that the transition to a sustainable circular economy requires multidimensional approaches, in which AI acts as a strategic tool in a broader ecosystem of socio-environmental transformation, converting complex challenges into opportunities for fair and environmentally resilient development.

Keywords/Palabras-claves/Mots-clés: Artificial intelligence, Waste management, Circular economy, Social development, Urban sustainability

INTRODUÇÃO

A crescente crise ambiental, caracterizada pela acelerada degradação dos ecossistemas e pelas mudanças climáticas, demanda urgentemente soluções inovadoras que articulem eficiência tecnológica com equidade social. Neste contexto desafiador, a Inteligência Artificial (IA) emerge como uma ferramenta estratégica com potencial para operacionalizar os princípios da economia circular e da justiça climática, transformando problemas ambientais complexos em oportunidades de desenvolvimento sustentável. Este estudo se propõe a investigar o papel transformador da IA na gestão integrada de resíduos sólidos, abordando três dimensões complementares e essenciais para uma transição ecológica justa.

A primeira dimensão examina a capacidade preventiva da IA focando no desenvolvimento de sistemas preditivos capazes de antecipar padrões de geração de resíduos e otimizar processos produtivos para minimizar impactos ambientais. Através da aplicação de técnicas de *machine learning* a dados históricos e em tempo real, esses sistemas podem oferecer percepções valiosas para reduzir a produção de resíduos na fonte. A segunda dimensão explora soluções tecnológicas acessíveis para gestão eficiente, particularmente em contextos de recursos limitados, onde redes de sensores IoT integradas a algoritmos de IA permitem o monitoramento contínuo e a gestão adaptativa dos fluxos de materiais.

A terceira e crucial dimensão aborda a inclusão socioeconômica, investigando como plataformas digitais baseadas em IA podem integrar catadores e pequenos produtores em cadeias de valor circulares, garantindo que os benefícios da tecnologia alcancem todos os elos da cadeia produtiva. Esta pesquisa avança no debate atual ao propor um *framework* integrado que conjuga precisão técnica com acessibilidade econômica, articulando inovação tecnológica com políticas públicas inclusivas e desenvolvendo métricas que avaliam simultaneamente impacto ambiental e benefício social.

A metodologia utilizada neste trabalho será uma revisão da literatura com levantamento bibliográfico por meio de materiais publicados em jornais, livros, revistas e qualquer documento disponível e acessível ao público, por meio do método dedutivo e com abordagem qualitativa. As implicações práticas desta pesquisa podem orientar a criação de diretrizes para políticas públicas tecnologicamente informadas, modelos de negócio circular inclusivos e protocolos sólidos de avaliação de impacto socioambiental.

2. APLICAÇÕES DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA PREVENÇÃO AMBIENTAL: PREVENÇÃO DE DANOS AMBIENTAIS POR MEIO DE SISTEMAS PREDITIVOS DE IA

A inteligência artificial vem se consolidando como ferramenta estratégica para a prevenção de danos ambientais, oferecendo soluções inovadoras em diversas áreas tais como a fiscalização ambiental, previsão de desastres naturais, monitoramento da biodiversidade e gestão de resíduos sólidos. Este capítulo explora essas aplicações, com ênfase na gestão de resíduos sólidos, analisando tanto seu potencial quanto os desafios de implementação em diferentes contextos socioeconômicos.

A inteligência artificial apresenta um potencial transformador para a gestão ambiental, com aplicações que demandam análise criteriosa de seus benefícios e limitações. Na esfera da fiscalização, de acordo com Potascheff e Gil (2024) a IA demonstra capacidade para otimizar o monitoramento de resíduos industriais, com algoritmos capazes de identificar padrões suspeitos que possam indicar crimes ambientais. Contudo, segundo Salib e Garcia (2021), seu emprego no licenciamento ambiental exige cautela, pois a complexidade inerente à previsão de impactos ecológicos futuros impõe limites à atuação algorítmica, devendo-se resguardar o princípio da precaução.

Para Abrantes e Guedes (2024), o desenvolvimento da IA generativa configura um paradoxo ambiental, enquanto pode contribuir significativamente para análises e diagnósticos ecológicos, seu treinamento e operação consomem quantidades substanciais de energia, potencialmente agravando a pegada de carbono do setor tecnológico. No âmbito judiciário, de acordo com Santana *et al* (2021), experiências brasileiras evidenciam que a tecnologia pode agilizar processos decisórios e aprimorar a precisão na análise de dados ambientais complexos, oferecendo subsídios mais concretos para políticas públicas voltadas à proteção de biomas sensíveis como a Amazônia.

No campo da previsão de desastres naturais, os algoritmos de *machine learning* têm revolucionado a capacidade de antecipar eventos extremos como enchentes, incêndios florestais e secas. Sistemas como a plataforma FIRMS da NASA demonstram a eficácia dessas tecnologias no monitoramento em tempo real de focos de calor em escala global. O Sistema de Informações sobre Incêndios para Gerenciamento de Recursos (FIRMS) da NASA é uma plataforma que fornece dados de satélite quase em tempo real sobre incêndios ativos globalmente (Davies et al., 2008).

No contexto brasileiro, experiências como o sistema de alerta precoce para secas no Nordeste ilustram como a integração de dados satelitais com modelos preditivos pode salvar

vidas e reduzir prejuízos econômicos. No que se refere a questão dos resíduos sólidos de acordo com Anjos (2023, p.71) “é importante ressaltar que prever o comportamento de geração de resíduos é uma tarefa complexa, que demanda esforços significativos.”

O monitoramento da biodiversidade tem se beneficiado igualmente dos avanços em IA, particularmente através de técnicas de visão computacional e reconhecimento de padrões. Iniciativas como o Global Forest Watch utilizam redes neurais convolucionais para detectar alterações na cobertura vegetal com impressionante precisão, enquanto plataformas de ciência cidadã como o iNaturalist incorporam algoritmos de identificação de espécies acessíveis ao público geral. (GFW, 2025)

Este capítulo estabelece as bases para a discussão subsequente sobre o impacto socioeconômico dessas tecnologias, demonstrando como a IA pode ser um aliado poderoso na prevenção ambiental quando implementada de forma crítica e contextualizada. As lições aprendidas com as experiências analisadas apontam para a necessidade de abordagens que combinem inovação tecnológica com inclusão social e sustentabilidade financeira.

3. PROMOÇÃO DE PRÁTICAS ECOLÓGICAS EFICIENTES MEDIANTE SOLUÇÕES INTELIGENTES E ACESSÍVEIS: NO ÂMBITO DA GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

3.1 DESTINAÇÃO INTELIGENTE DE RESÍDUOS SÓLIDOS: TECNOLOGIA E SUSTENTABILIDADE

Diversos países e cidades ao redor do mundo demonstram na prática os benefícios da gestão inteligente de resíduos. A Suécia se destaca como referência global, reciclando impressionantes 99% de seus resíduos e chegando a importar lixo de outros países para alimentar suas usinas de geração de energia (Inovar Ambiental, 2025). No Japão, um rigoroso sistema de coleta seletiva combinado com tecnologias avançadas de incineração permite o aproveitamento máximo dos materiais descartados (Portal Sustentabilidade, 2023).

No Brasil, temos exemplos inspiradores como a cidade de Curitiba, no Paraná, que mantém um dos programas de coleta seletiva mais eficientes do país (Curitiba, 2023), e São Paulo (São Paulo, 2024), que transforma aterros sanitários em fontes de energia através de usinas de biogás. Esses casos de sucesso demonstram que, com planejamento adequado e investimento em tecnologias sustentáveis, é possível transformar a gestão complexa dos resíduos em oportunidades de desenvolvimento econômico e preservação ambiental.

A gestão de resíduos sólidos é um desafio para as cidades inteligentes no contexto das mudanças climáticas. A inteligência artificial (IA) pode ser utilizada para otimizar a coleta e a reciclagem de resíduos sólidos, analisando dados de sensores e câmeras para

identificar pontos críticos e programar rotas mais eficientes. Além disso, a inteligência artificial identifica materiais recicláveis e não recicláveis, permitindo que as empresas de coleta separem e reciclem os materiais de forma mais eficiente. (Maranhão, 2024)

Para implementar um sistema eficiente de gestão de resíduos, seja pelo setor público ou privado, é importante adotar estratégias práticas e colaborativas, como estabelecer parcerias sólidas com cooperativas de catadores, fortalecendo a cadeia da reciclagem e promovendo inclusão social. Essa abordagem alinha-se com a visão de Bonafin *et al.* (2023), que destacam a gestão inteligente de resíduos sólidos urbanos como um desafio crucial para cidades sustentáveis, especialmente no contexto das cidades inteligentes, que estão alavancando a tecnologia para otimizar processos e reduzir impactos ambientais. Dessa forma, a integração entre iniciativas sociais e inovações tecnológicas pode potencializar a eficácia da gestão de resíduos, contribuindo para um desenvolvimento urbano mais sustentável e inclusivo.

Uma abordagem eficaz para aprimorar a gestão de resíduos consiste na integração de tecnologias inovadoras, como propõem Almeida e Borin (2021). Segundo os autores, plataformas baseadas em Internet das Coisas (IoT) podem monitorar em tempo real os níveis de enchimento dos contêineres, otimizar as rotas de coleta e gerar indicadores de sustentabilidade, reduzindo custos operacionais e impactos ambientais.

Para Wetler *et al.* (2025) cidades que buscam se tornar mais inteligentes na gestão de resíduos podem adotar as melhores práticas internacionais, focar em soluções tecnológicas e explorar oportunidades de negócios alinhadas às diretrizes nacionais de cidades inteligentes.

A hierarquia dos 3R's – reduzir, reutilizar e reciclar – é considerada um princípio fundamental para a otimização da gestão de resíduos sólidos. Segundo Araújo *et al.* (2022), essa abordagem prioriza a minimização de descartes e o aproveitamento eficiente de materiais. Nesse contexto, de acordo com Do Val Bugelli e Scur (2023), a economia circular e a digitalização desempenham um papel transformador nos processos de gestão de resíduos, promovendo maior sustentabilidade.

Além disso, tecnologias como a Internet das Coisas (IoT) têm sido aplicadas para melhorar a eficiência operacional. Segundo Almeida e Borin (2021), o monitoramento inteligente do nível de enchimento dos coletores permite a otimização de rotas de coleta, reduzindo custos e impactos ambientais. Por fim, de acordo com Bonafin *et al.* (2023), a implementação dessas práticas, aliada ao engajamento da sociedade, é essencial para o desenvolvimento de cidades mais sustentáveis e inteligentes.

A destinação inteligente de resíduos sólidos baseia-se em características fundamentais que visam otimizar o manejo do lixo e promover a sustentabilidade. O primeiro e mais

importante é a hierarquia no manejo de resíduos, conhecida como os 3R's + 1: reduzir, reutilizar, reciclar e recuperar. Reduzir significa minimizar a geração de lixo desde a origem, adotando hábitos de consumo consciente. Reutilizar envolve dar nova vida a produtos antes de descartá-los, prolongando seu ciclo de vida e reciclar transforma materiais descartados em novas matérias-primas, enquanto recuperar permite extrair energia de resíduos, por exemplo, como na produção de biogás em aterros sanitários (IPEA, 2020).

A gestão sustentável de resíduos pode ser implementada com diferentes níveis de investimento, cada um com impactos ambientais e sociais significativos. A coleta seletiva aliada a cooperativas de catadores apresenta um custo baixo de implementação, enquanto seu impacto é duplamente positivo: aumenta as taxas de reciclagem e gera empregos formais para comunidades vulneráveis. Já a compostagem comunitária se destaca por seu custo muito baixo, podendo ser feita até em escala doméstica, com o benefício de reduzir pela metade o volume de lixo enviado a aterros e ainda produzir adubo orgânico de qualidade.

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente, por meio de um manual de compostagem, temos que os resíduos orgânicos, que representam cerca de 50% dos resíduos urbanos gerados no Brasil, tem a particularidade de poderem ser reciclados por meio de processos como a compostagem, em qualquer escala, desde a doméstica até a industrial. Além dessa abrangência de escalas, a reciclagem de resíduos orgânicos não necessita de grandes exigências tecnológicas ou de equipamentos para que o processo possa ser realizado com segurança, de forma que a compostagem tem tido grande êxito em ações de educação ambiental associadas com jardinagem e agricultura urbana, como forma de empoderar pessoas na reprodução do ciclo da matéria orgânica e mudança de sua visão e relação com resíduos de modo geral. (BRASIL, MA, 2017)

Para cidades que ainda dependem de lixões, os aterros controlados exigem um investimento moderado, mas trazem um avanço crucial: eliminam a contaminação do solo e da água pelo chorume, protegendo o meio ambiente e a saúde pública. Por fim, os biodigestores de baixa tecnologia, com custo acessível, transformam resíduos orgânicos em energia renovável (biogás) e fertilizante líquido, fechando o ciclo de forma circular e sustentável.

Essa combinação de soluções prova que, com estratégia e priorização, é possível construir um sistema de gestão de resíduos eficiente, barato e ambientalmente responsável, adaptável a realidades diversas desde pequenos municípios a grandes cidades.

Para garantir uma gestão de resíduos verdadeiramente sustentável, é fundamental preciso investir em prevenção, evitar ao máximo práticas prejudiciais que comprometem o meio

ambiente e a saúde pública. Em primeiro lugar, os lixões a céu aberto devem ser urgentemente eliminados, pois contaminam o solo com chorume, poluem lençóis freáticos e emitem gases tóxicos, além de atrair vetores de doenças.

Outra prática a ser banida é a incineração sem controle tecnológico, que libera poluentes perigosos como dioxinas e metais pesados, agravando problemas respiratórios e ambientais. No entanto, tão crítico quanto as más práticas operacionais é negligenciar a educação ambiental – sem campanhas de conscientização que envolvam cidadãos, empresas e governos, mesmo as melhores soluções técnicas falham, pois dependem da participação ativa da sociedade.

Esses três pontos representam os principais obstáculos a serem superados na transição para um modelo circular de resíduos, onde a prevenção, o reaproveitamento e a destinação adequada sejam prioridades. A mudança exige fiscalização rigorosa, investimento em alternativas comprovadas (como as citadas anteriormente) e, sobretudo, compromisso coletivo com o futuro do planeta.

A construção de uma economia sustentável exige equilíbrio entre desenvolvimento e preservação ambiental. Isso significa adotar práticas que reduzam impactos ecológicos enquanto promovem crescimento econômico e justiça social. Soluções como reciclagem, energias renováveis, agricultura regenerativa e gestão inteligente de resíduos demonstram que progresso e sustentabilidade podem caminhar juntos. Essa transição demanda inovação tecnológica, políticas públicas eficientes e mudança de hábitos, provando que desenvolvimento econômico e conservação ambiental não são opostos, mas aliados essenciais para um futuro viável.

3.2 A TECNOLOGIA COMO AGENTE NA PROTEÇÃO AMBIENTAL

As novas tecnologias digitais têm potencial para se tornar uma fiel aliada na jornada da proteção ambiental, oferecendo soluções inteligentes para gestão de resíduos. Métodos como coleta seletiva automatizada, biorrefinarias e processos térmicos (pirólise/gaseificação) transformam resíduos em recursos valiosos, enquanto robótica avançada aprimora a reciclagem. Essas inovações reduzem impactos ambientais, promovem economia circular e otimizam processos sustentáveis. Ao converter passivos ambientais em oportunidades, a tecnologia se consolida como pilar fundamental para o desenvolvimento ecológico equilibrado, demonstrando que progresso tecnológico e conservação ambiental podem caminhar juntos.

Para Guadagnin *et al.* (2018) a implementação de programas de coleta seletiva, ecopontos e aterros sanitários são práticas importantes na gestão de resíduos. No entanto a IA

está transformando sistemas convencionais através de soluções como triagem automatizada por visão computacional e redes de sensores inteligentes para otimização da coleta.

Pesquisas recentes destacam a importância de sistemas automatizados de reciclagem para melhorar a eficiência e a segurança na gestão de resíduos. Segundo Ponciano *et al.* (2022), estudos mostram que correias transportadoras automatizadas em cooperativas de reciclagem aumentam a eficiência e a segurança dos trabalhadores, embora melhorias ergonômicas ainda sejam necessárias.

De acordo com Santos *et al.* (2016), a complexidade da cadeia de reciclagem, envolvendo múltiplas partes interessadas, impacta o processo de triagem e introduz vários riscos e restrições para os trabalhadores. Para enfrentar esses desafios, segundo Soares *et al.* (2024), soluções inovadoras foram desenvolvidas, como um sistema automatizado de triagem baseado em cores para tampas de garrafas de polietileno de alta densidade, o que aumenta o volume de processamento e o valor do material. Além disso, segundo Araújo *et al.* (2022), um sistema de correia transportadora com sensores foi projetado para automatizar a classificação de materiais recicláveis, otimizando o processo e promovendo a inclusão na força de trabalho. Esses avanços demonstram o potencial da automação para aprimorar os processos de reciclagem e abordar as preocupações ambientais.

Experiências europeias com usinas de reciclagem totalmente automatizadas contrastam com iniciativas brasileiras que buscam adaptar essas tecnologias a realidades locais, como os projetos piloto em Curitiba e São Paulo (IPEA, 2016). Particularmente promissores são os sistemas comunitários de baixo custo, que combinam sensores IoT simples com plataformas de logística reversa baseadas em *machine learning*. A análise comparativa dessas experiências revela que o sucesso da implementação depende menos da sofisticação tecnológica e mais da adequação aos contextos socioeconômicos específicos.

Segundo Beraldo *et al.* (2023), a gestão de resíduos sólidos no Brasil enfrenta inúmeros desafios, incluindo dificuldades na coleta, tratamento e destinação adequada. Nesse interim Knopf *et al.* (2022) complementam que os consórcios intermunicipais foram identificados como uma solução potencial, mas também enfrentam obstáculos na implementação e coordenação.

Os principais problemas de acordo com Beraldo *et al.* (2023) incluem a falta de dados precisos para análise, variações significativas de custos entre as regiões e a necessidade de abordagens mais colaborativas entre os municípios. Para os autores Spoti e Amaral (2023), a transformação de resíduos em novos recursos é crucial para a conservação ambiental e a redução da poluição.

Em instituições de ensino, segundo Ferrari *et al.* (2015), os desafios incluem a definição de responsabilidades para a implementação e o monitoramento da coleta seletiva, a falta de mecanismos eficazes de resolução de problemas e a gestão de prestadores de serviços. Enfrentar esses desafios requer uma abordagem abrangente que considere as perspectivas econômica, social e ambiental para aprimorar as práticas de gestão de resíduos sólidos no Brasil.

Tomando consciência dos desafios da gestão sustentável de resíduos sólidos, como a escassez de recursos financeiros e a falta de infraestrutura em regiões periféricas, despontam de maneira promissora soluções baseadas em Inteligência Artificial (IA) e Internet das Coisas (IoT) de baixo custo emergem como alternativas viáveis para democratizar o acesso a tecnologias verdes e melhorar a eficiência ecológica.

Um exemplo é o uso de algoritmos de machine learning para aprimorar os processos de triagem de resíduos eletrônicos. Esses algoritmos são capazes de analisar grandes volumes de dados e identificar padrões complexos nos materiais recicláveis, permitindo uma separação mais eficiente e precisa dos componentes eletrônicos. Isso não apenas aumenta a otimização de processos de reciclagem, mas também reduz o desperdício e maximiza o aproveitamento de materiais. (Reciclo, 2022)

Além disso, a inteligência artificial está sendo empregada em sistemas de visão computacional para identificar e separar materiais recicláveis com maior precisão. Esses sistemas utilizam câmeras e sensores para escanear os resíduos eletrônicos em tempo real, identificando automaticamente os materiais e classificando-os de acordo com sua composição. Isso permite uma separação mais eficiente e precisa dos materiais, facilitando o processo de reciclagem e aumentando a quantidade de materiais recuperados. (Reciclo, 2022)

O desenvolvimento de sistemas de roteamento inteligente para otimizar as rotas de coleta de resíduos também é uma possibilidade de uso dessa inteligência para analisar dados de tráfego, padrões de coleta e demanda de resíduos, identificando as rotas mais eficientes e econômicas para os veículos de coleta. (Reciclo, 2022)

No entanto, a implementação dessas soluções tecnológicas, assim como de outras inovações, como pirólise e gaseificação, representam uma barreira econômica para muitos municípios e empresas, dificultando a modernização dos sistemas de gestão de resíduos. Esses desafios, embora complexos, não são intransponíveis e demandam ações coordenadas entre poder público, iniciativa privada e sociedade civil para serem superados.

A tecnologia pode ser uma grande aliada, com a instalação de sensores em lixeiras para monitoramento em tempo real, permitindo a otimização das rotas de coleta e reduzindo custos operacionais. Para os resíduos orgânicos, a compostagem comunitária surge como solução

acessível, transformando sobras em adubo de qualidade enquanto reduz o volume destinado a aterros.

Por fim, a criação de incentivos fiscais para empresas que implementarem logística reversa estimula a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos. Estas medidas, quando aplicadas de forma integrada, podem criar um sistema circular de gestão de resíduos que beneficia o meio ambiente, a economia e a sociedade como um todo.

4. FOMENTO A MODELOS ECONÔMICOS SUSTENTÁVEIS E SOCIALMENTE INCLUSIVOS MEDIANTE TECNOLOGIAS DE IA

A transição do modelo econômico linear para paradigmas circulares vem se consolidando como resposta estratégica aos crescentes desafios ambientais e à escassez de recursos naturais. Martins *et al.* (2023) destacam que essa mudança paradigmática vai além da simples substituição do padrão tradicional de produção, exigindo a construção de sistemas produtivos baseados em princípios de regeneração e otimização de recursos. No cenário empresarial contemporâneo, observa-se uma adoção crescente de estratégias circulares, com organizações desenvolvendo capacidades dinâmicas para integrar esses princípios em suas operações, o que tem gerado ganhos significativos em termos de eficiência e competitividade (Leitão *et al.*, 2024).

Contudo, a implementação efetiva desse novo modelo econômico enfrenta desafios complexos e multidimensionais. Estudos recentes (Santos *et al.*, 2025; Cabral *et al.*, 2024) identificam obstáculos que vão desde questões operacionais, como a falta de métricas padronizadas para avaliar o desempenho circular, até desafios estruturais mais amplos, como disparidades regionais na capacidade de implementação e riscos de práticas superficiais de sustentabilidade. Essas limitações revelam a necessidade premente de abordagens integradoras que considerem simultaneamente as dimensões técnicas, sociais e políticas envolvidas na transição para modelos circulares.

A complexidade inerente a esse processo de transição sugere a importância de desenvolver pesquisas futuras que possam oferecer *frameworks* de avaliação mais abrangentes, propor modelos de governança adaptáveis a diferentes contextos e, principalmente, articular de forma equilibrada a inovação tecnológica com as demandas por equidade social. Como argumentam Martins *et al.* (2023), a consolidação da economia circular como paradigma dominante dependerá fundamentalmente da capacidade de superar essas assimetrias por meio

de arranjos colaborativos intersetoriais e políticas públicas desenhadas para promover uma transição justa e inclusiva.

Estudos recentes evidenciam o papel estratégico das inovações tecnológicas na transição para modelos sustentáveis. Santos *et al.* (2025) destacam que tecnologias emergentes, como IoT, blockchain e energias renováveis, são catalisadoras essenciais para a implementação de práticas de economia circular em múltiplos setores industriais. Complementarmente, Cabral *et al.* (2024) reforçam que a otimização da gestão de resíduos sólidos por meio de soluções tecnológicas avançadas constitui um fator crítico para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU. Essa convergência entre inovação tecnológica e sustentabilidade ambiental aponta para novos paradigmas de produção e consumo, onde a eficiência operacional se harmoniza com a preservação ecossistêmica.

A economia circular consolida-se como modelo fundamental para enfrentar os desafios ambientais contemporâneos, com empresas desenvolvendo estratégias inovadoras para sua adoção (Leitão *et al.*, 2024). Tecnologias digitais como IoT e blockchain demonstram potencial para impulsionar essa transição (Santos *et al.*, 2025), porém enfrentam barreiras como disparidades regionais e práticas de greenwashing (Cabral *et al.*, 2024). Esta análise revela a importância de desenvolver abordagens integradas que combinem inovações tecnológicas com mecanismos de governança robustos e princípios de equidade social. Pesquisas futuras devem aprofundar a compreensão dessas dinâmicas complexas, propondo soluções adaptáveis aos diferentes contextos socioeconômicos.

4.1 A IA COMO FACILITADORA DA ECONOMIA CIRCULAR E INCLUSIVA

A Inteligência Artificial (IA) vem se consolidando como elemento-chave para a consolidação de modelos econômicos circulares, conforme evidenciado por pesquisas recentes. Tutore *et al.* (2024) destacam que a aplicação estratégica da IA ultrapassa a simples otimização de processos, promovendo uma reestruturação dos sistemas produtivos em direção à circularidade. Essa transformação é amplificada quando combinada com tecnologias de Big Data, que segundo Aragon *et al.* (2024), permitem avanços significativos na gestão inteligente de recursos e na criação de novas oportunidades de valorização de materiais.

No entanto, a análise crítica desses estudos revela que a IA oferece ferramentas poderosas para enfrentar desafios complexos da economia circular, como a rastreabilidade de materiais e o desenvolvimento de cadeias de suprimentos sustentáveis. Contudo, os autores alertam para a necessidade de abordar questões fundamentais como a preparação da

infraestrutura tecnológica, a formação de capital humano qualificado e a adaptação às particularidades regionais. O verdadeiro potencial transformador dessas tecnologias só será alcançado quando integrado a políticas públicas inclusivas e modelos de governança que assegurem benefícios amplamente distribuídos.

Essas constatações apontam para um novo paradigma econômico, no qual a IA serve como alicerce para sistemas produtivos que equilibram eficiência, sustentabilidade e equidade. Futuras investigações devem concentrar-se em estratégias para ampliar o alcance dessas soluções tecnológicas, garantindo sua aplicação em diversos contextos socioeconômicos sem reproduzir desigualdades existentes.

Tecnologias como Internet das Coisas, IA, computação em nuvem e Big Data podem inovar setores tradicionalmente analógicos, particularmente na gestão de resíduos de acordo com Martins (2021). Conforme os autores Soares *et al.* (2024), no que se refere ao uso combinado de tecnologias facilitadoras da Indústria 4.0 e princípios de EC ajuda a superar os desafios de operacionalização, suavizando a transição de cadeias de suprimentos lineares para circulares.

No entanto, segundo Aragon *et al.* (2024) a implementação bem-sucedida requer uma abordagem multidisciplinar, educação contínua e colaboração entre empresas, instituições educacionais e entidades governamentais. Essa integração de tecnologias avançadas com práticas de EC é essencial para enfrentar os desafios da sustentabilidade.

Em síntese, a IA representa um alicerce promissor para sistemas produtivos que harmonizam eficiência, sustentabilidade e equidade. No entanto, seu impacto transformador só será plenamente realizado por meio de uma integração cuidadosa entre inovação tecnológica, educação contínua e mecanismos institucionais inclusivos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados desta pesquisa confirmam o potencial transformador da IA e tecnologias sustentáveis na gestão de resíduos, quando implementadas com os princípios de equidade, eficiência e adaptação local apresentados na introdução. Os sistemas de IA preditiva demonstraram eficácia no monitoramento ambiental, confirmando sua capacidade preventiva destacada inicialmente, embora requeiram equilíbrio entre benefícios e consumo energético.

As soluções tecnológicas acessíveis (sensores IoT, compostagem comunitária e biodigestores) validaram a segunda dimensão do estudo, mostrando-se viáveis para comunidades com menos recursos, conforme previsto. Da mesma forma, a integração de

catadores através de plataformas digitais comprovou a viabilidade da terceira dimensão - inclusão socioeconômica.

Os desafios identificados, desde desigualdades regionais até necessidade de políticas públicas, reforçam a importância do *framework* integrado proposto na introdução, que conjuga precisão técnica com acessibilidade econômica. Por fim, conclui-se que a abordagem tridimensional inicial tecnologia adaptada, inclusão social e governança colaborativa, como caminho para transformar resíduos em recursos, reafirmando a necessidade de soluções que articulem inovação tecnológica com equidade social para alcançar um desenvolvimento verdadeiramente sustentável.

REFERÊNCIAS

- ABRANTES, Paula Cotrim de. GUEDES, Vania Lisboa da Silveira, INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL GENERATIVA, INOVAÇÃO E SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL: um caminho bifurcado. **P2P E INOVAÇÃO**, v. 11, n. 1, 2024.
- ALMEIDA, Lahis G. de. BORIN, Juliana F. Plataforma inteligente e sustentável para coleta de resíduos baseada em iot e lpwan. In: **Workshop de Computação Urbana (CoUrb)**. SBC, 2021. p. 154-167.
- ANJOS, J. M. S. Sistema de Apoio à Decisão Baseado em Inteligência Artificial para Gerenciamento de Resíduos Sólidos. Dissertação de Mestrado, p.71. 2023.
- ARAGON, Julio Andres Silva; DURAN, Omaira Manzano; CASTRO, Yolanda Gonzalez. Análisis Teórico de la Optimización del Ciclo de Vida de Materiales mediante Tecnologías de Inteligencia Artificial y Big Data: Estrategias de Reutilización en la Economía Circular. **Revista Científica Profundidad Construyendo Futuro**, v. 21, n. 21, p. 123-139, 2024.
- ARAÚJO, Maria Fernanda Viana et al. MANEJO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NA LOCALIDADE JARDIM DE ALAH, AÇAILÂNDIA–MARANHÃO. 2022.
- BERALDO, Bianca de Cássia Cardoso et al. Desafios da gestão de resíduos sólidos urbanos em municípios fluminenses. In: **Tudo é Ciência: Congresso Brasileiro de Ciências e Saberes Multidisciplinares**. 2023.
- BONAFIN, Luana. SILVA, Luciana da. KORF, Eduardo Pavan. Levantamento de boas práticas aplicadas à gestão de resíduos sólidos urbanos no contexto das cidades inteligentes. **Revista Gestão & Sustentabilidade**, Brasil, v. 4, n. 1, p. e14041, 2023.
- BUGELLI, Carolina do Val, SCUR, Gabriela. ECONOMIA CIRCULAR E GESTÃO DE RESÍDUOS: UMA ANÁLISE DO POTÊNCIAL DE DIGITALIZAÇÃO.

CABRAL, Marcos Vinicius Afonso et al. Gestão dos resíduos sólidos na transição para a economia circular e o cumprimento dos ODS 2030. **Cuadernos de Educación y Desarrollo**, v. 16, n. 3, p. e3516-e3516, 2024.

CARMO, Maria Vitória Nava Silva do; LIMA, Carlos Henrique Ribeiro. Caracterização Espaço-Temporal das Secas no Nordeste a partir da Análise do índice SPI. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 35, p. 233-242, 2020.

DAVIES, Diane K. et al. Fire information for resource management system: archiving and distributing MODIS active fire data. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 47, n. 1, p. 72-79, 2008.

DAVIES, Diane et al. Expanding NASA's Land, Atmosphere Near Real-Time Capability for EOS (LANCE). In: American Geophysical Union (AGU) Fall Meeting, 2017.

FERRARI, Maria Vitoria Duarte et al. Desafios à gestão de resíduos em IES pública: estudo de caso na Universidade de Brasília-Campus Darcy Ribeiro. 2016.

GLOBAL FOREST WATCH. Monitoramento de Florestas Projetado para a Ação. 2025. Disponível em:< <https://www.globalforestwatch.org>> Acesso em 10 de abr. 2025.

GUADAGNIN, Mario Ricardo; SELAU, Cassandra Costa; CADORIN, Sabrina Baesso. Gestão e gerenciamento de resíduos sólidos no município de Criciúma/SC. **Tecnologia e Ambiente**, v. 24, p. 159-180, 2018.

KNOPF, Débora dos Santos et al. Gestão de resíduos sólidos:: dificuldades e potencialidades em um consórcio intermunicipal. **Exacta**, v. 21, n. 4, p. 1009-1028, 2023.

LEITÃO, Fabricio Oliveira et al. Circularidade como capacidade dinâmica: Uma revisão e uma agenda para uma transição circular. **Revista de Administração de Empresas**, v. 64, p. e2023-0084, 2024.

MARANHÃO, R. de A. Inteligência artificial para gestão de resíduos em cidades inteligentes no contexto das mudanças climáticas: uma revisão da literatura. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, [S. l.], v. 7, n. 3, p. e73115, 2024

MARTINS, Leonardo Medeiros. Tecnologias da Informação e Proposição de Valor para a Economia Circular: estudo com empresas do setor de gestão de resíduos. **GESTÃO. Org**, v. 19, n. 2, p. 250-270, 2021.

MARTINS, Thalisson de Sousa, et al. Transição da economia linear para a economia circular de equipamentos eletro-eletrônicos. **Revista Organizações em Contexto**, v. 19, n. 37, p. 329-361, 2023.

Ministério do Meio Ambiente, Centro de Estudos e Promoção da Agricultura de Grupo, Serviço Social do Comércio. Compostagem doméstica, comunitária e institucional de resíduos orgânicos: manual de orientação. Brasília, DF: MMA, 2017.

POTASCHEFF, Eliana Sgarbi de Carvalho. GIL, Mauro Cesar Cantarino. A relevância da inteligência artificial no Direito Penal: O uso da Lógica Fuzzy no incremento do controle

social formal na gestão pública dos resíduos industriais. **Research, Society and Development**, v. 13, n. 1, p. e5313144766-e5313144766, 2024.

SALIB, Marta Luiza Leszczynski; GARCIA, Denise Schmitt Siqueira. O USO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E DOS ALGORITMOS NO LICENCIAMENTO AMBIENTAL E O PRINCÍPIO DA PRECAUÇÃO. **Conpedi Law Review**, v. 7, n. 1, p. 01-20, 2021.

SANTANA, Ágatha Gonçalves. TEIXEIRA, Carla Noura. DE MOURA JUNIOR, João Valério. A importância da inteligência artificial nos Tribunais Brasileiros para o direcionamento de Políticas Públicas Ambientais na Amazônia. **P2P E INOVAÇÃO**, v. 7, p. 118-134, 2021.

SANTOS, D. B. dos; REIS, B. D. dos; SOUZA, C. A. de; SILVA, E. N. da; SOUZA, E. J. A. de; VILHENA, F. A. de F.; FERREIRA, H. S.; NASCIMENTO, J. W. do; FAGUNDES, J. M.; BEKER, J. C.; MIRANDA, N. V. de; SANTANA, R. B. de; MONTEIRO, S. M. C.; OLIVEIRA, T. L. de; OLIVEIRA, K. de. Inovação tecnológica na sustentabilidade: uma revisão sistemática sobre o papel das tecnologias verdes na transição para economia circular. **CONTRIBUCIONES A LAS CIENCIAS SOCIALES**, [S. l.], v. 18, n. 1, p. e14482, 2025.

SANTOS, Sergio Rodrigo Quadros dos. CUNHA, Ana Paula Martins do Amaral. RIBEIRO-NETO, Germano Gondin. Avaliação de dados de precipitação para o monitoramento do padrão espaço-temporal da seca no nordeste do Brasil. **Revista brasileira de climatologia**, v. 25, 2019.

SOARES, Carolina Machado Fraguas; SANTOS, Chaylana Saldanha; SABBADINI, Francisco Santos; NIKOOFARD, Vahid; DE LIMA, Daniela Maria Garcia. Economia Circular e Indústria 4.0: : áreas de Aplicação Conjunta. **Exacta**, [S. l.], p. e23704, 2024.

SPOTI, Tanaiane Beatriz. AMARAL, Creusa Sayuri Tahara. Os desafios da gestão de resíduos sólidos urbanos domésticos no Brasil. **Brazilian Journal of Development**, v. 9, n. 2, p. 8712-8724, 2023.

INOVAR AMBIENTAL – Gerenciamento de resíduos. Qual é o segredo da Suécia para reaproveitar 99% dos resíduos que produz? Disponível em:< <https://inovarambiental.com.br/2017/05/04/qual-e-o-segredo-da-suecia-para-reaproveitar-99-dos-residuos-que-produz/>>. Acesso em 25 de mar 2025.

PORTAL SUSTENTABILIDADE. 5 países reconhecidos por boas práticas na gestão de resíduos sólidos urbanos. Disponível em:< <https://portalsustentabilidade.com/2023/06/22/5-paises-reconhecidos-por-boas-praticas-na-gestao-de-residuos-solidos-urbanos/>>. Acesso em 24 de mar de 2025.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CURITIBA - PR. Programas da Prefeitura ajudam Curitiba a ficar próxima de alcançar a meta Lixo Zero. Disponível em:< <https://www.curitiba.pr.gov.br/noticias/programas-da-prefeitura-ajudam-curitiba-a-ficar-proxima-de-alcancar-a-meta-lixo-zero/70829>>. Acesso em 24 de mar de 2025.

RECICLO – Inteligência Ambiental. Inteligência Artificial na Gestão de Resíduos. 2022. Disponível em:< <https://gruporeciclo.com/inteligencia-artificial-na-gestao-de-residuos/#:~:text=Um%20exemplo%20%C3%A9%20o%20uso,e%20precisa%20dos%20componentes%20eletr%C3%B4nicos.<>>. Acesso em 25 de mar de 2025.

SÃO PAULO. Portal educação. Biogás e Biometano: a relação entre o saneamento brasileiro e a obtenção de energia. Disponível em:<
<https://semil.sp.gov.br/educacaoambiental/prateleira-ambiental/biogas-e-biometano-a-relacao-entre-o-saneamento-brasileiro-e-a-obtencao-de-energia/>>. Acesso em 24 de mar de 2025.

TUTORE, Ilaria et al. A conceptual model of artificial intelligence effects on circular economy actions. **Corporate Social Responsibility and Environmental Management**, v. 31, n. 5, p. 4772-4782, 2024.

WETLER, Joanna Passos et al. Gestão de resíduos sólidos urbanos em cidades inteligentes: possibilidades para o município de Vitória-ES. **Revista de Gestão e Secretariado**, v. 16, n. 1, p. e4558-e4558, 2025.