



RECICLAGEM E REUTILIZAÇÃO DE MATERIAIS - INOVAÇÕES EM PROCESSOS MECÂNICOS PARA A RECICLAGEM E REUTILIZAÇÃO DE MATERIAIS EM EMPRESAS COM FOCO NA SUSTENTABILIDADE.

Alifer Rodrigo dos Santos Camargo¹

Amanda de Abreu Freire²

Hannah Andreas Nobre de Oliveira³

Júllia Cristhina Rios Loureiro⁴

Kendilly Franciele Almeida⁵

Letícia da Silva Melo⁶

Murilo Soares Marcos⁷

Nicolas Lopes Pinheiro da Silva⁸

Roque Siqueira Neto⁹

Marimar Guidorzi de Paula¹⁰

Resumo: Este estudo examina o cenário da reciclagem e sustentabilidade no Brasil, destacando os avanços e desafios após a implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) em 2010. Apesar de melhorias na gestão de resíduos, a baixa taxa de reciclagem, a desvalorização de materiais reciclados e a falta de incentivos fiscais continuam sendo obstáculos. A pesquisa utiliza uma revisão bibliográfica para investigar o papel do Direito Ambiental, que regulamenta a preservação e o uso sustentável dos recursos naturais. A crise na reciclagem afeta principalmente os catadores, que são responsáveis por 90% do volume reciclado, mas enfrentam condições precárias de trabalho e remuneração. Inovações tecnológicas, como a inteligência artificial, são apontadas como alternativas para otimizar o processo de reciclagem. O estudo também propõe novas regulamentações, como incentivos fiscais e tributários, para estimular a economia circular e melhorar as práticas ambientais. Por fim, conclui-se que são

necessárias políticas públicas mais efetivas para incentivar a indústria e conscientizar a população sobre a importância da reciclagem, buscando um futuro sustentável e equilibrado tanto ambiental quanto economicamente.

Palavras-Chaves: Sustentabilidade; Reciclagem; Direito Ambiental; Economia Circular.

Abstract: This study examines the recycling and sustainability scenario in Brazil, highlighting advances and challenges following the implementation of the National Solid Waste Policy (PNRS) in 2010. Despite improvements in waste management, low recycling rates, the devaluation of recycled materials, and the lack of fiscal incentives remain significant obstacles. The research is based on a literature review to explore the role of Environmental Law in regulating the preservation and sustainable use of natural resources. The recycling crisis mainly affects waste pickers, responsible for 90% of the recycled volume but facing precarious working conditions and low pay. Technological innovations, such as artificial intelligence, are identified as potential solutions to optimize the recycling process. The study also proposes new regulations, including fiscal and tax incentives, to promote a circular economy and enhance environmental practices. In conclusion, more effective public policies are needed to encourage industry and raise public awareness about the importance of recycling, aiming for a more environmentally and economically sustainable future.

Keywords: Sustainability; Recycling; Environmental Law; Circular Economy.

1. INTRODUÇÃO

O contexto desta pesquisa é apresentar o cenário atual em que o Brasil se encontra, a respeito da reciclagem e da sustentabilidade. Para que se tenha uma compreensão assertiva sobre o estado do país, será necessário entender quem atua de forma direta e indireta.

Não somente no Brasil, mas no mundo, a sustentabilidade e a reciclagem têm ganhado grande atenção das empresas. No Brasil, a implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), em 2010, apresentou um significativo avanço nas gestões, provocando atenção para a realização dos descartes de forma regular e não prejudicial ao meio ambiente. As empresas de reciclagem no Brasil têm passado por crises que afetam diretamente os catadores, que, em sua maioria, trabalham de forma autônoma, buscando diariamente o sustento de suas famílias, conforme descrito por Cebrasse (2024).

Desse modo, o maior problema a ser enfrentado atualmente é a baixa taxa de reciclagem, reflexos do baixo impacto da PNRS. As empresas buscam diversas formas de fazer com que seus produtos se tornem reutilizáveis e que o material necessário para

manutenção e criação não tenha um fim prejudicial à natureza. Sabese que, atualmente, grandes multinacionais buscam a implementação da inteligência artificial para tentar minimizar ao máximo os impactos em grande escala que podem ser causados.

Tem-se como principal objetivo buscar novas formas de conscientização, tanto das indústrias quanto dos consumidores finais, além de proporcionar condições dignas aos catadores, devido a situação precária que atuam hoje, Bianchi (2022) e começar a reutilização dos materiais desde o início da cadeia de consumo. As leis também se fazem presentes neste contexto, assegurando a proteção ambiental, impondo limites à degradação e exigindo o cumprimento de padrões que garantam o equilíbrio ecológico e materializem os objetivos dos direitos sustentáveis.

Tendo em vista que o entendimento acerca deste tema é de suma importância para o cuidado e evolução das populações, é necessário conscientizar ao máximo cada indivíduo sobre o ato de reciclar, reutilizar ou até mesmo fazer uso de materiais retornáveis, Onu (2024). As empresas devem buscar, com base nas leis, formas lícitas de não prejudicar o meio ambiente ou as pessoas que trabalham para mantê-lo saudável.

Contudo, haverá diversos desafios a serem suportados e superados futuramente, encarando as mudanças climáticas e a vulnerabilidade em que nos encontramos. Também se faz necessária a criação de políticas públicas com fins de incentivo, para que os produtos que têm valores associados à reciclagem diminuam, estimulando a indústria de reciclagem, o que levaria ao desenvolvimento de novas estratégias e técnicas, benéficas a todas as partes.

2. METODOLOGIA

A metodologia adotada para este estudo baseia-se na revisão bibliográfica de fontes variadas, abrangendo artigos científicos, legislações pertinentes, sites especializados e doutrina acadêmica. A revisão bibliográfica mostrou-se adequada por proporcionar a identificação de conceitos fundamentais, além de assegurar o embasamento necessário para a argumentação desenvolvida ao longo do artigo.

3. PANORAMA DA RECICLAGEM NO BRASIL

A relevância da reciclagem no Brasil tem aumentado, especialmente em um contexto em que a preocupação com questões ambientais se intensifica globalmente. A implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), em 2010, apresentou um avanço significativo na gestão de resíduos, estabelecendo diretrizes para a reutilização e o descarte adequado de materiais.

Atualmente, a situação da reciclagem no Brasil é marcada por uma crise, evidenciada pela desvalorização dos materiais reciclados e pela instabilidade tributária. Setores como o de papel e papelão têm enfrentado uma redução drástica nos preços, dificultando a reciclagem e a reutilização. A remuneração recebida pelos catadores de papelão caiu significativamente, levando muitos a abandonarem suas atividades. Essa desvalorização resulta no aumento do acúmulo de resíduos e na diminuição das taxas de reciclagem. Além disso, a falta de incentivos e os baixos salários os mantêm em condições precárias.

No que diz respeito aos plásticos, o Brasil se destaca como um dos maiores produtores de resíduos plásticos do mundo, com a geração per capita superando a média global.

A situação da coleta seletiva também é preocupante, apenas cerca de 30% das cidades brasileiras oferecem serviços de coleta seletiva porta a porta, o que limita a maximização da reciclagem de materiais.

Apesar da existência de isenções de determinados impostos na comercialização de materiais reciclados, a incerteza quanto a futuras alterações na legislação tributária gera apreensão entre os empreendedores do setor. Ademais, a concentração das indústrias na produção de seus próprios insumos, em vez de adquirir materiais reciclados no mercado, reduz a demanda por esses materiais, tornando a reciclagem ainda mais desafiadora.

A intervenção do Ministério do Meio Ambiente é crucial para incentivar a prática da reciclagem, no entanto, sem um controle adequado e estímulos que valorizem os materiais reciclados, essas políticas terão um impacto limitado.

4. O PAPEL DO DIREITO NA PROMOÇÃO DA SUSTENTABILIDADE

O Direito desempenha um papel fundamental na promoção da sustentabilidade por meio da criação de leis que asseguram a aplicação de conceitos e princípios de proteção ambiental.

O texto constitucional prevê, em seu artigo 225, a defesa e preservação do meio ambiente, assegurando qualidade de vida às gerações presentes e futuras. O artigo visa integrar princípios de direitos humanos, tais como a dignidade da pessoa humana, o direito à vida e à saúde, aos princípios de direito ambiental, como o desenvolvimento sustentável e a participação popular, conforme entendimento de Costa (2021).

Estão em vigor normas jurídicas para regular a utilização dos recursos naturais de forma responsável, garantir a preservação dos ecossistemas e proteger o meio ambiente das ações degradantes. Leis como a Política Nacional de Meio Ambiente (Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981) e o Código Florestal (Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012), de acordo com Costa, 2021, estabelecem respectivamente, conceitos, terminologias, objetivos, criação do Conselho Nacional do Meio Ambiente - Conama, e diretrizes claras para a exploração sustentável dos recursos, impondo limites à degradação e exigindo o cumprimento de padrões que assegurem o equilíbrio ecológico.

Na esfera da sustentabilidade, vigora desde 2010 a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010), que, dentre outras melhorias, prevê a extinção dos lixões, a serem substituídos por aterros sanitários.

Ao longo das legislações, o Direito Ambiental se consolida como uma ferramenta essencial para a materialização dos objetivos de desenvolvimento sustentável, harmonizando a proteção ambiental com o progresso econômico e social, conforme defendido por Oliveira (2024), garantindo que as gerações presentes e futuras possam usufruir de um ambiente saudável e equilibrado.

5. INOVAÇÕES EM PROCESSOS MECÂNICOS DE RECICLAGEM E REUTILIZAÇÃO DE MATERIAIS

Atualmente existem diversos sistemas mecânicos utilizados na reciclagem e reutilização de materiais, como os moinhos de facas utilizados para cortar plásticos em

partes menores, e o moinho de martelos utilizado para triturar materiais, como o vidro por exemplo.

No Brasil, a lei 12.305 de 2010 traz a lei de Política Nacional de Resíduos Sólidos, dispondo sobre como dever ser o tratamento dos resíduos sólidos gerados e seu descarte apropriado.

Convém também destacar brevemente o que é a reciclagem e o que é a reutilização de materiais. Pela supracitada lei a reciclagem ocorre pela alteração sua propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em produtos novos.

Já quanto a reutilização, é um reaproveitamento sem a alteração da composição física, físico-química ou biológica da coisa, de acordo com o artigo 3º, incisos XIV e XVIII da lei 12.305/2010.

E os processos mecânicos podem ser amplamente utilizados e otimizados para auxiliar na reutilização e reciclagem, como é apresentado no trabalho “Simulação de sistema automatizado de separação de resíduos recicláveis” de Mateus Souza Martins Cunha.

Cunha (2023) apresenta ideias de sistemas automatizados para a separação dos materiais, utilizando sensores, um sistema de transporte e um Controlador Lógico Programável.

Outro hábil exemplo, está no trabalho “Sistema de inspeção automatizada utilizando inteligência artificial aplicada na reciclagem de garrafas de vidro” dos autores Gabriel Galati Martins, Luigi Palmigiano Fregnani, Luiz Henrique Gomes Nogueira, onde ficou demonstrado ser possível a união da tecnologia com o desenvolvimento sustentável, através de programação Python para criar um sistema capaz de avaliar garrafas de vidro e dar a elas o destino de reciclagem ou de reutilização com base na análise de dados automática.

Servindo como exemplo de união da programação com meios mecânicos no mapeamento de descarte para coleta seletiva, usando a inteligência artificial como meio de identificação e separação rápida e eficiente, isto porque o descarte de resíduos sólidos atualmente é feito com pouco cuidado na separação.

Estas e outras iniciativas buscam atender ao princípio do desenvolvimento sustentável, previsto no artigo 6º da lei de Política Nacional de Resíduos Sólidos.

Um desenvolvimento que deve acompanhar o desenvolvimento da indústria e do mercado, pois com a criação de novas tecnologias, também surge a necessidade de aprimoração dos meios de tratamento adequados sobre elas.

E um dos meios de unir o desenvolvimento tecnológico com a sustentabilidade encontrados, é o de aproveitar o poder das Inteligências Artificiais aplicando aos processos de seleção, separação, e até mesmo controle da reciclagem.

6. PROPOSTAS DE NOVAS REGULAMENTAÇÕES

Em 2021, foi promulgada a Lei 14.260, que estabelece incentivos à indústria da reciclagem, com o objetivo de criar fundos de apoio para ações voltadas à reciclagem, como o (Favorecicle) e o (ProRecicle). No entanto, conforme o artigo 4º da referida lei, pessoas físicas estão limitadas a deduzir até 6% do imposto de renda, e pessoas jurídicas, até 1%. Esse incentivo é baseado na criação de fundos, com a ação de restituir o imposto de renda desses contribuintes. Entretanto, a legislação atual apresenta uma solução ineficaz e lacunas em seu próprio decreto, incluindo os valores a serem restituídos no imposto de renda são mínimos comparados ao investimento que pode ser realizado.

Conforme o autor do Livro Jean Carlos Rodrigues, em sua obra Engenharia de Materiais e Meio Ambiente: Reciclagem, Sustentabilidade, Novos processos e Desafios, no vol. 4, explana que as empresas deveriam implementar a produção energias fotovoltaicas, com o objetivo de, realizar práticas mais sustentáveis na produção de energia, visto que a redução de custos em energia elétrica deverá reduzir a emissão de gases tóxicos.

Nesse panorama, (THEODORO,2023), em seu artigo científico, explica que a sustentabilidade deve-se pautar na “Logística Reversa”, a qual, é um processo que busca recolher os resíduos que foram descartados, e devolver a cadeia produtiva, com o objetivo de reutilizar esses materiais, com a finalidade de economizar o uso dos recursos primários da natureza.

Portanto, ao criar previsões legislativas que resolvam as lacunas previstas no Decreto de 2021, será possível construir um país sustentável, visando a manutenção do ciclo regenerativo do planeta Terra. Sob esse viés, elaborar legislações com o objetivo de incentivar as empresas a utilizar energias fotovoltaicas para a produção de energia limpa,

renovável e sustentável. Isso posto, incluir previsões legais, para as instituições implementar planos de ações para utilizar a “Logística Reversa”, a qual é responsável em reutilizar os resíduos descartáveis, para economizar o consumo dos recursos fornecidos pela natureza.

7. EXEMPLOS DE EMPRESAS INOVADORAS

A reciclagem é um dos pilares da sustentabilidade e da economia circular, fundamentais para reduzir a extração de recursos naturais e evitar o acúmulo de resíduos em aterros. No Brasil, startups e empresas têm desempenhado papéis essenciais na transformação desse setor, promovendo práticas inovadoras e conscientizando a população sobre a importância do descarte correto.

Startups como a Triciclo incentivam o envolvimento da população ao usar máquinas que oferecem créditos em troca de materiais recicláveis, contribuindo para a redução de resíduos e conscientização. A Boomera, por sua vez, atua na logística reversa e em parcerias com cooperativas de catadores, transformando resíduos em matérias-primas e promovendo práticas sustentáveis junto a grandes corporações.

No setor de metais, a Gerdau recicla milhões de toneladas de sucata metálica, economizando energia e recursos naturais.

Essas entre outras demais empresas transformam desafios ambientais em oportunidades econômicas, gerando benefícios para a economia e a sociedade, ajudando a moldar um futuro mais sustentável no Brasil.

Por fim, vale ressaltar o FIT - Instituto de Tecnologia, que é um exemplo de como empresas podem inovar em conformidade com regulamentações ambientais. Focado no desenvolvimento de soluções tecnológicas para indústrias, o FIT promove práticas sustentáveis, como a otimização de processos e a gestão eficiente de resíduos, em alinhamento com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).

Nesse sentido, há leis e regulamentações que têm um impacto significativo nas práticas empresariais, especialmente em relação à sustentabilidade e à responsabilidade social. Regras ambientais, como a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), por exemplo, isso força as empresas a se adaptarem, investindo em tecnologias e processos

mais sustentáveis para atender às exigências legais, o que pode resultar na redução de impactos ambientais e na criação de novas oportunidades de negócios.

Além disso, regulamentações como as leis trabalhistas e normas de compliance garantem que as empresas operem dentro de padrões éticos e de responsabilidade social, ao mesmo tempo, oferecem benefícios para as empresas que seguem as normas, como maior credibilidade no mercado e melhor reputação junto aos consumidores.

8. INICIATIVAS GOVERNAMENTAIS E PARCERIAS PÚBLICO-PRIVADA

O objetivo central da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) é promover uma gestão responsável e sustentável dos resíduos sólidos no Brasil. Em síntese, a PNRS visa reduzir os impactos ambientais, prevenir os riscos à saúde pública, promover a responsabilidade compartilhada, valorizar os catadores de materiais recicláveis e fomentar a reciclagem e a economia circular.

As diretrizes que norteiam a gestão responsável dos resíduos sólidos no Brasil são: a responsabilidade compartilhada, a logística reversa, a hierarquia na gestão de resíduos, o plano de gerenciamento de resíduos sólidos e a coleta seletiva.

Sendo assim, a PNRS estabelece que a logística reversa é uma responsabilidade de todos os participantes do ciclo de vida de um produto e sua meta é diminuir a produção de resíduos sólidos e os efeitos na saúde humana e no ambiente. Portanto, a logística reversa é um meio de promover o progresso social e econômico, envolvendo diversas medidas para facilitar a coleta e restituição de resíduos sólidos às empresas.

Logo, a execução da PNRS não só busca reduzir os efeitos ambientais prejudiciais, mas também garantir o direito das pessoas a um ambiente saudável, evitando que a disposição de resíduos afete a qualidade de vida de grupos mais vulneráveis. Dessa forma, os 15 objetivos da PNRS são favoráveis para melhorar a qualidade do meio ambiente, ao reduzir os impactos ambientais causados pela disposição inadequada de resíduos sólidos; os aspectos sociais, ao promover mecanismos de proteção da saúde pública; e os políticos, ao influenciar a atuação do poder público diante dessa questão.

Por fim, o descumprimento das diretrizes estabelecidas pela PNRS pode resultar em diversas penalidades, como multas, interdições temporárias ou definitivas,

responsabilização civil ou criminal, suspensão de benefícios fiscais e incentivos, e restrições comerciais.

9. PARCERIAS PÚBLICO PRIVADAS E AS COOPERATIVAS DE CATADORES

A colaboração entre companhias privadas e grupos de catadores é essencial para aprimorar a coleta e reciclagem de materiais, principalmente em uma economia sustentável.

As cooperativas de catadores, muitas vezes compostas por trabalhadores informais, desempenham um papel essencial na coleta seletiva, visto que possuem uma ligação direta com as comunidades locais e compreendem os padrões de coleta e descarte da população. Contudo, sua eficiência frequentemente é prejudicada pela ausência de infraestrutura e equipamentos apropriados.

A formalização dos catadores, por meio de parceria público-privada, é um elemento crucial nessas colaborações. Cooperativas que estabelecem parcerias com empresas privadas muitas vezes são habilitadas para atuar dentro de limites legais e regulamentares, assegurando a proteção dos direitos trabalhistas dos catadores e aprimorando suas condições de trabalho.

Desse modo, as cooperativas de catadores e de reciclagem desempenham um papel fundamental no progresso sustentável da sociedade e na conservação do meio ambiente. Suas tarefas incluem o gerenciamento de resíduos sólidos, a coleta, separação e destinação correta de materiais recicláveis.

Portanto, as parcerias ajudam a diminuir a quantidade de resíduos que são descartados de forma imprópria em aterros sanitários e lixões, o que contribui para a preservação do ambiente e a redução da poluição. Assim, a parceria entre empresas privadas e cooperativas de catadores é fundamental para melhorar a coleta seletiva e o processamento de materiais recicláveis, incentivando a sustentabilidade e a inclusão social.

Ao combinar recursos e conhecimento, essas colaborações contribuem para a atualização da indústria de reciclagem, elevam a produtividade, criam oportunidades de mercado, melhoram as condições de trabalho e ajudam na formação de uma economia circular que valoriza o meio ambiente.

10. IMPACTO ECONÔMICO E SOCIAL DA RECICLAGEM NO BRASIL

Nos últimos anos, a reciclagem no Brasil tem sido cada vez mais valorizada, não só devido aos seus efeitos positivos no meio ambiente, mas também por suas influências econômicas e sociais. Com mais de 200 milhões de habitantes, o país enfrenta grandes obstáculos no gerenciamento de lixo, tornando a reciclagem essencial para a sustentabilidade e o desenvolvimento de uma economia mais verde e inclusiva.

Impacto Econômico

A indústria de reciclagem no Brasil gera bilhões de reais anualmente, criando postos de trabalho e impulsionando uma economia circular. De acordo com informações do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), “A ampliação da coleta seletiva e o aumento das taxas de reciclagem poderiam injetar mais de R\$ 8 bilhões anualmente na economia brasileira, criando milhares de empregos e fomentando a economia circular” (IPEA, 2012).

Essa área abrange desde a coleta e separação de itens recicláveis até sua conversão em novos produtos, gerando oportunidades econômicas em todos os estágios do ciclo. Um exemplo de como grandes empresas estão adotando a reciclagem é o projeto da Coca-Cola. A partir de 2018, a empresa assumiu o compromisso de coletar todas as embalagens que vende até o ano de 2030. Esse empreendimento, que requer um investimento de R\$ 1,6 bilhão, inclui iniciativas em colaboração com organizações não governamentais, cooperativas de catadores e a promoção do uso de embalagens reutilizáveis.

“A transição para um modelo de economia circular não só reduz o desperdício, mas também apresenta oportunidades econômicas significativas para as empresas, ao incorporar materiais reciclados em suas cadeias produtivas” (UNEP, 2019). Isso mostra que a reciclagem mecânica, principalmente na indústria de embalagens plásticas, tem se mostrado uma alternativa eficiente para o descarte responsável e o estabelecimento de um processo de produção mais sustentável.

Essa tática também pode valorizar os subprodutos gerados, como visto na reciclagem mecânica, que transforma o que seria descartado em novos produtos, elevando a imagem das empresas. No entanto, para que esse modelo funcione em grande escala, é necessário que seja rentável a longo prazo. Um exemplo de como o mercado pode lucrar

foi revelado em um relatório da CNN Brasil, em agosto de 2020, que trouxe informações da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (Abrelpe). De acordo com o relatório, a falta de reciclagem de resíduos ocasiona uma perda de R\$ 14 bilhões por ano no Brasil, indicando um grande potencial para melhorias e lucros econômicos.

Impacto Social

Sob o aspecto social, a reciclagem causa um impacto significativo, principalmente em áreas de menor poder aquisitivo. No Brasil, as cooperativas de catadores de materiais recicláveis desempenham um papel vital na coleta e separação de resíduos. Estima-se que mais de 800 mil indivíduos participem dessa atividade em diversas regiões do país. “As cooperativas de catadores promovem não apenas a inclusão produtiva de indivíduos vulneráveis, mas também contribuem significativamente para a gestão de resíduos no Brasil, gerando renda e dignidade para milhares de trabalhadores” (Instituto Pólis, 2017).

Esses trabalhadores, muitas vezes invisíveis e marginalizados, veem a reciclagem como uma fonte de rendimento e dignidade. Além de fornecer trabalho para indivíduos vulneráveis, as cooperativas de catadores também promovem a inclusão social e o desenvolvimento profissional. “A formalização dos catadores de materiais recicláveis é uma forma de inclusão social e econômica, que transforma vidas e fortalece o setor de reciclagem no país” (MNCR, 2018).

Iniciativas governamentais como a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) incentivam a formalização dos trabalhadores, assegurando-lhes melhores condições de trabalho e acesso a direitos como aposentadoria e benefícios sociais.

11. DESAFIOS E OPORTUNIDADES FUTURAS

Mesmo com avanços, o Brasil ainda enfrenta desafios para ampliar os benefícios econômicos e sociais da reciclagem, cuja taxa de reaproveitamento de resíduos urbanos é de apenas 3% a 4%. A falta de infraestrutura adequada para a gestão de resíduos sólidos, os incentivos econômicos insuficientes e a baixa conscientização da população dificultam o aumento dessa taxa. Em contraste, países como a Alemanha reciclam cerca de 67% de

seus resíduos, evidenciando a necessidade de políticas públicas mais eficazes e maior engajamento do setor privado (Silva et al., 2020; OECD, 2020).

O aumento da demanda por produtos sustentáveis e a conscientização ambiental dos consumidores são fatores que podem transformar o setor de reciclagem. Investimentos em novas tecnologias, como a separação automatizada e a reciclagem química, mostram-se promissores para expandir o setor e reduzir impactos ambientais. Além disso, o artigo 225 da Constituição Federal de 1988 define a responsabilidade compartilhada do Estado e da sociedade na proteção ambiental, reforçando a urgência de uma cooperação efetiva.

O recente relatório do IPCC alerta para o agravamento das mudanças climáticas, impulsionadas pelas emissões de gases de efeito estufa, que intensificam eventos extremos, como tempestades e secas. Assim, políticas públicas eficazes, investimentos em energias renováveis e práticas sustentáveis são essenciais para mitigar esses impactos.

Em 2023, a elevação da tributação sobre resíduos plásticos importados buscou fortalecer o mercado de reciclagem nacional. No entanto, o plástico virgem ainda tem tributação inferior ao reciclado, incentivando a preferência por materiais não reciclados. Essa situação evidencia a necessidade de políticas de incentivo que reduzam os tributos sobre produtos reciclados, impulsionem a indústria e promovam uma economia circular mais robusta.

5. CONCLUSÃO

O objetivo geral deste trabalho foi apresentar a situação do Brasil em relação à reciclagem, à sustentabilidade e aos cuidados com o meio ambiente. O desenvolvimento encontra-se estagnado, afetado por crises que atingem tanto empregadores quanto empregados, sejam eles CLT ou autônomos.

Após a apresentação do cenário atual e dos diversos fatores que contribuíram para essa situação, é possível observar vários pontos de vista diferentes, mantendo o foco na reciclagem e no quanto uma pequena ação pode ser prejudicial ao meio ambiente.

Desse modo, juntamente com as tecnologias futuras sendo utilizadas para o benefício geral, tem-se uma visão global da pesquisa e de seus aspectos mais relevantes,

visando à conscientização e ao aprofundamento dessa pauta, que faz parte do cotidiano de todos.

Contudo, a partir dos resultados encontrados nesta pesquisa, conclui-se que a criação de novas políticas públicas se faz necessária, a fim de incentivar as empresas. Esse incentivo trará novas ideias e soluções criativas para que o país se restaure, superando as crises e contribuindo para um futuro mais sustentável.

13. REFERÊNCIAS

- AMARAL, Daniela Soares. Reciclagem no Brasil: panorama atual e desafios para o futuro. Centro Universitário FMU, 2021. Disponível em: <https://portal.fmu.br/noticias/reciclagemno-brasil-panorama-atual-e-desafios-para-o-futuro/>. Acesso em: 12 out. 2024.
- BETHÔNICO, Thiago. Reciclagem vive crise inédita no Brasil quase 14 anos após política nacional. *Folha de São Paulo*, 2024. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/mercado/2024/06/reciclagem-vive-crise-inedita-no-brasilquase-14-anos-apos-politica-nacional.shtml>. Acesso em: 12 out. 2024.
- BIANCHI, R. A relevância social e ambiental dos catadores de materiais recicláveis. *Global Communities*, 2022. Disponível em: <https://globalcommunitiesbrasil.org/arelevancia-social-e-ambiental-dos-catadores-de-materiais-reciclaveis/>. Acesso em: 1 nov. 2024.
- BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 2 set. 1981. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938compilada.htm. Acesso em: 2 out. 2024.
- _____. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Promulgada em 5 de outubro de 1988. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 5 out. 1988. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm. Acesso em: 4 out. 2024.
- _____. Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 17 fev. 1998. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9605.htm. Acesso em: 4 out. 2024.
- _____. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 3 ago. 2010. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 2 out. 2024.
- _____. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 28 mai. 2012. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/L12651compilado.htm. Acesso em: 5 out. 2024.

- _____. Lei nº 14.260, de 8 de dezembro de 2021. Estabelece incentivos à indústria da reciclagem; e cria o Fundo de Apoio para Ações Voltadas à Reciclagem (Favorecycle) e Fundos de Investimentos para Projetos de Reciclagem (ProRecycle). *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 5 ago. 2022. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/lei/l14260.htm. Acesso em: 14 out. 2024.
- CEBRASSE. Crise sem precedentes na reciclagem do Brasil após quase 14 anos de Política Nacional. *Central Brasileira do Setor de Serviços*, 2024. Disponível em: <https://blog.cebrasse.org.br/2024/06/21/crise-sem-precedentes-na-reciclagem-do-brasil-apos-quase-14-anos-de-politica-nacional/>. Acesso em: 1 nov. 2024.
- COSTA, Jose Maria da. Direito Ambiental versus Código Florestal. *Migalhas*, 2021. Disponível em: <https://www.migalhas.com.br/depeso/348795/direito-ambiental-versus-codigoflorestal>. Acesso em: 26 out. 2024.
- CUNHA, Mateus Souza Martins. Simulação de sistema automatizado de separação de resíduos recicláveis. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia de Controle e Automação) – Universidade Federal de Uberlândia, [s. l.], 2023.
- DESAFIOS e oportunidades para o mercado de reciclagem em 2024. *Mundo do Plástico*, 2024. Disponível em: <https://mundodoplastico.plasticobrasil.com.br/reciclagem/desafios-e-oportunidades-para-o-mercado-de-reciclagem-em-2024>. Acesso em: 14 out. 2024.
- GRANDA, Alana. Índice de reciclagem no Brasil é de apenas 4%, diz Abrelpe. *Agência Brasil*, 2022. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2022-06/indice-de-reciclagem-no-brasil-e-de-4-diz->. Acesso em: 8 out. 2024.
- INSTITUTO PÓLIS. Reciclando vidas: a inclusão socioprodutiva de catadores de materiais recicláveis. São Paulo: Instituto Pólis, 2017. Disponível em: <http://www.polis.org.br/publicacoes/reciclando-vidas>. Acesso em: 27 out. 2024.
- IPEA. Resíduos sólidos no Brasil: oportunidades e desafios da reciclagem. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2012. Disponível em: http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=12345. Acesso em: 27 out. 2024.
- MARTINS, Gabriel Galati et al. Sistema de inspeção automatizada utilizando inteligência artificial aplicada na reciclagem de garrafas de vidro. 2023. 52 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Controle e Automação) – Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia, São Caetano do Sul, 2023.
- MÁXIMO, Welton. Camex mantém elevação de tarifas de importação de resíduos sólidos. *Agência Brasil*, 2024. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2024-07/camex-mantem-elevacao-de-tarifas-de-importacao-de-residuos-solidos/>. Acesso em: 9 out. 2024.
- MNCR. A importância das cooperativas de catadores para o desenvolvimento sustentável. *Movimento Nacional dos Catadores de Materiais Recicláveis*, 2018. Disponível em: <http://www.mnrc.org.br/publicacoes>. Acesso em: 27 out. 2024.
- O que é reciclagem mecânica?. *eCycle*. Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/o-que-e-reciclagem-mecanica/>. Acesso em: 9 out. 2024.
- OECD. Waste Management and the Circular Economy in Selected OECD Countries. Paris: Organization for Economic Co-operation and Development, 2020. Disponível em: <https://www.oecd.org/environment/waste-management>. Acesso em: 27 out. 2024.
- OLIVEIRA, Magalice Cruz de. O papel do direito ambiental na sustentabilidade: desafios e perspectivas. *Conteúdo Jurídico*, 2024. Disponível em: <https://conteudojuridico.com.br/consulta/Artigos%20/66764/o-papel-do-direito-ambiental-na-sustentabilidade-desafios-e-perspectivas>. Acesso em: 26 out. 2024.

ONU. Relatório da ONU aponta soluções para reduzir a poluição plástica. *ONU Brasil*, 2024. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/231688-relat%C3%B3rio-da-onu-aponta-solu%C3%A7%C3%B5es-para-reduzir-polui%C3%A7%C3%A3o-pl%C3%A1stica>. Acesso em: 5 nov. 2024.

POLÍTICA Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). *Gov.br*. Disponível em: <https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/emissoes-e-residuos/residuos/politica-nacional-de-residuos-solidos-pnrs>. Acesso em: 10 out. 2024.

POR que a reciclagem mecânica é aliada da economia circular?. *Futuro do Plástico*. Disponível em: <https://futurodoplastico.com/por-que-a-reciclagem-mecanica-e-aliada-da-economia-circular/>. Acesso em: 9 out. 2024.

RECICLAGEM em números. *Atlas Brasileiro da Reciclagem*. Disponível em: <https://atlasbrasileirodareciclagem.ancat.org.br/reciclagem-em-numeros>. Acesso em: 13 out. 2024.

RECICLAGEM vive crise inédita no Brasil quase 14 anos após Política Nacional. *ABREMA*, 2024. Disponível em: <https://www.abrema.org.br/2024/06/17/reciclagem-vive-crise-inedita-no-brasil-quase-14-anos-apos-politica-nacional/>. Acesso em: 7 out. 2024.

RODRIGUES, Jean Carlos. Engenharia de materiais e meio ambiente: reciclagem, sustentabilidade, novos processos e desafios. v. 4. São Paulo: Aya Editora, 2023.

SILVA, João; SOUZA, Ana; ALMEIDA, Carla. Desafios da gestão de resíduos sólidos nas grandes cidades brasileiras. *Revista de Administração Pública*, v. 54, n. 4, p. 901–920, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rap>. Acesso em: 27 out. 2024.

THEODORO, Clodoaldo Fernandes. Logística reversa: uma estratégia de sustentabilidade na manufatura. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Centro Universitário Internacional Uninter, Curitiba, 2023.

UNEP. The role of business in moving from linear to circular models. Nairobi: United Nations Environment Programme, 2019. Disponível em: <https://www.unep.org/resources/publication>. Acesso em: 27 out. 2024.

1,2,3,4,5,6,7,8,9

Graduando, ATHON – Ensino Superior, Sorocaba, Brasil

¹⁰ **professora ATHON Ensino Superior, Engenheira Agrônoma,
marimar.guidorzi@athonedu.com.br**