



# IX SIRS

SIMPÓSIO SOBRE RESÍDUOS SÓLIDOS  
16 A 19 DE SETEMBRO DE 2025

**CIDADES INTELIGENTES E  
SUSTENTÁVEIS**



REALIZAÇÃO:



# **IX Simpósio sobre Resíduos Sólidos**

**De 16 a 19 de setembro de 2025**

## **Anais do IX Simpósio sobre Resíduos Sólidos**

**“Cidades inteligentes e sustentáveis”**

**Coordenadores:**  
Valdir Schalch  
Guilherme Henrique Duarte de Oliveira

**Editores:**  
Ana Caroline Silva Sousa  
Ana Teresa Rodrigues de Sousa  
Cleyse Kelly Barbosa Nunes  
Julia Fonseca Colombo Andrade

**SÃO CARLOS-SP  
EESC | USP  
2025**

Universidade de São Paulo  
Escola de Engenharia de São Carlos  
Diretor: Professor Fernando Martini Catalano  
Vice-Diretor: Professor Antônio Nélson Rodrigues da Silva

**Programa de Pós-Graduação em Hidráulica e Saneamento**  
Coordenador: Juliano José Corbi

Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca  
"Prof. Sergio Rodrigues Fontes" da EESC-USP

S612a.9  
2025

Simpósio sobre Resíduos Sólidos (9. : 2025 : São Carlos)  
Anais do 9º simpósio sobre resíduos sólidos [recurso eletrônico] / coordenador: Valdir Schalch, Guilherme Henrique Duarte de Oliveira; editores: Ana Caroline Silva Sousa... [et al]. São Carlos : EESC-USP, 2025.  
[253] p.  
ISBN 978-65-86954-58-6

1. Ciências ambientais 2. Engenharia ambiental.  
3. Gestão ambiental. 4. Políticas ambientais.  
5. Sustentabilidade. 6. Biotecnologia. 7. Climatologia.  
8. Ecologia. 9. Ecotoxicologia. 10. Recursos hídricos.  
I. Schalch, Valdir. II. Oliveira, Guilherme Henrique Duarte de. III. Sousa, Ana Caroline Silva. IV. Sousa, Ana Teresa Rodrigues de. V. Nunes, Cleyse Kelly Barbosa. VI. Andrade, Julia Fonseca Colombo. VII. Título.

Flávia Helena Cassin – CRB- 8/5812

**Gerenciamento e editoração dos anais eletrônicos do evento**  
Equipe do Portal de Eventos Científicos da Escola de Engenharia de São Carlos da USP

Número de páginas: 253  
ISBN 978-65-86954-58-6

Versão eletrônica em PDF disponível online no Portal de Eventos Científicos da EESC-USP – [www.eventos.eesc.usp.br](http://www.eventos.eesc.usp.br)

Tamanho e dimensões da obra: 21 cm x 29,7 cm (padrão Folha A4)  
Obra sem cobrança ou valor monetário

## **Ficha Técnica**

Publicação do Programa de Pós-Graduação em Hidráulica e Saneamento da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (EESC-USP) em parceria com o Núcleo de Estudo e Pesquisa em Resíduos Sólidos (NEPER) e a Universidade Federal de São Carlos (UFSCar).

### **Coordenadores**

Valdir Schalch  
Guilherme Henrique Duarte de Oliveira

### **Comitê Científico**

Ana Caroline Silva Sousa  
Ana Teresa Rodrigues de Sousa  
Cleyse Kelly Barbosa Nunes  
Julia Fonseca Colombo Andrade

### **Comitê Organizador**

Ana Maria Rodrigues Costa de Castro  
Andressa Gomes Barroso  
Audrey Moretti Martins  
Camila Barbosa Almeida  
Gabriel Dibbern Sacchi  
Igor Matheus Benites  
Kelly Kleyciane Deluqui  
Khewellen Maria da Silva Santiago  
Luciana Rezende Alves de Oliveira  
Norvin Plumieer Requena Sánchez  
Priscila da Silva Maradini  
Rodrigo Eduardo Córdoba

### **Eixos Temáticos do IX Simpósio do Programa de Pós-graduação em Hidráulica e Saneamento**

Eixo 1 - Governança e políticas públicas  
Eixo 2 - Engajamento social  
Eixo 3 - Tecnologia, inovação e empreendedorismo

## REALIZAÇÃO



Universidade de São Paulo  
Escola de Engenharia de São Carlos



Universidade Federal de São Carlos

## APRESENTAÇÃO

O Simpósio sobre Resíduos Sólidos (SIRS) é realizado bienalmente desde 2009 pelo Núcleo de Estudo e Pesquisa em Resíduos Sólidos (NEPER). Ao longo de suas edições, o evento consolidou-se como um espaço de referência para o intercâmbio de conhecimento, reunindo pesquisadores, professores, estudantes, profissionais da área de resíduos e cidadãos interessados em discutir avanços, desafios e perspectivas do setor.

O IX Simpósio sobre Resíduos Sólidos, realizado em 2025 sob a temática “Cidades Inteligentes e Sustentáveis”, foi sediado na Escola de Engenharia de São Carlos (EESC) e realizado em parceria com a Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). O evento ocorreu entre os dias 16 e 19 de setembro de 2025 e teve como principal objetivo proporcionar um ambiente favorável à colaboração, estimulando a criação de parcerias, a integração com a sociedade e o fortalecimento da comunidade de especialistas em gestão e gerenciamento de resíduos sólidos. Durante o IX SIRS, foram promovidas palestras, minicursos, apresentações de trabalhos e mesas de discussão, abordando temas atuais relacionados ao manejo de resíduos sólidos e à consolidação de cidades mais inteligentes e sustentáveis.

A realização do simpósio reforçou o papel do NEPER como referência na área, resultado de mais de duas décadas dedicadas a pesquisas e estudos sobre resíduos sólidos. Com uma abordagem interdisciplinar, o grupo tem buscado compreender os impactos socioambientais dos resíduos, enfrentar os desafios do setor e desenvolver soluções inovadoras voltadas à melhoria dos processos de gestão e gerenciamento.

Assim, o SIRS configura-se como um importante fórum de debate e aprendizado voltado à busca de soluções sustentáveis, considerando a abordagem integrada da área de resíduos sólidos. Entre suas principais preocupações, destaca-se a promoção da integração entre a universidade e a comunidade, com o objetivo de aprimorar as práticas e direcionar de forma mais eficaz as políticas e ações relacionadas à gestão de resíduos sólidos, acarretando ganhos sociais e ambientais à população.

Comitê Organizador.

## SUMÁRIO

### **Eixo 1 - Governança e políticas públicas**

Análise comparativa das propriedades físicas e químicas de compostos de torta de filtro de cana-de-açúcar e da fração orgânica de RSU: revisão da literatura

*Anyelle Meneghesso, Valéria Guimarães Silvestre Rodrigues*

Análise da gestão dos resíduos de construção e demolição (RCD): estudo de caso do bairro Cidade Aracy, São Carlos, SP

*Ana Carolina Barros Leal, Gustavo Magalhães de Araújo Domingues, Urânia Tuan Cardozo, Sergio Andrés Apaza Laura, Prof. Dr. José da Costa Marques Neto*

Análise dos planos municipais de gestão integrada de resíduos sólidos da região administrativa de Barretos/SP

*Aline Costa da Silva, Clauciana Schmidt Bueno de Moraes*

Auditoria de marcas como ferramenta de mobilização: um estudo de caso em São Carlos (SP)

*Paola Camargo Sartori, Raquel de Jesus Pinto de Faria Santos, Pedro Luiz de Luccas, Liane Biehl Printes*

Avaliação da conformidade dos planos de gerenciamento de resíduos de serviços de saúde em dois hospitais de São Carlos-SP

*Laura Bonome Message, Ana Teresa Rodrigues de Sousa, Luciana Rezende Alves de Oliveira, Valdir Schalch*

Avaliação do gerenciamento de resíduos sólidos do Instituto Federal do Sul de Minas Gerais - Ifsuldeminas, Campus Passos  
Marcílio Silva Andrade, Juliana Chiaretti Novi

Avenidas de financiamento para cooperativas de catadores: estudo de caso da Cooperativa Acácia

*Beatriz Teixeira Cayres, Fernanda Oliva Pintucci, Maria Julia de Andrade Cardeal, Paula Nozaki Mazaroski, Vinicius Silveira Leite e Shirley Sarai Cantaro Ramirez*

Casca de arroz no contexto da economia circular: revisão da literatura

*Mariana Balieiro Rodrigues, Valéria Guimarães Silvestre Rodrigues*

Coleta seletiva solidária na UFSCar: 30 anos de gestão, gerenciamento e educação ambiental

*Paola Camargo Sartori, Raquel de Jesus Pinto de Faria Santos, Pedro Luiz de Luccas, Liane Biehl Printes*

A contribuição do plano diretor de logística sustentável (PLS) para a institucionalização da gestão de resíduos na administração pública federal (APF)

*Geovanna Dela Ricci Maronesi Pompilio, Cristine Diniz Santiago, Érica Pugliesi, Juliano Costa Gonçalves*

Criação e acompanhamento de indicadores de resíduos domiciliares para o campus "Luiz de Queiroz"

*Giovanna Quirino Andrade, Gabriele Patricia da Silva, Gabriel Araujo Miguel Cooper, Carlos Eduardo Pelegrini Cerri, Ana Maria de Meira Lello*

Descarte de resíduos sólidos registrados nos municípios da ilha do Maranhão

*Igor Cruz de Castro, Antonio Cordeiro Feitosa, Helen Nébias Barreto*

Diagnóstico ambiental de curso d'água impactado por resíduos sólidos na zona sul de São Carlos (SP)

*Maira Rafaela Penazzo, Diogo Perez Monteiro Claro, Yasmin Santos Alves, Eduardo Lordelo Volpato*

Diagnóstico da gestão dos resíduos da construção civil no município de Catanduva-SP

*Karen Jaqueline Morandin Silva, Erica Pugliesi, Cristine Diniz Santiago*

Estandarización por distintos métodos para la obtención de quitosano apartir de residuos de la insutria pesquera (escamas de pescado)

*Andrea Del Pilar Diaz Guerrero, Jorge Carrillo Velásquez*

Estudo comparado sobre o papel da compostagem na política  
nacional de resíduos sólidos e nas diretrivas europeias  
*Pedro Silva Daltro Moura, Marco Aurélio Soares de Castro*

Gestão de resíduos sólidos e planejamento climático brasileiro:  
oportunidades e desafios  
*Cristine Diniz Santiago, Erica Pugliesi*

Influência temporal e socioeconômica na geração de resíduos sólidos  
domiciliares em Três Pontas, MG  
*Pedro Henrique Mesquita Silvério, Rafael de Oliveira Tiezzi*

Lei federal no 15.088/2025 e a importação de resíduos sólidos e  
rejeitos no Brasil  
*Ana Cristina Bagatini Marotti, Cristine Diniz Santiago, Erica Pugliesi*

Práticas sustentáveis e conhecimento ambiental na gestão de  
resíduos domiciliares: uma análise de clusters  
*Ana Luiza Camargo Mascarin Cunha, Gessuir Pigatto, Maria Teresa de  
Alvarenga Freire, Fernando Vinícius da Rocha, Vivian Lara dos Santos  
Silva*

Resíduo sucroalcooleiro e seus possíveis usos: revisão da literatura  
*Celene Alves da Silva, Valéria Guimarães Silvestre Rodrigues*

Sistematização dos processos de separação e beneficiamento para  
gerenciamento dos resíduos da construção e demolição  
*Deborah Araujo de Oliveira, Maria de Jesus Gomides, Sabrina Pereira  
Primo*

Utilização de turfas brasileiras na retenção de metais potencialmente  
tóxicos provenientes de resíduos de mineração  
*Diogo Perez Monteiro Claro, Valéria Guimarães Silvestre Rodrigues*

## **Eixo 2 - Engajamento social**

Análise comparativa entre os planos municipais de gestão integrada de resíduos sólidos: PMGIRS dos municípios de São Félix do Tocantins e Palmas-TO, utilizando matriz SWOT

*Vitória Cardoso da Costa, Elaine da Cunha Silva Paz, Michelle Ludmila Guedes dos Santos, Luciana Rezende Alves de Oliveira, Marcelo Mendes Pedroza, Cláudia da Silva Aguiar Rezende*

Desafios enfrentados por cooperativas de reciclagem na promoção à economia circular: um estudo de caso

*Rafaela Bottura Morillo, Hillary Nogueira de Carvalho, Amanda Daniele de Carvalho, Janaína Mascarenhas*

Impactos das cooperativas de resíduos sólidos recicláveis no desenvolvimento sustentável

*Cristiane Aparecida da Silva Panari, Luan Vitor Pereira Trecossi, Isadora Alves Lovo Ismail, Marília Vasconcellos Agnesini*

Transformando moradias: ações sustentáveis no cotidiano

*Júlia Oliveira Spedini, Evaristo Marzabal Neves, Kelly M. Schmidt, Ana Maria Meira de Lello*

Vivências em educação ambiental: a universidade pública como um espaço plural

*Yasmin Alves Pereira, Tatiana Brunelli Camargo Rodrigues, Vinicius Caiero, Lorena Andrade Araujo, Ana Maria Meira de Lello, Taitiâny Karita Bonzanini*

### **Eixo 3 - Tecnologia, inovação e empreendedorismo**

Aplicação de composto orgânico associado com subproduto de mineração para recuperação de solo degradado

*Thayna Bezerra do Carmo, Marcus Cesar Avezum Alves de Castro*

Avaliação da permeabilidade de filtro gêotextil em sistema filtro-separador utilizando permeâmetros instalados em aterro sanitário

*Ramon F. Santos, Guilherme A. Lopes, Francisco Pantaleão, Fernando H. M. Portelinha, Thiago V. B. Zanon*

Desenvolvimento de uma proposta alternativa para cobertura de resíduos sólidos em período de chuvas para aterros sanitários de pequeno e médio porte, visando a diminuição da geração de chorume

*Guilherme Lopes, Luciana Rezende Alves de Oliveira, Valdir Schalch*

Destinação de resíduos da arborização urbana: usos sustentáveis adotados pelo Projeto Ybirá

*Luisa Lopes de Mello, Adriana Maria Nolasco, Ana Maria Meira de Lello*

Efectos del lixiviado del biorreactor (simulación de um relleno sanitario semi-aeróbico) como fertilizante en plantas de maíz (*Zea Mays L.*)

*Garay Santa Cruz Mayva, Aguilar Ortiz Dannie, Callalli Torres Cesar, Requena Sánchez Norvin*

Inventário de emissões de gases no campus "Luiz de Queiroz"/USP/Piracicaba: implementação das diretrizes propostas pelo plano diretor participativo

*Mirela Aparecida Cogo, Carlos Eduardo Pellegrino Cerri, Ana Maria Meira de Lello*

Inventário de gases do efeito estufa (IGEE) em instituições de ensino superior: aportes metodológicos iniciais

*Gustavo Henrique Ribeiro de Araujo, Cristine Diniz Santiago, Érica Pugliesi*

Pirólise de resíduos industriais para produção de biochar  
*Julia Couri Trevizan, Daniel Colombari Filho, Marília Vasconcellos Agnesini, Valdir Schalch, Isadora Alves Lovo Ismail*

Proposta de ferramenta de gestão de resíduos para canteiros de construção de galpões industriais  
*Pedro Luiz Ferreira Gomes, José da Costa Marques Neto*

Transformando residuos en recursos: hermetia illucens como solución sostenible a la valorización de residuos orgánicos en el relleno sanitario de Chancay  
*Dominguez Alex, Mejia Celeste, Maguiña Derek*

Da universidade para a cidade: diagnóstico, inovações e perspectivas na gestão de resíduos químicos na POLI-USP  
*Camila Eduardo Marinho, Silvio Ikuyo Nabeta, Reinaldo Giudici, José Carlos Mierzwa*

Viabilidade financeira do aproveitamento energético de dejetos bovinos de pecuária leiteira  
*Felipe Bernardo Soldano, Juliana Yumi Watanabe, Marcus Cesar Avezum A. de Castro*



## ANÁLISE COMPARATIVA DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS DE COMPOSTOS DE TORTA DE FILTRO DE CANA-DE-AÇÚCAR E DA FRAÇÃO ORGÂNICA DE RSU – REVISÃO DA LITERATURA

Anyelle Meneghesso<sup>1</sup>\*, Valéria Guimarães Silvestre Rodrigues<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Geotecnia, Escola de Engenharia de São Carlos,  
Universidade de São Paulo.

\*Autor correspondente: anyellemeneghesso@usp.br

### INTRODUÇÃO

O novo marco legal do saneamento básico, determinado pela Lei Federal 14.026/2020, respalda a universalização do acesso público ao serviço de *limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos realizados de forma adequada à saúde pública, à conservação dos recursos naturais e à proteção do meio ambiente* (BRASIL, 2020). Deste modo, interpreta-se que a destinação inadequada dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) é um obstáculo ao pleno atendimento à legislação, cenário recorrente no Brasil. Em 2023, mais de 40% do total de RSU receberam disposição inadequada – como lixões e aterros controlados –, um aumento de 2,6% em relação ao ano anterior (ABREMA 2024; ABREMA 2023).

Sob a ótica da composição gravimétrica de resíduos sólidos, a fração orgânica representa cerca de metade do volume total de RSU gerado em território nacional (SINIR, 2020) e ainda que a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) determine que esta deve ser direcionada à compostagem (BRASIL, 2010), o total de RSU orgânico compostado é inferior a 1% do total coletado (SNIS, 2020). Cenário que reflete o histórico de mau planejamento de usinas de compostagem e da gestão pública no setor (SIQUEIRA; ABREU, 2016). Quando degradados de forma natural, os resíduos orgânicos contribuem com a ciclagem de nutrientes, porém associados a atividades antrópicas, elevada geração e destinação inadequada, podem liberar gases de efeito estufa (GEEs) e afetar relações ecossistêmicas do solo, favorecendo a erosão e contaminação (EMBRAPA, 2021).

No contexto do crescimento populacional e consumo, não somente a geração residual tende a aumentar, mas também a demanda por energia elétrica. Esta tendência vem trazendo o desenvolvimento de estudos de novas tecnologias e oportunidades no campo da energia renovável, no qual se destaca no Brasil a produção advinda de unidades industriais



sucroenergéticas, devido às condições climáticas favoráveis (MAUAD; FERREIRA; TRINDADE, 2017). Durante as diferentes etapas do processo produtivo de açúcar e etanol, observa-se elevada geração de bagaço, palha, vinhaça e torta de filtro de cana-de-açúcar (SANTOS et al., 2012; GUEDES et al., 2010; NUNES JÚNIOR, 2008). Em elevadas proporções e descarte incorreto, tais resíduos podem intensificar emissões de gás carbônico (CO<sub>2</sub>), além de contaminar o solo e lençol freático (LIMA et al., 2016).

Nesse sentido, a compostagem destes resíduos se apresenta como uma opção viável e de custo-benefício atraente tanto ao mercado quanto ao meio ambiente, tendo em vista a utilização de uma opção menos onerosa para o tratamento do solo ao passo que também se apoia a destinação adequada dos resíduos orgânicos. Este recorte revela a necessidade e importância de estudar e avaliar propriedades e potencialidades de cada composto segundo a fonte e composição.

No que se refere ao risco à saúde pública, as atividades de mineração compõem um setor que se destaca na geração de resíduos e impacto socioambiental, apesar de ser uma das bases da economia brasileira (BOSCOV, 2008). A presença de metais potencialmente tóxicos na composição destes resíduos apresenta risco mesmo na fase inicial de prospecção mineral (RODRIGUES, 2019), pois a dispersão desses metais envolve efeitos associados a toxicidade, características físico-químicas e solubilidade, que ampliam a possibilidade de impacto ao meio ambiente e à saúde pública (SCHALCH et al., 2019).

A ascensão dos diferentes setores produtivos no Brasil atende demandas de energia, matéria-prima e infraestrutura da sociedade, porém exercem pressão sobre o solo, devido ao modelo de uso intensivo sob o qual o país se desenvolveu. Por isso, não são poucas as ocorrências de solos contaminados ou em processo de contaminação em território brasileiro. Uma análise mais detalhada denota que as áreas agrícolas, de pastagem e ocupações em áreas florestais (IBGE, 2022) correspondem às regiões de maior vulnerabilidade à erosão (EMBRAPA, 2022), enquanto mais de um terço da contaminação do solo decorre de áreas industriais e de disposição de RSU (FERREIRA; LOFRANO; MORITA, 2020).

Um solo degradado, por definição, corresponde a um solo cujo limite de resiliência foi excedido (ZUQUETTE, RODRIGUES, PEJON; 2013) e, consequentemente, a qualidade de seus componentes foi perdida, passando por uma redução na capacidade de recuperação e retorno ao equilíbrio ecossistêmico. No entanto, o solo é a base para diferentes segmentos da vida humana, desde a agricultura até a regulação climática e hídrica, sendo essencial não somente para a provisão da sociedade em termos alimentares, mas também como controle de diferentes ciclos hidrogeológicos, comunidades ecossistêmicas e manutenção biótica.



Portanto, o reaproveitamento de resíduos orgânicos como compostos em vista à recuperação de solos degradados não somente contribui para a manutenção ecossistêmica e da vida humana no planeta, como também atende à proposta de Economia Circular evidenciada na PNRS (BRASIL, 2010) ao designar destinação correta para os resíduos orgânicos e se alinha aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), propostos pela Organização das Nações Unidas (ONU) segundo o plano de ação global da Agenda 2030.

## OBJETIVO

O presente trabalho visou avaliar a aplicação dos compostos de torta de filtro de cana-de-açúcar e da fração orgânica de RSU como ferramentas de melhoria de solos e recuperação de áreas degradadas por erosão e contaminação através da comparação entre as condições propostas e resultados obtidos nas pesquisas desenvolvidas por Raimondi (2019) e Lima (2022).

## METODOLOGIA

Os resultados discutidos foram obtidos por Raimondi (2019) e Lima (2022) conforme metodologias descritas na Tabela 1. O conjunto amostral foi definido a fim de realizar avaliação comparativa direcionada ao estudo das propriedades mais relevantes dos compostos para recuperação de solos degradados pela erosão e identificação de fragilidades e potencialidades de cada composto na adsorção e imobilização de contaminantes.

*Tabela 1 – Metodologias utilizadas para caracterização dos compostos*

Ensaios de caracterização	Referencial Teórico
Teor de Matéria Orgânica (MO) e Resíduo Mineral <sup>1</sup>	Lamin et al. (2001); MAPA (2013); ASTM D2974/13; ASTM D2974/14
Capacidade de Troca Catiônica (CTC) <sup>1</sup>	MAPA (2013)
Composição Elementar (C, H, N) e Relações C/N <sup>1</sup>	CHNS/O PerkinElmer; MAPA (2013)
Análise em Espectrômetro de Fluorescência de Raios-X (FRX) <sup>1</sup>	Calibração STD-1 ( <i>Standardless</i> ) – Guimarães (2007)
Área Superficial <sup>1</sup> e Densidade Aparente	MAPA (2013); MAPA (2007)
Capacidade de Adsorção - Pb, Zn, Cd	Roy et al. (1992)

Fonte: Os autores (2025).

<sup>1</sup>Ensaios realizados em triplicata.



## RESULTADOS

O composto de torta de filtro apresentou maior grau de maturidade, descrito pela maior relação C/N em relação ao composto da fração orgânica de RSU, além de ser mais favorável à fertilização do solo segundo a faixa ótima definida por Kiehl (1985). No entanto, ambos atendem à legislação nacional e, portanto, se adequam à potencial substituição de fertilizantes sintéticos mais onerosos e nocivos ao ambiente. A análise de fluorescência de raios-X (FRX) indica que ambos são compostos majoritariamente por  $\text{SiO}_2$ , o que fortalece a resistência vegetal e favorece processos químicos do solo que melhoram a nutrição vegetal.

O composto de torta de cana apresentou maior área superficial e menor densidade aparente, de modo que a maior área de contato para interação entre grupos funcionais favorece a CTC, retenção de nutrientes e indica propriedades de adsorção, ao passo que, por ser menos denso, reduz-se a velocidade de compactação do solo ao conferir maior porosidade e melhor aeração ao solo, indicado para áreas com processos erosivos. Já o composto de RSU apresentou maior CTC na análise específica do parâmetro, também despontando como uma opção favorável na disponibilidade de íons e redução de lixiviado.

Os compostos apresentaram alto teor de matéria orgânica (MO), relacionada à origem dos mesmos. Além de favorecer o desenvolvimento da vegetação, melhorar ligações químicas minerais no solo e dificultar a lixiviação, melhora-se a agregação do solo, principalmente quando este já perdeu a camada superficial orgânica natural em virtude de processos erosivos.

Com remoção média em torno de 90% e adsorção superior a 90%, sob influência das condições físico-químicas experimentais de concentração e precipitação, os compostos apresentaram adequado potencial de adsorção e remoção de contaminantes, considerando chumbo (Pb), cádmio (Cd) e zinco (Zn), nesta ordem. Ademais, a ação do composto de torta indicou dependência da concentração de equilíbrio e o composto de RSU apresentou baixo desempenho na remoção de Zn.

## CONCLUSÕES

Para além do potencial dos compostos na melhor agregação do solo, retenção de nutrientes, imobilização e adsorção de contaminantes, associado a menor custo, o estudo evidencia a necessidade de pesquisas aprofundadas sobre o tema no Brasil, tendo em vista não somente a magnitude de áreas degradadas identificadas – passíveis de remediação e recuperação através da utilização dos compostos – mas também para melhor caracterização destes quanto às diferentes composições e interações com tipos de solo a curto e longo prazo.



## REFERÊNCIAS

- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – ASTM. **D2974**: Standard Test Methods for Moisture, Ash, and Organic Matter of Peat and Other Organic Soils, 2014.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – ASTM. **D2974**: Standard Test Methods for Moisture, Ash, and Organic Matter of Peat and Other Organic Soils, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RESÍDUOS E MEIO AMBIENTE - ABREMA. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2024**. 2024.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RESÍDUOS E MEIO AMBIENTE - ABREMA. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2023**. 2023.
- BOSCOV, M. E. G. **Geotecnia Ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos. 2008.
- BRASIL. **Lei n° 14.026, de 15 de julho de 2020**. Atualiza o marco legal do saneamento básico e dá outras providências. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2020/lei/l14026.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/l14026.htm).
- BRASIL. **Lei n° 12.305, de 02 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e dá outras providências. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm).
- EMPRESA BRASILEIRA DE AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Mapa de vulnerabilidade dos solos à erosão hídrica do Brasil**. Ativo Cartográfico. Embrapa Solos, 2022. Disponível em: <https://geoinfo.dados.embrapa.br/catalogue/#/dataset/2997>.
- EMPRESA BRASILEIRA DE AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Resíduos Orgânicos**. Embrapa Hortalícias, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/hortalica-nao-e-so-salada/secoes/residuos-organicos>.
- FERREIRA, F. M.; LOFRANO, F. C.; MORITA, D. M.. **Remediação de áreas contaminadas: uma avaliação crítica da legislação brasileira**. Artigo técnico. Engenharia Sanitária e Ambiental. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522020168968>.
- GUIMARÃES, V. **Resíduos de mineração e metalurgia: efeitos poluidores em sedimentos e em espécie biomonitora – rio Ribeira de Iguape – SP**. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo (USP). São Paulo, 2007.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Monitoramento da cobertura e uso da terra do Brasil**. IBGE, Coordenação de Meio Ambiente. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. 39 p.
- LIMA, J. Z. **Avaliação da sorção e pós-sorção de contaminantes provenientes de resíduos de mineração: turfa, composto e biocarvão**. Tese de Doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos (EESC). Universidade de São Paulo (USP). São Carlos, 2022.



LIMA, F.; DOS SANTOS JUNIOR, A. C.; MARTINS, L. C.; SARROUH, B.; LOFRANO, R. C. Z.. **Revisão sobre a toxicidade e impactos ambientais relacionados à vinhaça, efluente da indústria sucroalcooleira.** Cadernos UniFOA, Volta Redonda, v. 11, n. 32, p. 27-34, 2016. DOI: 10.47385/cadunifoa.v11.n32.465.

MAUAD, F. F.; FERREIRA, L. C.; TRINDADE, T. C. G.. **Energia renovável no Brasil: análise das principais fontes energéticas renováveis brasileiras.** Universidade de São Paulo. Escola de Engenharia de São Carlos, 2017. Disponível em: [www.livrosabertos.abcd.usp.br/portaldelivrosUSP/catalog/book/168](http://www.livrosabertos.abcd.usp.br/portaldelivrosUSP/catalog/book/168).

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. **Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes e corretivos.** Brasília, 2013.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. **Instrução Normativa SDA: nº 17**, de 21 de maio de 2007. Brasília, 2007.

NUNES JÚNIOR, D. **Torta de filtro: De resíduo a produto nobre.** Idea News, n. 92. P. 22-30, 2008.

RAIMONDI, I. M.. **Turfa, composto de torta de cana-de-açúcar e zeólitas como sorventes de Pb, Cd e Zn: Equilíbrio em lote, cinética, dessorção e bioacessibilidade.** Tese de Doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos (EESC). Universidade de São Paulo (USP). São Carlos, 2019.

RODRIGUES, V. G. S.. Resíduos de Mineração. In: SCHALCH, V.; LEITE, W. C. A.; CASTRO, M. C. A. A.; CÓRDOBA, R. E.; CASTRO, M. A. S. (Orgs.). **Resíduos Sólidos: Conceitos, Gestão e Gerenciamento.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2019.

ROY, W. R.; KRAPAC, I. G.; CHOU, S. F. J.; GRIFFIN, R. A. **Batch Type Procedures for Estimating Soil Adsorption of Chemicals.** Technical resource document. EPA/530-SW87-006-F, Cincinnati, EUA, 1992.

SANTOS, F. A.; QUEIRÓZ, J. H.; COLODETTE, J. L.; FERNANDES, S. A.; GUIMARÃES, V. M.; REZENDE, S. T.. **Potencial da palha de cana-de-açúcar para produção de etanol.** Química Nova, v. 35, n. 5, p.1004 - 1010, 2012.

SCHALCH, V.; LEITE, W. C. A.; CASTRO, M. C. A. A.; CÓRDOBA, R. E.; CASTRO, M. A. S. (Orgs.). **Resíduos Sólidos: Conceitos, Gestão e Gerenciamento.** Elsevier Editora Ltda. Rio de Janeiro - RJ, 2019.

SIQUEIRA, T. M. O.; ABREU, M. J. **Fechando o ciclo dos resíduos orgânicos: Compostagem inserida na vida urbana.** Ciência e Cultura, v. 68, n. 4. DOI: 10.21800/2317-66602016000400013.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE A GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS - SINIR. **Resíduos Sólidos Urbanos.** 2020. Disponível em: <https://sinir.gov.br/informacoes/tipos-de-residuos/residuos-solidos-urbanos/>.

ZUQUETTE, L. V.; RODRIGUES; V. G. S.; PEJON, O. J.. Recuperação de Áreas Degradas. In: CALIJURI, M. C.; CUNHA, D. G. F. (Eds.). **Engenharia Ambiental: Conceitos, Tecnologia e Gestão.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2013. p. 589 - 619.

## Análise da gestão dos resíduos de construção e demolição (RCD): Estudo de caso do bairro Cidade Aracy, São Carlos, SP

*Ana Carolina Barros Leal<sup>1</sup>\*, Gustavo Magalhães de Araújo Domingues<sup>1</sup>, Urânia Tuan Cardozo<sup>2</sup>, Sergio Andrés Apaza Laura<sup>3</sup>, Prof. Dr. José da Costa Marques Neto<sup>4</sup>*

<sup>1</sup> Universidade Federal de São Carlos.

<sup>2</sup> Universidade Federal de São Carlos.

<sup>3</sup> Universidade Federal de São Carlos.

<sup>4</sup> Universidade Federal de São Carlos.

\*Autor correspondente: [ana.barros@estudante.ufscar.br](mailto:ana.barros@estudante.ufscar.br)

## INTRODUÇÃO

A expansão contínua do processo de urbanização, aliada ao crescimento demográfico, impulsiona as atividades da construção civil. Esse setor exerce um impacto significativo no âmbito socioeconômico, já que, embora contribua para a melhoria da qualidade de vida da população, também é responsável por expressivos danos ambientais. Esses danos decorrem, principalmente, da elevada demanda por recursos naturais para a produção de materiais e da geração e descarte de resíduos (Kim et al., 2019; Zhao et al., 2020).

Os resíduos de construção e demolição (RCD), quando descartados ou manejados de forma irregular e inadequada, geram diversos impactos ambientais e sanitários. Entre eles, destacam-se o comprometimento da paisagem, a obstrução do tráfego de veículos e pedestres e os prejuízos à drenagem urbana (Pinto; dos Santos; Catunda, 2015). Além disso, a disposição inadequada desses resíduos pode atrair materiais não inertes, intensificar a proliferação de vetores de doenças e desvalorização do local.

Nesse contexto, o Brasil apresenta uma perspectiva positiva no tocante à gestão dos resíduos da construção e demolição, ainda incipiente, porém com embasamentos em legislações nos âmbitos Federais, Estaduais e Municipais. Este embasamento legal vem promovendo um intenso debate desde a publicação da Resolução nº. 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) e da Lei Federal nº. 12.305 de 2010 (Evangelista; Bastos Costa; Zanta, 2010).

O PMGIRS estabelece que todos os municípios brasileiros devem apresentar um plano de ação quanto à gestão de resíduos sólidos, incluindo os da construção civil (Brasil, 2010). Ainda, o mesmo garante aos municípios a aquisição de recursos da União para que possam investir na gestão dos resíduos e estabelece que as cidades têm a responsabilidade de caracterizar os resíduos desde a produção até o destino final destes e viabilizar o estabelecimento de locais para descarte sustentável dos resíduos. Entretanto, o município de São Carlos - SP, assim como em diversos municípios brasileiros, possui grande dificuldade na destinação adequada dos resíduos, visto que grandes quantidades de RCD são depositadas em áreas inapropriadas, ação ilegal que ainda faz parte do cotidiano dos moradores.

## Objetivo

O objetivo do presente trabalho foi realizar um diagnóstico da situação atual dos Resíduos de Construção e Demolição (RCD) no bairro Cidade Aracy, e os demais bairros periféricos de seu entorno, no município de São Carlos-SP, a partir das análises levantadas das situações desses resíduos produzidos no âmbito urbano, considerando a gestão de seu manejo e identificando os impactos da disposição desses resíduos.

## Metodologia

O município de São Carlos possui uma área territorial de 1.136,907 km<sup>2</sup> e uma população estimada de 265.294 habitantes em 2024 (IBGE, 2022). A área de estudo abrangeu os dez bairros periféricos do entorno do Cidade Aracy, sendo Cidade Aracy I, Cidade Aracy II, Antenor Garcia, Jardim Social Presidente Collor, Jardim Zavaglia, Planalto Verde,

Residencial Eduardo Abdelnur, Residencial Itatiaia, Residencial Vida Nova e o Residencial Ipê Mirim.

As Microbacias do Água Quente e do Água Fria, estando inseridas na Microbacia do Monjolinho e na Bacia Tietê-Jacaré, se localizam na área sul de São Carlos, tendo seus percursos muito próximos um do outro e ficam entre os bairros deste estudo. Vale ressaltar que a instalação da ocupação urbana próximo a localização de um corpo d'água, desenfreou diversos problemas ambientais, sociais e econômicos que muitos moradores da região sofrem e vivenciam diariamente, podendo ser afetados por processos erosivos, assoreamento do corpo hídrico, estruturação e ocupação urbana vulnerável (Pons, 2006).

A abordagem metodológica do estudo foi por meio do levantamento bibliográfico a respeito do histórico do município e dos bairros de interesse, além de entender e identificar os agentes geradores, por meio de entrevistas não-estruturadas realizadas em campo tendo como tema o histórico do bairro e a perspectiva do morador, a caracterização quali-quantitativa dos resíduos, com registros fotográficos in loco para análises de áreas críticas de descarte clandestino e para a elaboração de mapas, utilizando a ferramenta computacional Sistema de Informação Geográfica (SIG) para análise de dados espaciais geograficamente referenciados.

## Resultados

A princípio, os dez bairros do estudo possuem num total de população estimada 39.177 pessoas, onde os bairros Cidade Aracy II, Presidente Collor, Cidade Aracy I e Antenor Garcia além de serem os bairros mais antigos - foram inaugurados na década de 80 a 90 - possuem maior densidade populacional.

Por meio de uma visita técnica nos bairros de interesse realizada em dois momentos, sendo setembro de 2024 e janeiro de 2025, foram observados além de poucos espaços livres para utilização pública de forma a proporcionar qualidade de vida, socialização e saúde para a população local, diversos terrenos e espaços urbanos vazios que acabam sendo tomados por RCD e rejeitos de outras origens inadequadamente e quase em todos os casos se “misturam” com a vegetação local.

Os resíduos mais notados e presentes são RCD, restos de poda, restos de madeira, roupas descartadas, resíduo doméstico, telha e sofá, e estão presentes em diversos locais que certamente passaram de espaços vazios para pontos viciados em receber resíduos e rejeitos. A presença destes prejudicam a paisagem por meio da compactação do solo, impacto na fauna e na flora, saúde e segurança da população podendo atrair vetores de doenças e principalmente na desvalorização da região.

Considerando a grande extensão da área de análise deste estudo, foram identificados locais estratégicos pelos agentes gerados, visto que nestas áreas há uma quantidade significativa de descarte clandestino. São exemplos desses locais uma esquina específica rua Nossa Senhora da Rosa Mística com rua Bruno Pauka (Figura 1A), e uma estrada de terra próxima a Estrada Municipal Vereador Paraná localizada no bairro Antenor Garcia (Figura 1B) que apresentam grandes quantidades de resíduos, sendo eles restos de poda, resíduo doméstico e entulho.

*Figura 1 – Pontos viciados em receber entulho e rejeito no bairro Antenor Garcia. (A) Esquina na rua Nossa Senhora da Rosa Mística com rua Bruno Pauka com muito entulho, madeira e rejeitos. (B) Extensa estrada de terra próximo a Estrada Municipal Vereador Paraná no Antenor Garcia com muito rejeito*



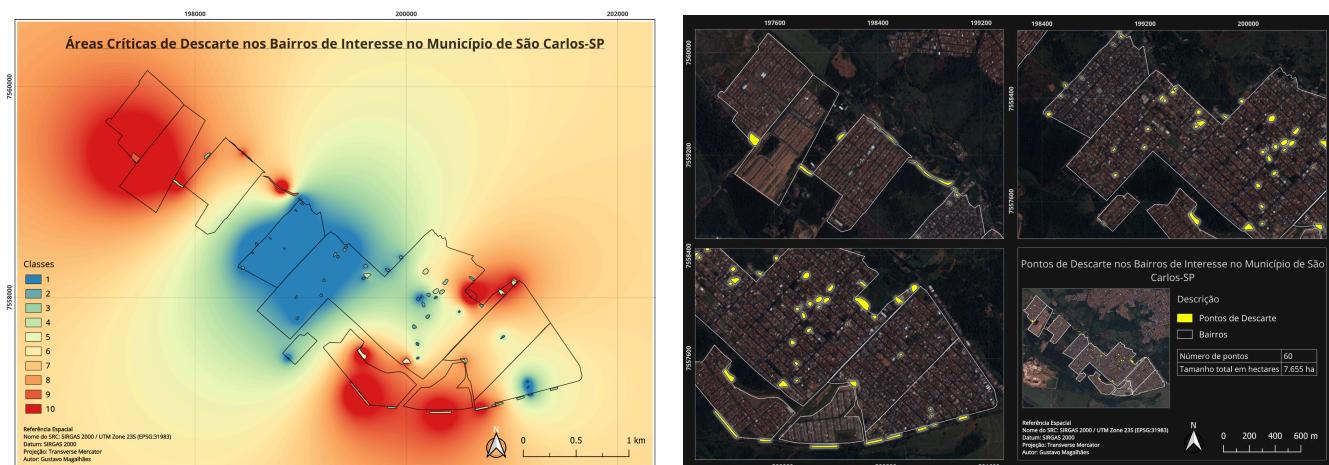
Ainda, foi possível observar que os agentes geradores são identificados tanto como os próprios moradores da região quanto por pessoas que se deslocaram até o local. Nesse aspecto é interessante destacar as diferentes atividades geradoras de RCD, e que, consequentemente, precisam realizar o descarte de materiais; são essas atividades as reformas e construções realizadas pelos municípios, e obras públicas realizadas pela prefeitura. Visto que os pequenos geradores nem sempre contratam caçambas devido ao pequeno montante de RCD gerado, esses agentes utilizam outros meios para o descarte adequado dos RCD, como uso de carretinhas, por exemplo, mostrando que não necessariamente todos os pequenos

geradores descartem em áreas clandestinas. Apesar da vasta variedade para descarte ambientalmente adequado para os resíduos, como Ecopontos e contratação de caçambas, ainda existem diversos pontos de descarte clandestino, e ao analisar a situação da área de estudo foi possível identificar que os locais mais recorrentes são os terrenos baldios, encostas de morro, às margens de corpos hídricos e pontos escondidos.

Nesse contexto, foi possível de analisar que aqueles bairros mais distantes do centro da cidade estão mais propensos a enfrentarem um déficit de padrões urbanísticos essenciais e vulnerabilidade social, econômica e ambiental no bairro, como a forte presença de espaços vazios que são tomados por diversos resíduos e que de certa forma não são vistos como um local de utilidade pública e que precisam ser limpos com frequência.

Com a visita técnica, foi realizado um levantamento quantitativo de aproximadamente 60 pontos de descarte clandestino o que representa uma área de 7.655 ha (7.655.000 m<sup>2</sup>) em todos os bairros de interesse no estudo, sendo possível de observar não só a quantidade de pontos em cada bairro mas também uma possível extensão, o que de certa forma pode indicar volume significativo de resíduos (Mapa 2B). Ainda, bairros que possuem características visuais e volumosas de resíduos, e a extensão da área, são indicadores de que esta região possui área crítica (Mapa 2A).

*Mapa 2 – Mapas de pontos das áreas críticas. (A) Mapa das áreas críticas de descarte nos bairros de interesse no município de São Carlos. (B) Mapa de pontos de descarte nos bairros de interesse no município de São Carlos.*



Fonte: Gustavo Magalhães de Araújo (2025).

## Conclusões

Com o estudo de caso foi possível identificar o panorama da gestão de resíduos de construção e demolição, e demais resíduos, no bairro Cidade Aracy, sendo assim, a partir disso foi identificado que apesar dos esforços públicos em proporcionar locais para destinação ambientalmente adequada para os resíduos na área de estudo, demonstrado pela existência de dois Ecopontos na região, ainda existem desafios para a gestão, já que foram identificados diversos pontos de descarte irregular de resíduos, destacando-se os terrenos baldios, encostas e pontos escondidos.

Dentre as diversas alternativas de melhoria do sistema, destaca-se a interessante implementação de parcerias com transportadores locais com os Ecopontos para atender a demanda da população de uma forma mais acessível, englobando um possível programa de divulgação mostrando a importância de sua existência em conjunto com horário de funcionamento.

## Referências

BRASIL. 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. Brasília, DF. Disponível em:

[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm)

EVANGELISTA, P. P. A.; BASTOS COSTA, D.; ZANTA, V. M. Alternativa sustentável para destinação de resíduos de construção classe A: sistemática para reciclagem em canteiros de obras. *Ambiente Construído*, v. 10, p. 23-40, 2010.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Cidades e Estados*. São Carlos: IBGE, 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/sp/sao-carlos.html>

PINTO, C.H.C; DOS SANTOS, A.L; CATUNDA, A. C.M.M. Percepção da legislação ambiental, gestão e destinação final dos RCD-Resíduos da Construção e Demolição: Um estudo de caso em Parnamirim/RN/Brasil. *Holos*, v. 2, p. 33-49, 2015.

Pons, N. A. Levantamento e diagnóstico geológico-geotécnico de áreas degradadas na cidade de São Carlos-SP, com auxílio de geoprocessamento. 2006. Tese (Doutorado em Geotecnologia). Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

Disponível em:

<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18132/tde-26052006-145812/publico/VOL1.pdf>

## ANÁLISE DOS PLANOS MUNICIPAIS DE GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA REGIÃO ADMINISTRATIVA DE BARRETOS/SP

*Aline Costa da Silva<sup>1</sup>\*, Clauciana Schmidt Bueno de Moraes<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Franca/SP;

<sup>2</sup> Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Rio Claro/SP;

\*Autor correspondente: [aline-costa.silva@unesp.br](mailto:aline-costa.silva@unesp.br)

### INTRODUÇÃO

Com o desenvolvimento econômico, o crescimento populacional e consequentemente o consumismo desenfreado a geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) aumentou drasticamente, assim como o impacto ambiental decorrente. A falta da coleta regular de lixo ou o descarte inadequado tornou-se um problema ambiental e de saúde muito sério, tanto pelas doenças originadas da proliferação de pragas urbanas, quanto pela contaminação do solo e, consequentemente, os recursos hídricos.

Em face desse cenário, o tema resíduos sólidos passou a ser pauta de políticas públicas em âmbito nacional e, por essa razão, o Governo Federal, editou o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) por meio da Lei nº 12.305, de agosto de 2010.

A PNRS trouxe como objetivo uma gestão dos resíduos sólidos pautada na não geração, na redução, no reaproveitamento, na reciclagem e na disposição apenas dos rejeitos nos aterros sanitários. Consequentemente, preconiza a necessidade de extinção dos lixões, a realização de coleta seletiva, a compostagem, a educação ambiental, o incentivo às cooperativas de catadores de materiais recicláveis provenientes dos resíduos sólidos urbanos, bem como a inovação, a pesquisa e uma fiscalização ambiental mais efetiva.

Para tanto, a PNRS propôs a criação de sistemas de gestão integrados, com a participação do governo federal, estadual e dos municípios, bem como dos geradores de resíduos e da sociedade como um todo, para que, em conjunto busquem ações e soluções pautadas no desenvolvimento sustentável, considerando as dimensões políticas, econômicas, ambientais, culturais, sociais e o controle social.

Assim, para que todas as responsabilidades impostas aos Municípios e Distrito Federal sejam cumpridas a PNRS determinou como instrumento a elaboração do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) como modo de planejamento e compromisso



da população e de todos os setores existentes na base territorial do Município, tais como empresas, instituições, poder público, dentre outras, para que haja uma verdadeira gestão integrada dos resíduos sólidos.

Assim, o PMGIRS a ser elaborado possui um conteúdo mínimo obrigatório, além da necessidade de observância dos princípios e objetivos.

Contudo, embora a Política Nacional de Resíduos Sólidos esteja em vigor há 24 anos e tenha fornecido diretrizes claras aos envolvidos no sistema integrado de gestão de resíduos sólidos, a lei ainda estabelece metas e prazos a serem cumpridos. O não cumprimento dessas exigências pode, inclusive, impedir o acesso aos recursos federais.

Em face disso, para esta pesquisa foi escolhida como área de estudo a região administrativa de Barretos, logo, a motivação do presente estudo foi conhecer um pouco mais sobre o tema e sua aplicabilidade nos municípios, para poder contribuir para melhorias na gestão de resíduos sólidos nos municípios estudados.

## OBJETIVO

O presente estudo teve como objetivo geral analisar os planos municipais de gestão integrada de resíduos sólidos dos municípios pertencentes a região administrativa de Barretos, analisando a conformidade com a PNRS.

## METODOLOGIA

Com base nos objetivos propostos, o presente estudo, classifica-se como exploratório, uma vez que visa esmiuçar e explicar a Política Nacional de Resíduos Sólidos, o contexto de sua formulação, os objetivos e diretrizes e os motivos que fundamentam a formulação da referida política em comparação com a realidade encontrada nos Municípios da região administrativa de Barretos.

Em face disso, a análise empregada foi de natureza qualitativa, uma vez que o objetivo proposto para o presente trabalho foi descrever o fenômeno resíduos sólidos e a política existente, com complexidade e profundidade, e ainda descrevendo as particularidades de cada Município em relação ao tema em análise.

Por essa razão, a partir dessa análise será possível identificar o que foi objeto de implementação ou não em âmbito local, sendo esta a justificação pela adoção da análise qualitativa de dados.



## RESULTADOS

A região administrativa de Barretos está localizada na região norte e nordeste do Estado de São Paulo e é composta por 19 municípios sendo Altair, Barretos, Bebedouro, Cajobi, Colina, Colômbia, Embaúba, Guaíra, Guaraci, Jaborandi, Monte Azul Paulista, Olímpia, Pirangi, Severinia, Taiaçu, Taiúva, Terra Roxa, Viradouro e Vista Alegre do Alto (Figura) e foi criada pelos Decretos nº 20.530 de 10 de fevereiro de 1983 e 22.970 de 29 de novembro de 1984.

No tocante aos resíduos sólidos, foi possível constatar que dentre os dezenove municípios da região, o total de dezesseis elaboraram os planos municipais de gestão integrada de resíduos sólidos sendo os municípios de Barretos, Bebedouro, Cajobi, Colina, Colômbia, Embaúba, Guaíra, Monte Azul Paulista, Olímpia, Pirangi, Severinia, Taiaçu, Taiúva, Terra Roxa, Viradouro e Vista Alegre do Alto.

Com o levantamento dos planos municipais, foi realizada um confronto com os princípios previstos no artigo 6º, bem como com os objetivos elencados no artigo 7º e com conteúdo mínimo previsto no artigo 19 todos da PNRS, a lei nº 12.305/2010, a partir da qual serviu de base para a elaboração de indicadores, sendo que cada inciso da lei corresponde a um número, com a finalidade de avaliar se houve o cumprimento dos supracitados dispositivos legais.

Com base nos levantamentos individuais, foi realizado um diagnóstico geral considerando o cumprimento dos princípios da PNRS pelos dezesseis municípios da região administrativa de Barretos, confrontando se cada inciso dos artigos da PNRS foi atendido, não atendido ou atendido parcialmente, obtendo o seguinte resultado na Tabela 1:

Tabela 1 – Diagnóstico geral dos municípios da região administrativa de Barretos quanto ao cumprimento dos princípios da PNRS

Municípios	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Barretos	A.	A.P.	A.	A.	A.	A.	A.	A.	A.	A.	A.P.
Bebedouro	A.	N.	A.	A.	A.	A.	A.	A.	A.	A.	A.
Cajobi	A.P.	A.P.	A.	A.	A.P.	A.	A.P.	A.	A.	A.	A.P.
Colina	A.	A.	A.	A.	A.	A.	A.	A.	N.	N.	A.P.
Colômbia	A.	N.	A.	A.	A.	A.	A.P.	A.	N.	A.	A.
Embaúba	A.	A.	A.	A.	A.P.	A.	A.P.	A.	A.	A.P.	A.
Guaíra	A.	A.P.	A.	A.	A.	A.	A.	A.	A.	A.	A.
Monte Azul Paulista	A.	A.P.	A.	A.	A.P.	A.	A.	A.	A.	N.	A.P.
Olímpia	A.	A.P.	A.	A.P.	A.P.	A	A	A	A	A.P.	A.P.
Pirangi	A.	A.P.	A.	A.	A.P.	A.	A.	A.	A.	A.	A.
Severinia	A.	A.	A.	A.	A.P.	A.	A.	A.	A.	A.	A.P.
Taiaçu	A.	N.	A.	A.	N.	A.P.	N.	A.	A.	N.	A.P.
Taiuva	A.	N.	A.	A.	A.P.	A.	N.	A.	A.	A.	A.



Terra Roxa	A.	A.P.	A.	A.	A.P.	A.P.	A.	A.	A.	A.	A.	A.
Viradouro	A.	A.	A.	A.	A.	A.	A.	A.	A.	N.	A.	A.
Vista Alegre do Alto	A.	N.	A.	A.	A.P.	A.	N.	A.	A.	A.	A.	A.

Legenda: A. = Atende; A.P. = Atende Parcialmente e N. = Não atende.

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Quanto aos indicadores de objetivos, foi feito um diagnóstico geral com os dezesseis municípios, de acordo com a Tabela 2:

Tabela 2 – Diagnóstico geral dos municípios quanto ao atendimento dos objetivos da PNRS

Municípios	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Barretos	A.	A.	A.P.	A.P.	A.	A.	A.	A.	A.P.	A.	A.P.	A.	N.	A.	N.
Bebedouro	A.	A.	A.P.	A.P.	A.	A.	A.	A.P.	A.P.	A.	N.	N.	N.	A.P.	N.
Cajobi	A.	A.	A.	A.P.	A.	A.	A.	A.	A.P.	A.P.	N.	A.	N.	A.	N.
Colina	A.	A.	A.P.	A.	A.	A.	A.	A.	N.	A.	N.	A.P.	N.	A.P.	N.
Colômbia	A.	A.	A.	A.P.	N.	A.P.	A.	A.P.	A.P.	A.P.	N.	A.P.	A.P.	A.P.	N.
Embaúba	A.	A.	A.P.	N.	A.P.	A.P.	A.	A.P.	A.P.	A.P.	N.	A.P.	N.	N.	N.
Guaíra	A.	A.	A.	A.P.	N.	A.	A.	A.	A.	A.	N.	A.	N.	A.P.	N.
Monte Azul Paulista	A.	A.	A.P.	N.	A.	A.	A.	A.	A.	A.	N.	A.P.	N.	A.P.	N.
Olímpia	A.	A.	A.P.	A.P.	A.	A.P.	A.	A.P.	A.	A.	N.	A.	N.	A.P.	N.
Pirangi	A.	A.	A.	A.	N.	A.	A.	A.P.	N.	A.	N.	A.	N.	A.	N.
Severínia	A.	A.	A.P.	N.	A.P.	A.	A.	A.P.	A.	A.P.	A.P.	A.P.	N.	A.	N.
Taiacú	A.	A.P.	N.	A.	A.P.	A.	A.	A.	A.P.	A.	N.	A.	N.	N.	N.
Taiuva	A.	A.	A.P.	N.	A.	A.	A.	A.	A.	A.	N.	A.	N.	N.	N.
Terra Roxa	A.	A.	A.	A.P.	N.	A.	A.	A.	A.	A.	N.	A.	N.	N.	N.
Viradouro	A.	A.P.	N.	N.	A.	A.	A.	A.	A.	A.	N.	A.	N.	N.	N.
Vista Alegre do Alto	A.	A.	A.	N.	A.	A.	A.	A.	A.P.	A.	N.	N.	N.	A.	N.

Legenda: A. = Atende; A.P. = Atende Parcialmente e N. = Não atende.

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Por fim, em relação ao conteúdo mínimo da PNRS foi feito um diagnóstico geral com os dezenove indicadores que demonstram o conteúdo mínimo atendido pelos dezesseis municípios da região administrativa de Barretos, conforme Tabela 3:

Tabela 3 – Diagnóstico geral do atendimento ao conteúdo mínimo da PNRS pelos Municípios

Municípios	Indicadores																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Barretos	A. P	N.	A. P.	N.	A. P.	N.	N.	A. P	N.	A. P	A.	N.	N.	N.	N.	A. P	N.	N.	A. P
Bebedouro	A.	A.	A.	A.	A.	A.	A.	A.	A.	A.	A.	A.	A.	A.	A.	A.	A.	A.	A.
Cajobi	A. P	A. P.	A. P.	A. P.	A.	N.	A. P	A.	A. P	A.	A.	N.	A. P	A.	A. P	N.	A. P	N.	A. P
Colina	A. P	A.	A. P	A.	A. P	A.	A. P	A.	A. P	A.	A.	N.	A. P	A.	A. P	A.	A. P	A.	A.



Colômbia	A. P	A.	A. P	A. P	A. P	N.	N.	A. P	A. P	A.	A.	N.	N.	A. P	A.	N.	N.	A. P.	N.
Embaúba	A.	A. P	A.	A. P	A.	A.	A.	A.	A. P	A.	A. P	A.	A.	A.	A. P	A.	A.	A.	A.
Guaíra	A. P	A.	N.	A. P	A. P	N.	N.	A. P	N.	A.	A.	N.	A. P.	A. P	N.	N.	N.	N.	N.
Monte Azul Paulista	A.	A. P	N.	A. P	A.	N.	N.	A.	A. P	A.	A. P	N.	N.	A. P	A.	A.	A. P	A. P	A.
Olímpia	A.	A.	A.	A.	A.	A.	A.	A.	A.	A.	A.	A.	A.	A.	A.	A.	A.	A.	A.
Pirangi	A.	A.	N.	A. P	A.	A.	A.	A.	A. P	A.	A.	N.	A. P	A.	A.	A.	A.	A.	A.
Severínia	A.	A.	A.	A.	A.	N.	A.	A.	A.	A.	A.	A.	A.	A.	A.	A.	A.	A.	A.
Taiaçu	A. P	A.	A. P	A. P	A.	A.	A.	A.	A. P.	A.	A.	A.	A.	A.	A.	A.	A.	A. P	N.
Taiuva	A.	A.	N.	A. P	A.	N.	A. P	A.	A.	A.	N.	N.	N.	N.	N.	A.	N.	N.	A.
Terra Roxa	A.	A.	A.	A.	A.	A.	A.	A.	A.	A.	A.	A.	A.	A.	A.	A.	A.	N.	N.
Viradouro	A.	A.	A. P	A.	A.	A.	A. P	A.	N.	A. P.	N.	A.	A.	A. P	A. P	A.	A.	A. P	N.
Vista Alegre do Alto	A.	A.	A.	A. P	A.	A.	N.	A. P	N.	A. P.	N.	A.	A.	A. P	A.	A.	A.	N.	N.

Legenda: A. = Atende; A.P. = Atende Parcialmente e N. = Não atende.

Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Portanto, foi possível constatar que dentre os municípios que elaboraram os planos municipais foi observado que cumpriram com significativa parte dos princípios, dos objetivos e do conteúdo mínimo da PNRS exigido em seu art. 19, ainda que de forma parcial.

## CONCLUSÕES

Mediante a análise dos planos municipais foi possível constatar dificuldades quanto ao cumprimento do conteúdo mínimo, principalmente acerca da identificação da área apropriada para o descarte, as soluções consorciadas, indicadores de desempenho, transporte, capacitação técnica, fonte de negócios, controle e fiscalização e por fim a definição de ações preventivas e corretivas.

Em relação aos princípios, a maior dificuldade foi em relação aos princípios do poluidor-pagador e protetor-recebedor.

Por fim, quanto aos objetivos foi possível verificar que faltou estabelecer as iniciativas que dependem do poder público, como por exemplo a aquisição de produtos recicláveis nas compras públicas.



Todas as falhas constatadas podem comprometer a efetividade da PNRS ante a falta de diagnóstico e o consequente planejamento adequado.

## REFERÊNCIAS

**BRASIL. Decreto nº 10.936, de 12 de janeiro de 2022. Regulamenta a Lei nº 12.305, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 12 jan. 2022.

\_\_\_\_\_. **Lei n. 12.305, de 02 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. Brasília, DF: Presidência da República, [2020]. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm). Acesso em: 28 jul. 2023.

\_\_\_\_\_. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento.** Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos 2019. Brasília: SNIS, 2020. Disponível em: [http://snis.gov.br/downloads/diagnosticos/rs/2019/Diagnostico\\_RS2019.pdf](http://snis.gov.br/downloads/diagnosticos/rs/2019/Diagnostico_RS2019.pdf). Acesso em: 24 jul. 2023.

**MORAES, Clauciana Schmidt Bueno de. Pesquisa sobre o Gerenciamento dos Resíduos Sólidos nos Municípios do Estado de São Paulo, Brasil.** Universidade Estadual Paulista. Programa Município VerdeAzul. Comitê de Integração de Resíduos Sólidos. Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente do Estado de São Paulo. UNESP – PMVA/ CIRS/ SIMA. Rio Claro/SP, 2021.

**MORAES, C. S. B.; MAIA, J. V. F.; PINTO, W. L. H.; JULIÃO, D. P.; BONARETTO, C. M. V.; MARTIRES, G. M. B. M.; CAMOLEZI, J. Z. Análise Comparativa e Aplicabilidade das Normas e Legislações Correlatas à Lei 12.305/10 – Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).** Revista de Gestão e Secretariado, [S. l.], v. 14, n. 10, p. 16360–16387, 2023. DOI: 10.7769/gesec.v14i10.2877. Disponível em: <https://ojs.revistagesec.org.br/secretariado/article/view/2877>. Acesso em: 17 abril. 2024.



## AUDITORIA DE MARCAS COMO FERRAMENTA DE MOBILIZAÇÃO: UM ESTUDO DE CASO EM SÃO CARLOS (SP)

*Paola Camargo Sartori<sup>1</sup>\*, Raquel de Jesus Pinto de Faria Santos<sup>2</sup>, Pedro Luiz de  
Luccas<sup>3</sup>, Liane Biehl Printes<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> Departamento de Ciências Ambientais, Universidade Federal de São Carlos;

<sup>2</sup> Centro de Ciências Biológicas e de Saúde, Universidade Federal de São Carlos;

<sup>3</sup>Departamento de Apoio a Educação Ambiental, Universidade Federal de São Carlos;

\*Autor correspondente: paolasartori@estudante.ufscar.br

### INTRODUÇÃO

Aprovada em 2010 por meio da Lei nº 12.305, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) estabeleceu diretrizes para a gestão integrada e o gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos no Brasil. Entre seus principais fundamentos, destaca-se a responsabilização do Poder Público e dos órgãos jurídicos pela promoção de ações que assegurem a correta geração, destinação e tratamento desses resíduos. Além disso, a PNRS reconhece o papel essencial da participação e fiscalização cidadã nesse processo, como mecanismo de controle social e fortalecimento das políticas públicas ambientais (Meireles, 2023).

Nesse contexto, destacam-se iniciativas de mobilização social voltadas à redução da poluição ambiental, como o World Cleanup Day (Dia Mundial da Limpeza), criado na Estônia em 2008. A ação inaugural, que reuniu 50 mil voluntários para limpeza, expandiu-se para mais de 150 países até 2018, consolidando-se como o maior movimento global de limpeza e conscientização ambiental. No Brasil, a iniciativa é coordenada pelo Instituto Limpa Brasil, com o movimento Let's Do It!, promovendo mutirões de limpeza e campanhas educativas de conscientização (Da Silva et al., 2018). Outra iniciativa de destaque é o movimento *Break Free From Plastic*, que desde 2017 realiza auditorias de marcas como forma de ciência cidadã para mapear a origem dos resíduos plásticos. A ação envolve a triagem e categorização de resíduos coletados no ambiente, seguida do registro dos dados, permitindo identificar as principais empresas responsáveis pelo descarte de embalagens plásticas e subsidiar medidas para a redução de seus impactos (Zanin, 2023).

Entre 2022 e 2024, São Carlos (SP) realizou diversas ações de educação ambiental coordenadas principalmente pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) e o Coletivo

Limpa Sanca. Em 2022, o Departamento de Apoio à Educação Ambiental (DeAEA) UFSCar promoveu auditorias de marcas de resíduos da Coopervida e triagem de resíduos dos contentores de coleta seletiva no campus. Em 2023, a mobilização gerou o Coletivo Limpa Sanca, reunindo 35 organizações para mutirões de limpeza em 13 pontos da cidade, incluindo uma auditoria de marcas de resíduos plásticos. Em 2024, o Dia Mundial da Limpeza foi novamente realizado em 13 locais de São Carlos, entre setembro e outubro, com ampla participação de voluntários, escolas, ONGs, Prefeitura e UFSCar; promovendo em sete pontos, a auditoria de marcas a fim de mapear a poluição plástica. (Coletivo Limpa Sanca, 2024).

## OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo analisar o descarte de resíduos sólidos em diferentes locais do município de São Carlos, através da Auditoria de Marcas associada ao DML 2024 (Dia Mundial da Limpeza), buscando identificar padrões e marcas dos resíduos descartados pela população.

## METODOLOGIA

O presente estudo analisou de forma quantitativa e qualitativa resíduos plásticos coletados de diferentes bairros do município de São Carlos. A Auditoria de Marcas realizada durante o Mutirão de Limpeza – Dia Mundial da Limpeza 2024, seguindo a metodologia proposta pela organização ‘Break Free From Plastic (BFFP)’, envolvendo diversas etapas desde a formação das equipes até utilização dos cartões de registros disponibilizados, catalogação, e análise dos resíduos coletados<sup>1</sup>.

A auditoria contou com a participação de pessoas da comunidade externa; membros do PET (Programa de Ensino Tutorial) da Biologia da UFSCar; bolsistas de graduação FAI/PIDICT e servidores vinculados ao Departamento de Educação Ambiental da UFSCar.

Os organizadores de todos os 13 pontos do Mutirão foram convidados a separar de dois a três sacos de 200 L de resíduos recicláveis secos resultantes das ações de limpeza. Foram orientados a acondicionar os sacos para aguardar a coleta que foi realizada com a colaboração de um servidor da UFSCar. Sete locais enviaram as suas amostras para análise: Planalto Paraíso, Santa Maria do Leme, Jardim Zavaglia, Dom Bosco, Jardim Cardinalli, Jardim Bicão e UFSCar.

<sup>1</sup> Brand Audit Training. In: Break Free From Plastic Website. Disponível em: <https://brandaudit.breakfreefromplastic.org/brand-audit-training/> Acesso em 25 abr. 2025.



A Auditoria de Marcas foi realizada em duas manhãs, nos dias 19/11 e 02/12 de 2024, na sede do DeAEA. Antes das atividades, os participantes receberam orientações sobre a separação e catalogação dos resíduos, garantindo uniformidade na auditoria. Após a coleta, os materiais foram organizados para análise.

Os resíduos foram inicialmente classificados por tipo de material, agrupando itens semelhantes (plásticos, metais, papel, vidro, entre outros). Cada grupo foi, então, subdividido conforme as características específicas, como tipo de embalagem ou produto, e catalogados individualmente. As informações coletadas registradas em uma planilha padrão contendo as seguintes colunas:

- Nome da Marca: Identificação da marca presente no item;
- Indústria de Origem: Nome da indústria responsável pela produção do item;
- Descrição do Item: Breve descrição do material coletado (ex.: garrafa PET, embalagem de salgadinho, tampa de plástico);
- Tipo de Produto: Classificação do produto (ex.: cuidado pessoal, produtos domésticos);
- Tipo de Material: Composição principal do item (ex.: PET, PP, PVC);
- Camadas: Indicação de camadas de materiais presentes no item (ex.: única camada, multicamadas, inseguro);
- Contagem: Número de itens registrados para cada marca.

Ao final, todos os itens foram destinados à Coleta Seletiva. Os dados da catalogação foram consolidados para identificar as marcas mais frequentes e analisar a distribuição dos resíduos nos pontos de coleta, permitindo avaliar o perfil e as possíveis fontes dos resíduos descartados em São Carlos.

## RESULTADOS

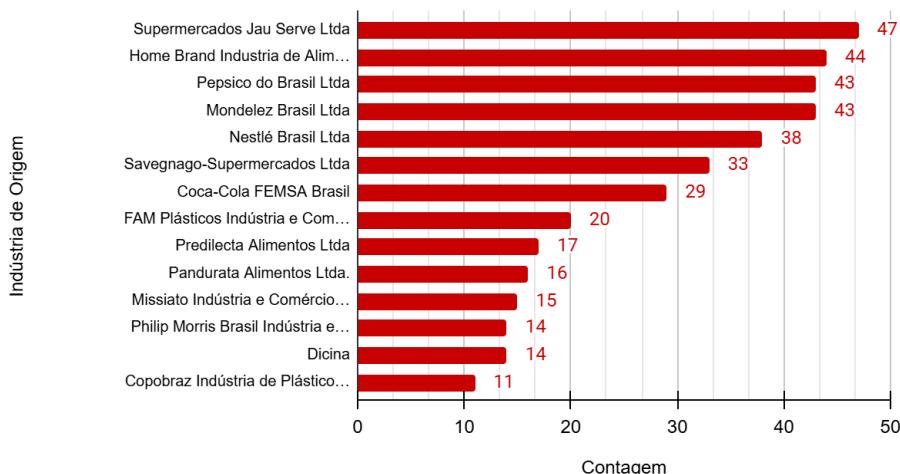
Ao todo, foram catalogados 1.562 resíduos plásticos na Auditoria de Marcas. No entanto, na categoria "marcas identificáveis", 521 resíduos (cerca de 33,3% do total) foram classificados como "desconhecidos", por estarem em estado avançado de decomposição, o que impossibilitou sua identificação visual, ou por falta de informações de rastreabilidade. Dessa forma, apenas os resíduos com condições adequadas de identificação foram considerados nas análises quantitativas referentes às marcas e indústrias de origem.

Entre os resíduos analisados, aproximadamente 60,4% foram classificados como embalagens para alimentos (Food Packing), o que inclui itens como sachês, potes plásticos, garrafas e talheres descartáveis. Isso evidencia o papel do consumo de alimentos industrializados como uma das principais fontes de descarte inadequado.



Figura 1 – Gráfico das indústrias de origem identificadas dos resíduos coletados.

### Indústrias de Origem Identificadas



Fonte: Os autores (2025).

A Figura 1 apresenta os dados sobre as indústrias responsáveis pelos resíduos identificados no mutirão. Observou-se que cinco empresas representaram cerca de 24,9% total de resíduos com identificação de marca, destacando-se: Supermercado Jau Serve Ltda, Home Brand Indústria de Alimentos Ltda, Pepsico do Brasil Ltda, Nestlé Brasil Ltda e Mondelez Brasil Ltda.

O Supermercado Jau Serve Ltda ocupou o primeiro lugar entre as indústrias mais identificadas. Presente com oito unidades no município de São Carlos, a marca local parece refletir o padrão de consumo regional, justificando sua alta incidência nos resíduos coletados, sendo em sua maioria as sacolas plásticas. Em segundo lugar, a Home Brand Indústria de Alimentos Ltda, voltada para o setor de panificação e com sede no estado de São Paulo, teve todos os seus resíduos encontrados em um único ponto de coleta, localizado no Cerrado da UFSCar. Em contrapartida, os resíduos da Jaú Serve foram identificados em todos os pontos amostrados, demonstrando uma maior abrangência territorial.

No contexto das multinacionais, Nestlé, Pepsico e Mondelez destacam-se por sua expressiva presença global. Segundo o ranking Forbes Global 2000, a Nestlé figura como a maior empresa do setor alimentício do mundo, seguida pela Pepsico em terceiro lugar e pela Mondelez em quinto lugar. A força dessas corporações no mercado internacional, aliada à diversidade de marcas sob sua gestão, contribui para a padronização do consumo em escala global, o que se reflete diretamente nos resíduos gerados.

O polipropileno (PP), amplamente utilizado em embalagens alimentícias, foi um dos materiais mais recorrentes entre os resíduos identificados. Embora valorizado por suas propriedades físicas, sua persistência no ambiente representa um desafio à mitigação da

poluição plástica. Apesar das variações na quantidade de resíduos entre os pontos de coleta, observou-se a recorrência do PP e das marcas encontradas, o que reforça a necessidade de políticas públicas mais eficazes, maior responsabilidade corporativa e ações voltadas à redução de embalagens descartáveis, ampliação da coleta seletiva e fortalecimento da educação ambiental.

Nesse sentido, torna-se essencial refletir sobre a lógica da sociedade de consumo, que frequentemente ignora as consequências ecológicas do descarte inadequado. Como destaca Martins (2021), o resíduo que “jogamos fora” não desaparece, apenas deixa nosso campo de visão, mas permanece no ambiente, acumulando-se ao longo do tempo e contribuindo para a saturação ambiental. Assim, é fundamental que o indivíduo e a sociedade como um todo compreendam seu papel na cadeia do consumo e do descarte, a fim de promover mudanças sustentáveis e efetivas.

## CONCLUSÕES

O presente trabalho possibilitou coletar e categorizar os resíduos plásticos descartados em ambientes de São Carlos-SP, por meio da metodologia de auditoria de marcas, fornecendo dados para elencar os principais produtores dos resíduos, bem como as características dos mesmos.

O “Dia Mundial da Limpeza” exemplifica a ideia de “pensar globalmente, agir localmente”, que resume bem as ideias defendidas por Ulrich Beck, destacando que ações coletivas e colaborativas em nível local, quando replicadas globalmente, geram impactos significativos. Essas iniciativas promovem visibilidade, engajamento social e fortalecem a consciência e a confiança das comunidades para exigir maior responsabilidade das empresas e influenciar políticas públicas e comerciais.

Mostrando que esta atividade, em conjunto com as diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos e medidas para preservação da natureza, auxiliam no cumprimento da lei e direcionamento da responsabilidade de descarte a todos os responsáveis. Além de, estimular a atuação cidadã ativa, por meio da mobilização coletiva e o impacto social, ao utilizar os dados para pressionar as indústrias responsáveis pela origem dos resíduos, bem como as entidades governamentais em relação a fiscalização das mesmas.

Os resultados obtidos corroboram para a organização de uma economia circular, com o descarte seletivo e a reciclagem dos resíduos. Desta forma, contribuem para a redução dos danos causados ao ambiente, como contaminação dos recursos hídricos, aumento da liberação de substâncias químicas advindas da decomposição, aumento na quantidade de microplástico

no ambiente, entre outros. Contudo, restrições econômicas e outras relacionadas à qualidade de alguns materiais impedem um total aproveitamento da reciclagem. Assim, há que focar na raiz do problema, refletir sobre a sociedade de consumo. Desta forma, com um conjunto de medidas, contribuir de forma e cada vez mais efetiva para a minimização da poluição plástica no planeta.

## REFERÊNCIAS

**BRASIL.** Ministério do Meio Ambiente. *Política Nacional de Resíduos Sólidos: Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010.* Disponível em: [https://www.mma.gov.br/estruturas/srhu\\_urbano/\\_publicacao/125\\_publicacao19012012022259.pdf](https://www.mma.gov.br/estruturas/srhu_urbano/_publicacao/125_publicacao19012012022259.pdf). Acesso em: 08 abr. 2025.

**COLETIVO LIMPA SANCA.** LimpaSanca2023: ações educativas cidadãs no Dia Mundial da Limpeza em São Carlos. In: Anais do Encontro Municipal de Educação Ambiental (EA 2024). São Carlos, SP, 2024. Disponível em: <https://ea2024.faiufscar.com/anais#/trabalhos>. Acesso em 25 de abr. 2025.

**LDIW ANNUAL REPORT.** *Let's Do It World Annual Report 2022.* 2022. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1pROZ0dyVnc1jkTXXwc03vzK0DT4GJzYV/view>. Acesso em: 28 fev. 2025.

**LAGO, V. M.; OLIVEIRA, P. A.** Análise quantitativa e qualitativa dos resíduos sólidos coletados por cinco anos no Dia Mundial de Limpeza de praias realizado na região costeira de Barra de Caravelas, BA. *Revista Mosaicum*, [S. l.], v. 15, n. 27, p. 131–146, 2018. DOI: <https://doi.org/10.26893/rm.v15i27.56>. Disponível em: <https://revmosaicum.org/mosaicum/article/view/56>. Acesso em: 19 mar. 2025.

**MARTINS, Joana D'Arc Dias; RIBEIRO, Maria de Fátima.** O consumismo como fator preponderante para o aumento da geração de resíduos sólidos e os impactos ambientais na saúde pública. *Revista de Direito Econômico e Socioambiental*, Curitiba, v. 12, n. 1, p. 123–152, jan./abr. 2021. DOI: <https://doi.org/10.7213/rev.dir.econ.soc.v12i1.27478>.

**SILVA, André Felipe da; VON ADAMEK, Daniela Cavalieri.** Gestão de resíduos sólidos e os impactos da poluição plástica na economia, na sociedade e no meio ambiente. *Revista Parlamento e Cidadania*, Brasília, DF, v. 1, 2024. Disponível em: <https://revistas.cl.df.gov.br/index.php/rpc/article/view/4/42>. Acesso em: 22 abr. 2025.

**SILVA, José Onício Rosa da et al.** Dia Mundial da Limpeza: educação ambiental com atuação da Faculdade Patos de Minas. *Psicologia e Saúde em Debate*, [S. l.], v. 4, n. Suppl. 1, p. 28, 2018. Disponível em: <https://psicodebate.dpgpsifpm.com.br/index.php/periodico/article/view/374>. Acesso em: 19 mar. 2025.

**ZANIN, Maria; OLIVEIRA, Letícia dal Picolo dal Secco de.** Cooperativas de catadoras e catadores de materiais recicláveis e o desafio da comercialização das embalagens plásticas. *Org&Demo*, Marília, v. 24, 2023. Fluxo contínuo. DOI: <https://doi.org/10.36311/1519-0110.2023.v24.e023013>. Acesso em: 28 fev. 2025.

## AVALIAÇÃO DA CONFORMIDADE DOS PLANOS DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE EM DOIS HOSPITAIS DE SÃO CARLOS-SP

*Laura Bonome Message<sup>1</sup>\*, Ana Teresa Rodrigues de Sousa<sup>2</sup>, Luciana Rezende Alves de Oliveira<sup>2</sup>, Valdir Schalch<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Universidade Federal de São Carlos;

<sup>2</sup> Universidade de São Paulo;

\*Autor correspondente: lauramessage@estudante.ufscar.br

### INTRODUÇÃO

Os resíduos de serviços de saúde (RSS), definidos no Art. 13 da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), abrangem todos os resíduos gerados em estabelecimentos de saúde, ou seja, aqueles produzidos por locais que oferecem serviços relacionados à saúde humana e animal (Brasil, 2018). Embora os RSS correspondam a apenas 1% a 2% do total de resíduos sólidos urbanos, eles exigem cuidados especiais em seu manejo (Chartier et al., 2014) devido às suas características biológicas, químicas e físicas, que podem causar impactos ambientais significativos caso não sejam devidamente tratados (Windfeld; Brooks, 2015).

O crescimento populacional mundial, aliado à expansão do acesso aos serviços de saúde, tem resultado em um aumento na geração de RSS de forma exponencial (Kaposi, 2024). Nesse contexto, os hospitais se destacam como os grandes geradores desses resíduos, tanto pelo volume quanto pela variedade dos materiais gerados (Chartier et al., 2014; Neves et al., 2022). A magnitude dessa geração pode ser ilustrada por uma meta-análise que foi conduzida por Singh et al. (2021) que avaliou dados de 78 países e identificou uma média global de 2,04 kg de RSS gerados por leito hospitalar por dia, com variações entre 0,3 e 8,4 kg/leito/dia. No Brasil, esse valor é ainda mais elevado, atingindo 3,3 kg/leito/dia, o que evidencia a necessidade de estratégias embasadas em várias legislações para o manejo adequado desses resíduos.

Dentre essas estratégias tem-se o Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde (PGRSS) que é um documento obrigatório, conforme estabelecido por diversas legislações brasileiras, incluindo a Resolução CONAMA nº 358/2005 (Brasil, 2005), a Política Nacional de Resíduos Sólidos - Lei nº 12.305/2010 (Brasil, 2010) e a Resolução RDC



nº 222/2018 da ANVISA (Brasil, 2018). O PGRSS é um documento que orienta os profissionais das instituições de saúde quanto às práticas adequadas a serem adotadas em todas etapas do gerenciamento dos RSS, abrangendo desde a segregação até a disposição final. Por sua função orientadora, o PGRSS é considerado um instrumento fundamental para garantir a segurança sanitária e ambiental no manejo dos RSS (Pereira; Kozusny-Andreani, 2021). Além disso, a implementação, execução e auto-avaliação do PGRSS reduz o número de acidentes de trabalho ocasionados no manejo dos RSS, os custos de manejo dos resíduos e o número de infecções hospitalares (Almeida, 2009). Portanto, um PGRSS adequado é fundamental para o controle e planejamento das ações de gestão ambiental em hospitais. Para que o gerenciamento dos RSS alcance seus objetivos, é recomendada a análise contínua do PGRSS, permitindo seu monitoramento e aprimoramento, o que contribui para o desenvolvimento de uma postura organizacional ambientalmente responsável.

## OBJETIVO

Avaliar a conformidade dos PGRSS com a legislação vigente de dois hospitais do município de São Carlos-SP, visando o monitoramento ambientalmente adequado dos RSS em relação à variedade e ao volume gerado.

## METODOLOGIA

O presente trabalho trata-se de um estudo de caso descritivo de dois hospitais localizados no município de São Carlos-SP. A escolha das instituições se deu em razão de sua expressiva contribuição para a geração de resíduos de RSS no município. A análise dos PGRSS foi conduzida por meio de uma avaliação crítica dos documentos fornecidos pelos hospitais, com o objetivo de verificar seu grau de conformidade com a legislação vigente. Para isso, foi utilizado um *check-list* elaborado com base no Manual de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde da ANVISA (Brasil, 2006), apontando a presença ou ausência dos itens exigidos.

O *check-list* utilizado neste estudo possui 60 itens de avaliação, distribuídos em 23 categorias que aborda aspectos como informações gerais do estabelecimento, fontes poluidoras, etapas do gerenciamento dos RSS, controle de riscos, recursos humanos, capacitações e medidas de prevenção e resposta a emergências. Cada item foi classificado de acordo com uma dessas quatro opções: “consta”, “não consta”, “consta parcialmente” e “não se aplica”. Os dados foram organizados em planilhas no *software* Excel, onde calculou-se as



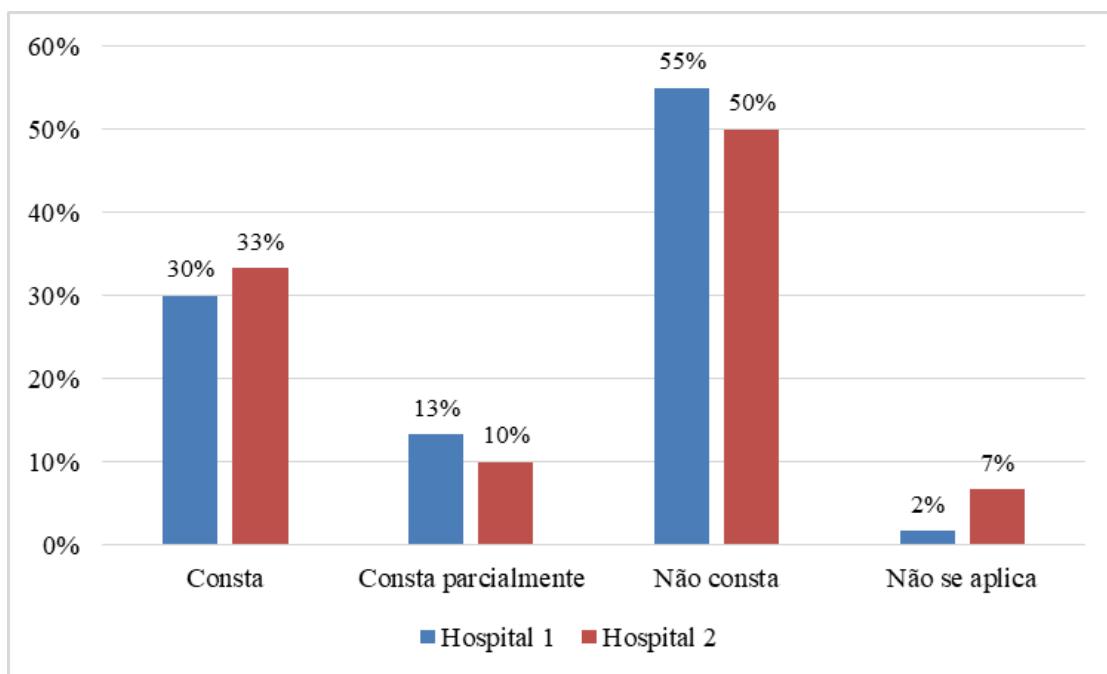
frequências absolutas e relativas (porcentagens) para cada uma das quatro categorias. Esses resultados foram apresentados por meio de gráfico elaborado com auxílio do *software* Microsoft Excel, com o objetivo de facilitar a visualização das distribuições das respostas. Ademais, foi realizada uma análise descritiva, levantando os principais pontos de destaque nos PGRSS analisados.

## RESULTADOS

O Hospital 1 possui 60 leitos, conta com 312 funcionários e tem o seu próprio PGRSS desde 2016, cuja responsabilidade é do Engenheiro de Segurança do Trabalho da instituição. As etapas operacionais do gerenciamento dos RSS ficam a cargo do Serviço de Limpeza que é feito por empresa terceirizada. Já o Hospital 2 possui 322 leitos, conta com 1530 funcionários e tem seu PGRSS desde 2003, cuja responsabilidade é da médica infectologista da instituição. O gerenciamento dos RSS é realizado pelo Serviço de Controle de Infecção Relacionado à Saúde (SCIRAS) que dá as orientações e pela hotelaria e equipe de limpeza que realiza a parte operacional. Ambos PGRSS tiveram sua última atualização no ano de 2017.

A partir das análises do PGRSS, obteve-se que dos 60 itens avaliados apenas 18 itens (30%) do Hospital 1 e 20 itens (33%) do Hospital 2 constavam no PGRSS (Figura 1).

*Figura 1- Distribuição das respostas do check-list no Hospital 1 e Hospital 2 localizados no município de São Carlos/SP*



Fonte: Os autores (2025)



Após análise dos PGRSS dos dois hospitais deste estudo, observou-se que as informações contidas em ambos documentos eram insuficientes com as sugeridas pelo Manual de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde da ANVISA (Brasil, 2006). Esses achados corroboram com os resultados de outros estudos (Cruz, 2015; Góis, 2023) e evidenciam fragilidades importantes, especialmente quanto à ausência de informações nos PGRSS avaliados, sendo possível identificar algumas características em comum entre os documentos.

No que se refere ao item “Caracterização dos Aspectos Ambientais”, observou-se que nenhuma informação foi apresentada nas três categorias analisadas — abastecimento de água, efluentes líquidos e emissões gasosas. Essa ausência pode indicar um desconhecimento, por parte da gestão hospitalar, sobre a origem da água utilizada e sobre os impactos ambientais decorrentes das atividades do hospital, como o lançamento de esgoto e a emissão de gases poluentes.

Além disso, verificou-se que a descrição das etapas de gerenciamento dos RSS foi genérica, especialmente em relação aos serviços realizados fora das dependências do hospital, como a coleta e transporte externo, o tratamento e a disposição final. Tais etapas são fundamentais no processo de gerenciamento e continuam sob a responsabilidade do hospital, mesmo quando executadas por empresas terceirizadas. Portanto, é essencial que a instituição tenha pleno conhecimento sobre o destino de seus resíduos, assegurando que estejam sendo tratados e dispostos de maneira ambientalmente adequada.

Por fim, destaca-se a ausência de tópicos relacionados a indicadores nos documentos dos dois hospitais. A definição de indicadores é fundamental para o monitoramento e a avaliação dos RSS, além de permitir a mensuração dos resultados obtidos. Esses indicadores podem ser utilizados para avaliar o desempenho do PGRSS e seu impacto em aspectos socioeconômicos e populacionais (Brasil, 2006), possibilitando o acompanhamento contínuo do progresso ao longo do tempo.

Os demais itens do *check-list*, como avaliações de risco, presença de serviços especializados, capacitações, situações de emergência e fluxogramas dos hospitais em grande parte não constavam ou eram descritos de forma superficial nos documentos fornecidos.

## CONCLUSÕES

A partir da análise considerou-se que o conteúdo de ambos os PGRSS é insatisfatório, devido a ausência de informações detalhadas sobre as etapas de gerenciamento dos RSS.



Destacam-se como principais falhas a ausência das etapas externas ao estabelecimento, como o transporte, tratamento e disposição final dos resíduos. Além disso, os documentos não apresentavam diretrizes sobre a promoção da saúde e segurança dos trabalhadores.

Diante dessas lacunas, é fundamental que os hospitais revisem e adequem seus PGRSS conforme as normas e legislações vigentes. O documento deve conter informações completas sobre todas as etapas do gerenciamento dos RSS, estratégias de capacitação, medidas de prevenção de riscos ocupacionais e indicadores que permitam o acompanhamento da execução e dos impactos do plano no ambiente hospitalar.

Por fim, é importante destacar que o PGRSS é um instrumento essencial, reunindo as informações relacionadas ao gerenciamento dos RSS e, portanto, deve ser elaborado de forma completa, clara e constantemente atualizado.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, V. L. de. **Avaliação do desempenho ambiental de estabelecimentos de saúde, por meio da Teoria da Resposta ao Item, como incremento da criação do conhecimento organizacional**. 2009. 186 f. Tese (doutorado). Programa de Pós-graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento, Florianópolis, 2009.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA n.º 358, de 29 de abril de 2005. Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2005.

BRASIL. Lei n.º 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. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2010.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Manual de gerenciamento de resíduos de serviços de saúde**. Brasília: Ministério da Saúde, 2006.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução - **RDC** n.º 222, de 28 de março de 2018. Regulamenta as Boas Práticas de Gerenciamento dos Resíduos de Serviços de Saúde e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2018.



CHARTIER, Y. et al. **Safe management of wastes from health-care activities.** 2.ed. Geneva: World Health Organization, 2014.

CRUZ, D. M. O. **Análise de planos de gerenciamento de resíduos de serviços de saúde em hospitais em salvador - Bahia.** 2015. 218 f. Dissertação (mestrado). Pós-graduação em Saúde, Ambiente e Trabalho, Salvador, 2015.

GÓIS, F. I. M. **Proposição de indicadores para avaliação do plano de gerenciamento de resíduos de serviços de saúde de uma unidade de saúde de Ouro Preto/MG.** 2023. 93 f. Trabalho Final de Curso (Engenharia Ambiental). Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2023.

KAPOSI, A. et al. Analysis of healthcare waste and factors affecting the amount of hazardous healthcare waste in a university hospital. **Journal of Material Cycles and Waste Management**, v. 26, n. 2, p. 1169–1180, 2024.

NEVES, A. C. et al. Analysis of healthcare waste management in hospitals of Belo Horizonte, Brazil. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 29, n. 60, p. 90601–90614, 2022.

PEREIRA, R. A.; KOZUSNY-ANDREANI, D. I. Conhecimento sobre resíduos de serviços de saúde entre profissionais na área da saúde de um município da região central do estado do Tocantins, Brasil. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 1, p. e33010111665, 2021.

SINGH, N.; OGUNSEITAN, O. A.; TANG, Y. Medical waste: current challenges and future opportunities for sustainable management. **Critical Reviews in Environmental Science and Technology**, v. 52, p. 2000–2022, 2021.

WINDFELD, E. S.; BROOKS, M. S. L. Medical waste management — a review. **Journal of Environmental Management**, v. 163, p. 98–108, 2015.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Safe management of wastes from health-care activities.** 2nd ed. Geneva: WHO, 2014.



## AVALIAÇÃO DO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DO INSTITUTO FEDERAL DO SUL DE MINAS GERAIS - IFSULDEMINAS, CAMPUS PASSOS

*Marcílio Silva Andrade<sup>1</sup>, Juliana Chiaretti Novi<sup>2\*</sup>*

<sup>1</sup> Instituto Federal do Sul de Minas Gerais - IFSULDEMINAS

<sup>2</sup> Universidade de Ribeirão Preto - UNAERP

\*Autor correspondente: juliananovi@alumni.usp.br

### INTRODUÇÃO

Em 2019, os 624 municípios declarantes no Relatório Estadual de Gestão de Resíduos Sólidos em Minas Gerais informaram a geração de 4.908.263,20 toneladas de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), sendo a geração per capita de 0,82 kg/hab/dia (SINIR, 2023). No município de Passos, localizado no Sul de Minas Gerais, a massa total per capita foi de 0,64 kg/hab/dia (SINIR, 2023).

A cidade de Passos fica situada na região Sul do Estado de Minas Gerais, possui uma população estimada de 111.939 habitantes (IBGE, 2022), onde está localizado *campus* da Instituição de Ensino Superior (IES) estudada, que por desenvolver diversas atividades educacionais, operacionais e administrativas gera diferentes tipos de resíduos sólido. Inclusive, alguns tipos de resíduos são perigosos e outros são não perigosos e não podem ser equiparados aos RSU pelo poder público municipal, por causa da sua natureza, composição ou volume, portanto, a IES tem a obrigação de elaborar e implementar um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS), para garantir que o manejo desses resíduos seja realizado de forma ambientalmente adequada (Alvares *et al.*, 2024).

O comprometimento com a sustentabilidade faz parte da política do IFSULDEMINAS, que tem como missão institucional: “Promover a experiência na oferta da educação profissional e tecnológica em todos os níveis, formando cidadãos críticos, criativos, competentes e humanistas, articulando ensino, pesquisa e extensão e contribuindo para o desenvolvimento sustentável do Sul de Minas Gerais”. Assim, destaca-se a importância do estudo sobre gerenciamento dos resíduos sólidos no *Campus* desta IES, uma vez que há a necessidade de um PGRS. Sendo necessário adequar-se às normas instituídas pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e também para que sejam definidos os procedimentos para o gerenciamento de cada tipo de resíduo produzido, conforme classificação da NBR n°10.004/2004 (ABNT, 2004).



Além de adequar-se às normas legais, a IES deve buscar beneficiar toda comunidade acadêmica em seu processo educacional, melhorar a qualidade e a quantidade de resíduos sólidos recicláveis destinados à associação de catadores e, consequentemente, diminuir a quantidade de resíduos não recicláveis/rejeitos destinados ao aterro sanitário, reduzindo os impactos à saúde pública e ao meio ambiente (Schalch *et al.* 2019).

Dentre os dezessete Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) que integram o Protocolo Internacional da Assembleia Geral da Organização das Nações Unidas (ONU), essa pesquisa está relacionada, principalmente, com o ODS 11, cidades e comunidades sustentáveis, visando reduzir o impacto ambiental negativo per capita das cidades, inclusive prestando especial atenção à qualidade do ar e a gestão de resíduos municipais até 2030.

## OBJETIVO

Avaliar o gerenciamento de resíduos sólidos do Instituto Federal do Sul de Minas Gerais - IFSULDEMINAS, *Campus* Passos.

## METODOLOGIA

Trata-se de uma pesquisa exploratória descritiva, de caráter qualitativo, onde foram realizadas pesquisa bibliográfica, *focus group* e observação sistemática. Além disso, o método da pesquisa de campo também foi realizado por se tratar de uma estratégia de pesquisa abrangente, que busca o aprofundamento das questões propostas. Com isso, foi possível conhecer sobre a geração de resíduos tal como ocorrem espontaneamente no *Campus*, coletar os dados e realizar as análises em busca das soluções para os problemas encontrados.

A pesquisa foi autorizada pela direção geral do *campus*, onde foram realizadas visitas no mês de maio de 2023. Algumas das informações foram coletadas por meio do sitio eletrônico do IFSULDEMINAS/*Campus* Passos outras com dirigentes e colaboradores, de forma geral. Assim, diante dos resultados obtidos foi possível realizar a avaliação do gerenciamento de resíduos sólidos do Instituto Federal do Sul de Minas Gerais - IFSULDEMINAS, *Campus* Passos. Além disso, apontar sugestões de melhorias e indicar as correções dos problemas encontrados no gerenciamento de resíduos sólidos.

## RESULTADOS

Nos meses de maio a dezembro de 2023 foram realizadas visitas ao *Campus* com o objetivo de observar como era a situação atual do gerenciamento dos resíduos sólidos gerados



na IES. No início de maio de 2023 foi realizado um *focus group* com diretor geral, solicitando informações sobre o gerenciamento de resíduos sólidos da instituição e se existia o PGRES do *Campus*.

Em relação à situação do gerenciamento dos resíduos sólidos no ano de 2024, foi informado que o *Campus* não possui PGRES, que o serviço de limpeza geral é realizado por uma equipe de nove colaboradores vinculados a uma empresa prestadora de serviços, que recolhem todos os dias nos cestos coletores, acondicionando em sacos plásticos, os resíduos sólidos gerados nos postos de trabalho dos servidores, salas de aula, laboratórios, biblioteca, restaurante e lanchonete, áreas de circulação pessoas, auditório, ginásio poliesportivo, cozinhas e copas, banheiros e os resíduos originários da varrição dos ambientes, das áreas de circulação, limpeza áreas verdes, das calçadas, ruas e estacionamentos. Os resíduos sólidos comuns, semelhantes aos domiciliares, recicláveis ou não recicláveis/rejeitos, são acondicionados em sacos plásticos de cor preta ou cinza de vários tamanhos, recolhidos diariamente e armazenados temporariamente em três contêineres com tampa em uma área a céu aberto entre um dos blocos e a biblioteca, próximo ao estacionamento de veículos do *Campus* e ao portão de acesso de uma das ruas.

Os conjuntos de coletores para a coleta seletiva são utilizados de maneira incorreta pela comunidade acadêmica. Nos cestos de coleta seletiva de papel, plástico, metal e vidro está ocorrendo o descarte equivocado dos resíduos sólidos e também estão sendo utilizados para o descarte, por exemplo, de restos de alimentos e outros resíduos sólidos não recicláveis/rejeitos. Muitos dos resíduos sólidos gerados na instituição podem ser reutilizados, recuperados ou reciclados, mas para isso acontecer de maneira adequada, precisam ser segregados em recicláveis e não recicláveis/rejeitos ou em secos e úmidos, antes de serem encaminhados para a coleta seletiva ou para a disposição final ambientalmente adequada (Al-Hamaiedeh *et al.*, 2023).

Observou-se também que é comum a geração de resíduos da construção civil no *Campus*, pois obras de reforma, modernização ou ampliação da infraestrutura são comuns de acontecer. O material que sobra e pode ser reaproveitado é armazenado em alguma área livre disponível ou em um depósito de materiais e, os resíduos gerados que não podem ser reaproveitados, são armazenados temporariamente a granel em alguma área disponível do *Campus* ou colocados diretamente em caçambas contratadas de empresas especializadas para a correta destinação dos mesmos. Os equipamentos eletroeletrônicos, como computadores, impressoras e seus periféricos, ar condicionado e ventiladores, data show, televisores, geladeiras, cafeteiras, bebedouros, dentre outros, são equipamentos utilizados por todo o



Campus, em seus vários laboratórios, postos de trabalho, salas de aula, biblioteca, auditório, ginásio, restaurante e lanchonete, cozinhas/copas, dentre outros locais.

Foi observado que as lâmpadas queimadas não tem local definido para armazenamento temporário, são armazenadas de forma inadequada e estão sendo destinadas e recolhidas pela associação de catadores de materiais recicláveis, que também recebe este tipo de material. Quando uma lâmpada quebra, os resíduos são acondicionados separadamente dos resíduos comuns, mas estão sendo armazenados no contêiner de rejeitos que, posteriormente, são recolhidos pelo serviço de coleta do município. O mobiliário danificado, quando possível, é recuperado por um colaborador terceirizado que atua em serviços de manutenção, no setor específico para reparos. Os resíduos de poda e capina das áreas verdes e as folhas e flores das árvores que caem no chão, são recolhidas e acondicionadas a granel em um local da IES.

Os resíduos orgânicos ficam depositados no local, até que ocorra a remoção pelo caminhão da prefeitura que, segundo o diretor geral, é parceira da instituição para o recolhimento desses resíduos, que são destinados para a unidade de compostagem do município. Os Resíduos de Serviços de Saúde (RSS) que são gerados no laboratório do curso Técnico em Enfermagem, Posto de Enfermagem e Consultório Odontológico são descartados em cestos com sacos plásticos brancos para o acondicionamento dos resíduos infectantes e o descarte de perfurocortantes são acondicionados em caixa box apropriada para esse fim. É importante destacar que, o contêiner utilizado para armazenar temporariamente os RSS não está identificado, encontra-se exposto às intempéries climáticas diárias e qualquer pessoa tem acesso ao local e ao contêiner. Foi observada a existência de resíduos de serviços de saúde no contêiner de armazenagem temporária, contendo algumas caixas box para perfurocortantes e alguns sacos plásticos de cor branca para infectantes e também foram encontradas algumas caixas box com resíduos perfurocortantes em um dos laboratórios.

Por fim, as informações coletadas permitiram a elaboração de fluxogramas para uma melhor visualização dos RSS gerados pela IES e seu gerenciamento. Os fluxogramas envolveram os seguintes tipos de resíduos gerados no *campus*: Resíduos Sólidos Domiciliares, Resíduos Sólidos Orgânicos, Resíduos Serviços de Saúde, Alguns Tipos de Resíduos Perigos, Resíduos de Mobílias, Equipamentos Eletroeletrônicos, Resíduos da Construção Civil. Com todos esses fluxogramas ainda foi possível identificar os locais de geração dos RSS no *campus*, dentre eles, aponta-se que é comum o consumo de alimentos e bebidas nas salas de aulas durante os intervalos ou quando ficam ociosas, ocorrendo a geração de resíduos de restos de alimentos e suas embalagens, incluindo as de bebidas. Em vários dos laboratórios foram observados cestos coletores com saco plástico de cor preta para acondicionamento dos resíduos descartados



durante a utilização da sala para aulas ou reuniões dos docentes da área, mas não está ocorrendo a segregação dos resíduos na fonte.

Foi observado no restaurante que, após servir as refeições aos usuários no salão, ocorre a segregação dos resíduos sólidos em cestos coletores com sacos plásticos para acondicionamento dos orgânicos, recicláveis e não recicláveis/rejeitos. Mas durante o preparo dos alimentos na cozinha, os resíduos gerados são descartados em apenas dois cestos coletores com saco plástico de cor preta para acondicionamento, sendo um cesto para os restos de alimentos e o outro para o descarte dos resíduos recicláveis e não recicláveis/rejeitos ali utilizados, ou seja, misturando resíduos secos com úmidos e até borras de café no mesmo coletor, por exemplo.

No bloco administrativo, os resíduos sólidos gerados são descartados em um único cesto coletores com saco plástico de cor preta para acondicionamento dos mesmos, onde os resíduos recicláveis, os não recicláveis/rejeitos e restos de alimentos são todos descartados no mesmo coletor. Existe uma orientação administrativa para segregar apenas o pó de café usado para a compostagem, mas o cesto coletores identificado para esse fim estava presente nas duas cozinhas e não estava presente em todas as copas.

Nas áreas de convivência, áreas de circulação de pessoas, áreas verdes, ruas e estacionamentos do *campus* observou-se também que não está ocorrendo a segregação dos resíduos sólidos na fonte como deveria, tudo sendo acondicionado em saco plástico preto, recolhidos pelos colaboradores da limpeza e armazenados temporariamente nos dois contêineres utilizados para resíduos recicláveis.

## CONCLUSÕES

A avaliação da situação atual dos resíduos sólidos gerados no *Campus*, considerando os aspectos qualitativos, os resíduos podem ser caracterizados como recicláveis, não recicláveis ou rejeitos, orgânicos e perigosos. Em meio aos resíduos considerados não recicláveis/rejeitos, foram encontrados muitos resíduos recicláveis que foram destinados ao caminhão da coleta regular de resíduos. Os resíduos de restos de alimentos estão presentes nos resíduos considerados não recicláveis/rejeitos e nos resíduos considerados recicláveis, evidenciando que a segregação na fonte não está sendo eficaz. Outro ponto que merece destaque, são os resíduos têxteis, descartados em meio aos resíduos recicláveis ao invés de serem separados para serem reaproveitados e estão sendo destinados à associação de catadores de materiais recicláveis. Os resíduos de isopor encontrados em meio aos resíduos recicláveis durante a triagem dos resíduos sempre estavam sujos de restos de alimentos e também estavam presentes em meio aos resíduos



# SIRS

Simpósio sobre  
Resíduos Sólidos

Cidades Inteligentes e Sustentáveis

16 a 19 de setembro de 2025  
São Carlos/SP  
Brasil

Realização



não recicláveis/rejeitos e estão sendo destinados ao aterro sanitário coletado pelo serviço de limpeza urbana ou depois de separado na associação de catadores. Conforme observado, verificou-se que os procedimentos de segregação na fonte não estão ocorrendo de maneira eficiente, provocando assim o desperdício de material reciclável em meio aos rejeitos ou sujos de matéria orgânica quando são descartados e que acabam sendo coletados pelo serviço municipal de limpeza urbana. Portanto, a partir do diagnóstico sobre a atual situação, considerando as orientações do representante da associação de catadores de materiais recicláveis para que ocorra a segregação dos rejeitos de banheiro e de cozinhas/copas dos demais resíduos (separação do material reciclável do material não reciclável) e visando atender a legislação vigente, serão necessárias algumas adequações que possibilitem o correto gerenciamento dos resíduos sólidos.

A unidade de ensino necessita de PGERS, pois foi observada a geração de alguns tipos de resíduos perigosos (Classe I) e outros não perigosos (Classe II A ou B) que não podem ser equiparados aos resíduos sólidos domiciliares e de limpeza urbana pelo poder público municipal em razão da sua natureza, composição ou volume.

## REFERÊNCIAS

- ABNT. *Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10004: Resíduos sólidos – Classificação.* Rio de Janeiro: ABNT, 2004.
- AL-HAMAIEDEH, H.; et al. Evaluating the In-site Sorting of Solid Waste in Selected Educational Institutions - A Pilot Study. *Journal of Ecological Engineering*, v. 24, n. 5, p. 137-143, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.12911/22998993/161617>. Acesso em: 20 jul. 2024.
- SCHALCH, Valdir; et al. *Resíduos sólidos: conceito, gestão e gerenciamento.* 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2019.
- SINIR. *Sistema Nacional de Informações Sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos.* Logística reversa. 2023. Disponível em: <https://sinir.gov.br/perfis/logistica-reversa/logistica-reversa/>. Acesso em: 4 abr. 2023.



## AVENIDAS DE FINANCIAMENTO PARA COOPERATIVAS DE CATADORES: ESTUDO DE CASO DA COOPERATIVA ACÁCIA

*Beatriz Teixeira Cayres<sup>1\*</sup>, Fernanda Oliva Pintucci<sup>1\*</sup>, Maria Julia de Andrade Cardeal<sup>1\*</sup>, Paula Nozaki Mazaroski<sup>1\*</sup>, Vinicius Silveira Leite<sup>1\*</sup> e Shirley Sarai Cantaro Ramirez<sup>2\*</sup>*

<sup>1</sup> Escola de Engenharia de São Carlos (EESC) da Universidade de São Paulo (USP);

<sup>2</sup>Universidad Nacional de Ingenieria (UNI);

\*Autor correspondente: bia.cayres@usp.br, fernanda.pintucci@usp.br, majucardeal@usp.br, nozapi14@usp.br, viniciussilveiraleite@usp.br, shirley.cantaro.r@usp.br

### INTRODUÇÃO

A preocupação acerca da geração de resíduos sólidos urbanos tem crescido (Lino; Ismail; Castañeda-Ayarza, 2023), tornando necessária a busca de soluções para os problemas relacionados a esse processo, típico de uma economia linear baseada na extração de recursos, transformação em bens, consumo e descarte. Em contrapartida, a adoção da lógica da economia circular permite estender a vida útil de produtos, reduzir a geração de resíduos e assegurar sua destinação adequada, por vezes reinserindo-os no ciclo produtivo (Engelke, 2020).

Entre as estratégias voltadas à gestão de resíduos, encontra-se a reciclagem, que contribui para a sustentabilidade urbana, geração de renda, cidadania e conservação de recursos naturais (Conke; Nascimento, 2018). No atual contexto brasileiro, a coleta seletiva é frequentemente realizada por cooperativas de catadores (Schneider; Costa; Mesquita., 2017), que organizam a coleta e triagem de materiais recicláveis como alumínio, plástico, papelão e eletrônicos (Esteves, 2015). Aprovada em 2022, a Política Nacional dos Resíduos Sólidos reconhece a logística reversa como instrumento de desenvolvimento econômico e social, caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos para reaproveitamento ou outra destinação ambientalmente adequada (Brasil, 2022). Além disso, a lei também destaca a relevância da participação de cooperativas de catadores como atores-chave no sistema de coleta seletiva.

No contexto deste trabalho, compreendendo as cooperativas de catadores enquanto importantes agentes de logística reversa de embalagens em geral, foi analisada a Cooperativa



Acácia de Catadores, Coleta, Triagem e Beneficiamento de Materiais Recicláveis, localizada em Araraquara, São Paulo. Responsável pela coleta seletiva de quase toda a área urbana do município (Gonçalves, 2022), a cooperativa conta com cerca de 180 cooperados e mantém vínculo formal com o Departamento Autônomo de Água e Esgoto (DAAE) de Araraquara, por meio de um contrato de prestação de serviços. Neste sentido, torna-se fundamental analisar as diferentes formas de financiamento voltadas à criação, consolidação e manutenção de cooperativas de catadores de materiais recicláveis.

## OBJETIVO

O objetivo do trabalho é apresentar e explorar as possibilidades de avenidas de financiamento para a cooperativa Acácia, localizada em Araraquara (SP). Os objetivos específicos envolvem: a) a análise e caracterização do contexto da Cooperativa Acácia; b) a realização de um diagnóstico financeiro e operacional para apontar oportunidades de melhoria e c) o estudo das fontes de financiamento disponíveis para cooperativas de reciclagem no Brasil, considerando mecanismos públicos, privados e parcerias estratégicas.

## METODOLOGIA

A revisão bibliográfica objetivou embasar teoricamente o estudo sobre as avenidas de financiamento para cooperativas de reciclagem, sobretudo no contexto da Cooperativa Acácia. Para isso, utilizou-se majoritariamente a plataforma Google Acadêmico a fim de se selecionar artigos científicos, dissertações, relatórios técnicos e outros documentos relevantes publicados nos últimos anos. Além disso, realizou-se um compilado de legislações brasileiras e dados secundários relacionados às políticas públicas de gestão de resíduos sólidos (Bensen, Jacobi e Freitas, 2018), assim como referente a instrumentos econômicos como logística reversa, créditos de reciclagem (Araujo, 2023; Locatelli, 2016), pagamento por serviços ambientais e programas de apoio a cooperativas. Foi realizada uma abordagem crítica e fundamentada na realidade brasileira, a partir da inclusão de estudos de caso de diferentes regiões do país (Gonçalves, 2022) e da análise dos principais desafios enfrentados.

Durante o levantamento bibliográfico, foram identificadas lacunas significativas entre as práticas e os conceitos abordados sobre avenidas de financiamento nas cooperativas de reciclagem, o que levou à elaboração de um questionário acerca de temas e informações relevantes nesse contexto, a saber: logística reversa, incluindo as dificuldades de integração de sistemas formais; pagamentos por serviços ambientais; parcerias público-privadas; número

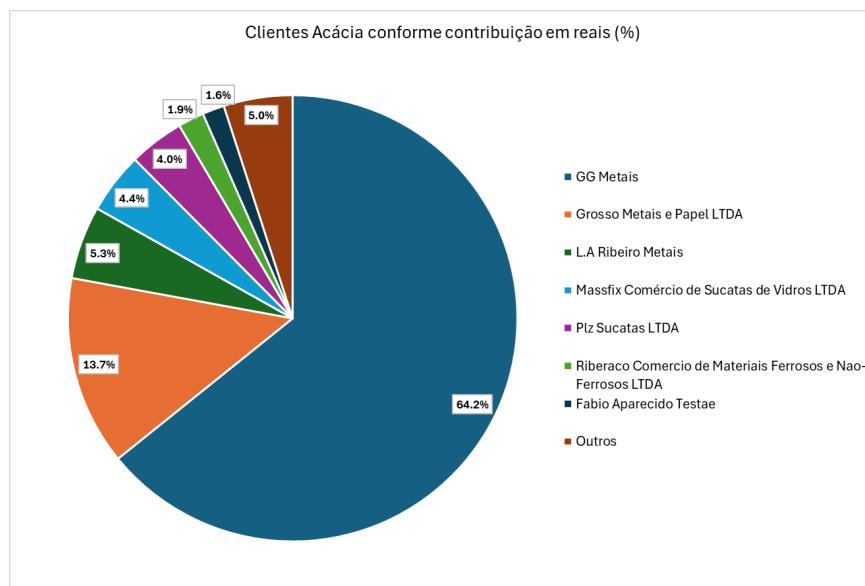


de funcionários; política de remuneração; preços ofertados na venda e a possibilidade da utilização dos caminhões fornecidos pelo DAAE; existência de convênios com instituições de fomento, a relação com o DAAE em termos de apoio e fiscalização; familiaridade com programas de créditos de reciclagem, bem como as parcerias público-privadas mantidas; meios de formalização; dificuldades de acesso a financiamentos e a necessidade de investimentos para comercialização de resíduos atualmente não aproveitados. Assim, foi construído um diagnóstico detalhado acerca da Cooperativa Acácia, permitindo identificar as principais necessidades, desafios, potencialidades e avenidas de financiamento da cooperativa.

## RESULTADOS

Na revisão das vendas anuais da cooperativa Acácia referentes aos anos de 2022, 2023 e 2024 (até outubro), foram identificados 41 compradores ativos dos produtos separados pela cooperativa, sendo os principais compradores: GG Metais; Grosso Metais e Papel LTDA, especializada no comércio atacadista de resíduos de papel e papelão; L.A Ribeiro Metais focada no comércio atacadista de resíduos e sucatas metálicas e Massfix Comércio de Sucatas de Vidros LTDA. Os dados apresentados na Figura 1 refletem a importância dos principais compradores na estrutura de vendas da cooperativa Acácia e sua diversidade em relação aos tipos de materiais reciclados adquiridos.

*Figura 1 - Participação dos Clientes da Cooperativa Acácia conforme Contribuição em Reais (%).*



Fonte: Os autores, 2025.

Em relação às receitas obtidas pela cooperativa, tem-se o vínculo com o DAAE, que oficializa a cooperativa como responsável pelos serviços de coleta, transporte e triagem de



material reciclável coletado em Araraquara. Para isso, o DAAE repassa mensalmente o valor de R\$ 328.491,51 à Acácia em decorrência deste contrato. Deste montante, R\$ 240.660,56 são divididos igualmente entre os cooperados como pagamento de salário. O valor restante, de R\$ 87.830,95, complementa a receita da cooperativa para o custeio de despesas operacionais. No que tange à receita arrecadada pela cooperativa pela venda de materiais recicláveis no ano de 2024, verificou-se um valor de R\$ 204.363,89.

No que diz respeito aos custos da cooperativa, tem-se que as despesas do mês de setembro de 2024 totalizaram R\$492.642,49. Além disso, o rateio entre cooperados totalizou R\$240.660,56, o que, para uma média de 180 cooperados, corresponde a cerca de R\$1.337,00 para cada trabalhador. Somando-os a R\$50.000 de adiantamento, que é realizado antes do período de pagamento do DAAE, tem-se uma renda total de cerca de R\$1.611,00 por cooperado, o que é ligeiramente superior ao salário mínimo vigente, de R\$1.412,00.

A participação da cooperativa na logística reversa de embalagens é realizada exclusivamente por meio de venda de notas fiscais à ABIHPEC, entretanto, há limitações uma vez que os cooperados não recebem pagamento pelos serviços ambientais prestados, e sim pelo valor do material reciclável. Além disso, esta é a única empresa que atualmente faz uso do crédito de reciclagem fornecido pela cooperativa, o que restringe a diversificação de receitas.

As parcerias comerciais são estabelecidas conforme a oferta e a demanda, sem intervenção de DAAE, priorizando os compradores que oferecem os melhores preços. No passado, a parceria com a GG Metais foi desvantajosa, diferentemente de clientes atuais que adquirem todo o material reciclado por valores mais atrativos. A cooperativa também mantém colaborações com universidades, que os convidam para realizar a coleta de resíduos recicláveis em eventos estudantis, como o InterUNESP, em Araraquara. Além disso, os cooperados participaram de um curso sobre desmontagem de aparelhos eletrônicos, conhecimento que hoje aplicam para separar e comercializar de forma mais eficiente os componentes dos equipamentos.

Com base em estudos feitos sobre a cooperativa, pagamentos por serviços prestados, créditos de reciclagem e logística reversa, com o intuito de propor uma solução plausível e aplicável, notou-se que os cooperados não têm conhecimento sobre o termo “créditos de reciclagem”, apesar de já adotarem esta prática. Foi, então, proposta uma capacitação aos cooperados para disseminar o conceito de créditos de reciclagem e garantir a compreensão sobre o funcionamento do processo que já aplicam. Esta abordará detalhadamente o Decreto Federal N° 11.413, relacionando-o com a logística reversa e com a aplicação de Crédito de



Reciclagem que já ocorre na cooperativa. Além disso, elaborou-se um modelo de contrato para explorar o potencial da cooperativa de implementar o Certificado de Estruturação e Reciclagem de Embalagens em Geral na Acácia, trazendo formas de abordar o assunto com diversas empresas.

## CONCLUSÕES

Em suma, destaca-se a relevância do diagnóstico detalhado, que desempenhou um papel fundamental na identificação dos principais desafios enfrentados pela Cooperativa Acácia. Essa análise aprofundada das operações permitiu compreender melhor seus fluxos internos e embasou o mapeamento de estratégias para melhorias na organização, como a implementação do Certificado de Estruturação e Reciclagem de Embalagens em Geral (CERE). Tal mecanismo contribui para a reintegração dos materiais recicláveis à cadeia produtiva, reduzindo custos ambientais e econômicos do descarte inadequado, e também, para o aumento da eficiência operacional e da renda da cooperativa. Assim, este trabalho evidencia que, por meio do investimento em mecanismos de financiamento e do aprimoramento dos processos internos, a Cooperativa Acácia tem potencial para ampliar sua renda e consolidar seu papel como agente de transformação na logística reversa e na promoção da economia circular, beneficiando tanto seus cooperados quanto a comunidade em geral.

## REFERÊNCIAS

ARAUJO, C. M. C. Mercado de créditos de recicláveis sob a perspectiva da gestão de resíduos urbanos e sua importância para o desenvolvimento da economia circular. 2023. Dissertação (Mestrado) – Universidade Nove de Julho – UNINOVE, Sistema de Publicação Eletrônica de Teses e Dissertações.

BESEN, G. R.; JACOBI, P. R.; FREITAS, L. Política Nacional de Resíduos Sólidos: implementação e monitoramento de resíduos urbanos. *Sustinere - Revista de Saúde e Educação*, v. 6, n. 1, p. 219-220, 2018.

BRASIL. Decreto nº 10.936, de 12 de janeiro de 2022. Regulamenta a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. *Diário Oficial da União: seção 1*, Brasília, DF, 13 jan. 2022.



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 de Massa Futura. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 14 fev. 2023.

CONKE, L. S.; NASCIMENTO, E. P. do. A coleta seletiva nas pesquisas brasileiras: uma avaliação metodológica. *Urbe - Revista Brasileira de Gestão Urbana*, v. 10, n. 1, p. 1-18, jan./abr. 2018.

ENGELKE, R. O trabalho em cooperativas de reciclagem no Brasil como forma de implementar a economia circular e alcançar a sustentabilidade social. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade do Vale do Itajaí.

ESTEVES, R. A. A indústria do resíduo: panorama das cooperativas de reciclagem e dos catadores de resíduos no estado do Rio de Janeiro. *Revista Monografias Ambientais*, 2015.

GONÇALVES, A. P. Desafios para redução das embalagens plásticas de alimentos pós-consumo nos rejeitos da coleta seletiva: um estudo de caso em uma cooperativa no município de Assis - SP. 2022. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo.

LINO, F. A. M.; ISMAIL, K. A. R.; CASTAÑEDA-AYARZA, J. A. Municipal solid waste treatment in Brazil: A comprehensive review. *Energy Nexus*, v. 11, art. 100232, 2023. ISSN 2772-4271.

LOCATELLI, P. M. Catadores de materiais recicláveis, um encontro nacional: proposta de um instrumento econômico para viabilizar o pagamento por serviços ambientais urbanos aos catadores de materiais recicláveis. Brasília: Ipea, 2016. p. 459-505.

SCHNEIDER, A.; COSTA, R. P. da; MESQUITA, M. A. de. A atividade dos catadores de materiais recicláveis no Brasil: uma revisão bibliográfica. *Org & Demo*, Marília, v. 18, n. 2, p. 105-120, jul./dez. 2017.

## CASCA DE ARROZ NO CONTEXTO DA ECONOMIA CIRCULAR – REVISÃO DA LITERATURA

Mariana Balieiro Rodrigues<sup>1</sup>\*, Valéria Guimarães Silvestre Rodrigues<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo

\*Autor correspondente: mariana.balieiro.r@usp.br

### INTRODUÇÃO

O *Oryza sativa*, popularmente conhecido como arroz é considerado o grão alimentício mais importante do mundo, sendo fonte de micronutrientes, nutrientes, energia e proteínas para mais da metade da população mundial (Bao, 2019). Os dados divulgados pelo *The Sustainable Rice Platform*, em 2021, indicam que o grão é um alimento base para 3,5 bilhões de pessoas e ainda representa 19% da energia alimentar global (Cavaignac et al., 2023).

Enquanto outros cereais são cultivados para atender, principalmente, a nutrição animal ou produtos não alimentícios, o arroz se destaca como produto destinado a alimentação humana, tendo 80% da produção total destinada a esta finalidade (Bao, 2019; Walter; Marchezan; Avila, 2008).

Segundo dados divulgados pela Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (*Food and Agriculture Organization*) em 2023 a produção mundial de arroz em casca foi de 800 milhões de toneladas. Em 2023, o Brasil foi o décimo primeiro colocado no ranking mundial de colheita de arroz, apresentando 10,3 milhões de toneladas de grãos colhidos (FAO, 2025).

O consumo do grão pode ser na forma beneficiada e polida (arroz branco), parboilizado ou integral. Para produção do arroz branco, primeiro remove-se a casca do grão, formando o arroz integral, e posteriormente realiza-se o polimento, que promove a remoção da camada externa do grão. Este processo gera como subproduto a casca de arroz, que é o subproduto mais volumoso do beneficiamento do grão. Por fim, o arroz parboilizado é produzido a partir da submissão do grão, ainda em casa, a processo hidrotérmico para gelatinizar o amido presente no grão e, posteriormente o grão é descascado e polido (Castro et al., 1999).

A casca de arroz (CA) é o subproduto mais volumoso (EMBRAPA, 2009; Fonseca, 1999), representando em média entre 16% e 28% do peso total da safra, dependendo da variedade do grão (Bao, 2019). Segundo Coronas et al. (2021) o descarte incorreto da casca de arroz contribui para liberação de gases como o metano, monóxido de carbono, entre outros



gases que provocam modificações na qualidade do ar. Devido à baixa densidade e degradabilidade, a CA apresenta elevado volume e pode tornar-se um problema ambiental (Fonseca, 1999). De acordo com Ferreira (2005) as próprias indústrias de beneficiamento empregam a CA como fonte de calor para secagem dos grãos e produção do arroz parboilizado. No entanto, apenas 30% da casca produzida é consumida durante a queima (Foletto et al., 2005). Ainda, como subproduto da combustão, tem-se a cinza da casca de arroz (CCA) que, normalmente não são aproveitadas. Devido a maioria das empresas de beneficiamento de arroz serem de pequeno porte, não há destinação adequada do resíduo, sendo comum a destinação em rios e em terrenos baldios (Ferreira, 2005).

Dentro da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei 12.305-2010, que prevê o desenvolvimento sustentável e a ecoeficiência da gestão de resíduos sólidos, é abordada a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos. A lei classifica os resíduos quanto a origem deles, sendo a CA um resíduo agrossilvopastoril. Segundo esta legislação, quando exigidos por órgãos competentes, como o Sistema Nacional do Meio Ambiente, Sistema Nacional de Vigilância Sanitária ou Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária, os responsáveis pela atividade agrossilvopastoril devem elaborar o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (Brasil, 2010).

Somando-se, o Decreto N° 10.936 de 12 de janeiro de 2022, estabelece diretrizes para a gestão e gerenciamento de resíduos sólidos. O decreto reafirma a responsabilidade do gerador na promoção desse gerenciamento, em conformidade com a PNRS, e ainda atribui ao Distrito Federal e aos municípios a responsabilidade pela gestão integrada de resíduos sólidos (Brasil, 2022).

Devido a significativa produção do grão em casca no Brasil e no mundo, torna-se intrínseco a importância da destinação adequada e do desenvolvimento de técnicas de reuso da CA, no contexto da economia circular.

## OBJETIVO

O objetivo principal do presente trabalho foi avaliar o panorama de publicações sobre a incorporação da casca de arroz em novos processos produtivos, a fim de verificar as possibilidades de reuso do material, dentro do contexto da economia circular.

## METODOLOGIA

Este trabalho teve como foco a realização de uma revisão bibliográfica narrativa, para isso, foram utilizadas as seguintes bases de dados: *Scopus*, *Web of Science*, Google Acadêmico



e *Scielo*. Para a busca, utilizou-se palavras chaves como casca de arroz, *rice husk*, reuso da casca de arroz, emprego da casca de arroz, destinação da casca de arroz, entre outros. Os artigos foram lidos em sequência arbitrária e buscou-se também artigos referenciados nos textos selecionados e lidos. Ao final da pesquisa, realizou-se a leitura de 10 artigos para descrever os atuais empregos da casca de arroz e das cinzas da casca de arroz.

## RESULTADOS

Uma destinação comum da casca de arroz é a compostagem, porém, como a CA é rica em lignina e sílica, sua degradação pode levar até 5 anos, tornando problemática esta destinação. Muitas usinas de beneficiamento utilizam a CA como biomassa para produção de calor empregado na secagem e/ou parboilização dos grãos, porém, ainda há um significativo excedente de CA (Ochôa, 2015). Ochôa (2015), entrevistou quatro usinas de beneficiamento de arroz do Rio Grande do Sul, uma destas usinas utilizavam a CA também para produção de energia, assim conseguiram consumir 67,5% da CA produzida. As outras três usinas, que empregaram a CA como fonte de calor, utilizaram em média 17,1% do resíduo. Algumas das empresas destinam pequenas parcelas desse excedente a empresas terceiras, mas mesmo assim, a autora aponta que existe um excedente significativo da casca de arroz depositado a céu aberto.

Dentro desse contexto, torna-se de extrema importância estudos que avaliem possibilidade de reutilização e incorporação da CA, promovendo uma economia circular. Weetman (2019), aponta que o modelo de economia atual, chamado de economia linear, consiste na extração da matéria prima da natureza, manufatura do bem de consumo, utilização do mesmo e, descarte, provocando pressões significativas nos ecossistemas. Segundo a autora, neste cenário, a natureza não conseguirá repor os recursos minerais e absorver os resíduos produzidos pelo descarte de bens utilizados de modo a subsidiar as demandas de consumo humano. Tornando clara a importância de adotar estratégias que promovam uma ciclagem dos resíduos, assim como proposto na economia circular (Weetman, 2019).

Dentro desse contexto, cada vez mais investe-se em pesquisas que visam reduzir a geração de resíduos sólidos a partir da incorporação dos resíduos como matéria prima para manufatura de outros bens (Della; Kühn; Hotza, 2005). O Quadro 1 sintetiza algum dos possíveis empregos da CA encontrados na literatura a partir de uma revisão narrativa.



*Quadro 1 – Aplicações da CA em novos processos produtivos.*

Aplicação	Conclusão	Referência
Aplicação como extrato em cama de granja	A aplicação do material não modifica a qualidade	Oliveira et al., 2023
Biosorvente de dipirona sódica (0,040 g L <sup>-1</sup> ) e ibuprofeno (0,0176 g L <sup>-1</sup> )	Realizou ensaio em coluna (60 mL) e percolou a solução <b>três vezes</b> na mesma coluna. A CA adsorveu 7,1% de dipirona e não adsorveu o ibuprofeno	Abel e Telascréa, 2023
Produção de vermicomposto	Misturou esterco bovino com a casca de arroz em proporção de 25 e 50% e perceberam que a mistura é eficiente para utilização como substrato	Steffen et al., 2010
Adsorção de cádmio (Cd) e chumbo (Pb) em efluentes sintéticos monoelementares, com concentração de 100 mg L <sup>-1</sup> de cada um dos contaminantes	O ensaio foi realizado em colunas. Percebeu-se que para uma vazão de 8 ml <b>min<sup>-1</sup></b> , pH 4 e granulometria do CA $\leq$ 355 $\mu$ m é necessário 30 g de CA para atender os limites recomendados pela EPA.	Tarley e Arruda, 2004
Biomassa para combustão e produção de calor	Utilizado principalmente dentro das próprias usinas de beneficiamento	Della, Kühn e Hotza, 2001

Fonte: Os autores (2025).

A utilização da CA como biomassa para produção de calor dentro da própria usina é um dos principais usos atuais, porém, está aplicação incorpora entre 30% do CA produzido (Fonseca, 1999) e 17,1% (Ochôa, 2015). No entanto, como subproduto da combustão, tem-se a produção de CCA, que por apresentar carbono residual, pode ser um poluente ambiental, sendo necessário o emprego de estratégias de reuso deste novo resíduo (Foletto et al., 2005). Na literatura, alguns autores utilizam a CCA para produção de carbeto de silício (Foletto et al., 2005), carga de reforço em composto de borracha natural (Haxo; Mehta, 1975), sílica pura para fabricação de tijolos (Della; Kühn; Hotza, 2005), substituição de areia no cimento (Ajiwe; Okeke; Akigwe, 2000), produção de zeólita, carga de polímero (Alfarro, 2010; Foletto et al., 2005), pré-concentração de ouro (Nakbanpote; Thiravetyan. Kalambaheti, 2000), entre outros usos.

## CONCLUSÕES

A partir deste estudo percebe-se a importância ocupada pelo Brasil como produtor de arroz, colocando-o na classificação de décimo primeiro país com maior produção de arroz em casca em 2023, última estatística divulgada pelo FAO. O Brasil apresentou uma safra de 10,3 milhões de toneladas em 2023, produzindo aproximadamente 2,3 milhões de toneladas de casca de arroz. Devido a esse grande volume de resíduo produzido anualmente, e embasado na legislação brasileira, especificamente na PNRS, percebe-se a necessidade de gestão e gerenciamento desses resíduos, sendo de responsabilidade do gerador a destinação adequada (gerenciamento) e da federação e município a gestão desse resíduo. A partir desta revisão narrativa, há várias possibilidades de reutilização da CA, mas a principal aplicação atualmente é a combustão para produção de calor dentro da usina de beneficiamento. No entanto, este uso

consome menos que 30% de toda a CA produzida e ainda apresenta a cinza da casca de arroz como subproduto, que novamente, precisa receber destinação adequada. Assim, percebe-se a necessidade de novos estudos para incorporar a casca de arroz e a cinza de casca de arroz em novos processos produtivos, assim como avaliar os aspectos positivos e negativos de cada um dos usos propostos. Por fim, pontua-se a necessidade de se dialogar com as empresas do setor produtivo para avaliar a atual destinação dos resíduos.*1 linha em*

## REFERÊNCIAS

ABEL, L. G. C.; TELASCRÊA, M. Estudo da remoção de Dipirona Sódica e Ibuprofeno da água utilizando bioadsorventes groindustriais. **Revista Caribeña de Ciencias Sociales**, v. 12, n. 2, p. 558–569, 6 jul. 2023.

AJIWE, V. I. E.; OKEKE, C. A.; AKIGWE, F. C. A preliminary study of manufacture of cement from rice husk ash. **Bioresource Technology**, v. 73, n. 1, p. 37–39, 1 maio 2000.

ALFARO, E. D. F. **Estudos da utilização da cinza de casca de arroz como carga em matriz de polipropileno e do efeito da radiação ionizante sobre este compósito**. Mestrado em Tecnologia Nuclear - Aplicações—São Paulo: Universidade de São Paulo, 23 set. 2010.

BAO, J. (ED.). **Rice: chemistry and technology**. Fourth edition ed. Duxford [England]; Cambridge, MA: Woodhead Publishing / AACC International, 2019.

BRASIL. 12305. a Lei Política Nacional de Resíduos Sólidos (12.305-2010). . 2 ago. 2010.

BRASIL. **DECRETO Nº 10.936, DE 12 DE JANEIRO DE 2022**. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/web/dou>>. Acesso em: 10 set. 2023.

CASTRO, E. DA M. DE et al. **Qualidade de Grãos em arroz**. Área de Comunicação Empresarial ed. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999.

CAVAIGNAC, A. J. L. et al. REVISÃO DE LITERATURA SOBRE O USO DE FIBRAS RESIDUAIS DA AGROINDÚSTRIA COMO REFORÇO DE MATERIAIS ALTERNATIVOS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL. Em: **A Construção Civil: em uma perspectiva econômica, ambiental e social - Volume 3**. 1. ed. [s.l.] Editora Científica Digital, 2023. p. 56–73.

CORONAS, M. V. et al. Resíduos da cinza da casca de arroz: Contexto e alternativas. 2021.

DELLA, V. P.; KÜHN, I.; HOTZA, D. Caracterização de cinza de casca de arroz para uso como matéria-prima na fabricação de refratários de sílica. **Química Nova**, v. 24, p. 778–782, dez. 2001.

DELLA, V. P.; KÜHN, I.; HOTZA, D. Reciclagem de Resíduos Agro-Industriais: Cinza de Casca de Arroz como Fonte Alternativa de Sílica. **Cerâmica Industrial**, 2005.

EMBRAPA. **Documento 235: Recomendações Técnicas para a Cultura do Arroz Irrigado no Mato Grosso do Sul**. José Alexandre Freitas Barrigossi, , 2009. Disponível em: <<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwi8->>



5Xr3vqAAxWsrpUCHT19DIYQFnoECBUQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.infoteca.cnptia.embrapa.br%2Fbitstream%2Fdoc%2F937485%2F1%2FOrientalComTec235.pdf&usg=AOvVaw2-6I2rIK4TCpymMLaYPtM-&opi=89978449>. Acesso em: 26 ago. 2023

FAO, F. AND A. O. OF U. N. **FAOSTAT: Crops and livestock products**. Disponível em: <<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>>. Acesso em: 30 abr. 2025.

FERREIRA, C. S. **Desenvolvimento do processo de Obtenção de Filme Polimérico a partir da Cinza da Casca de Arroz**. Mestrado—Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, ago. 2005.

FOLETTI, E. L. et al. Aplicabilidade das cinzas da casca de arroz. **Química Nova**, v. 28, p. 1055–1060, dez. 2005.

FONSECA, M. R. G. DA. **Isolante térmico fabricados a partir de cinzas de casca de arroz: obtenção, caracterização de propriedades e sua relação com a microestrutura**. Tese—Porto Alegre: UFRGS, 1999.

HAXO, H. E., Jr.; MEHTA, P. K. Ground Rice-Hull Ash as a Filler for Rubber. **Rubber Chemistry and Technology**, v. 48, n. 2, p. 271–288, 1 maio 1975.

NAKBANPOTE, W.; THIRAVETYAN, P.; KALAMBAHETI, C. Preconcentration of gold by rice husk ash. **Minerals Engineering**, v. 13, p. 391–400, 1 abr. 2000.

OCHÔA, A. L. DA S. Perspectiva do aproveitamento da casca de arroz como fonte de combustível em fornalhas para secagem de grãos. 2015.

OLIVEIRA, M. et al. Desempenho e qualidade de carne de frangos de corte alimentados com dois níveis de vitamina de criados sobre dois tipos de cama. **Peer Review**, v. 5, n. 16, p. 129–143, 25 jul. 2023.

STEFFEN, G. P. K. et al. Casca de arroz e esterco bovino como substratos para a multiplicação de minhocas e produção de mudas de tomate e alface. **Acta zoológica mexicana**, v. 26, n. SPE2, p. 333–343, jan. 2010.

TARLEY, C. R. T.; ARRUDA, M. A. Z. Biosorption of heavy metals using rice milling by-products. Characterisation and application for removal of metals from aqueous effluents. **Chemosphere**, v. 54, n. 7, p. 987–995, fev. 2004.

WALTER, M.; MARCHEZAN, E.; AVILA, L. A. DE. Arroz: composição e características nutricionais. **Ciência Rural**, v. 38, p. 1184–1192, ago. 2008.

WEETMAN, C. **Economia Circular: conceitos e estratégias para fazer negócios de forma mais inteligente, sustentável e lucrativa**. [s.l.] Autêntica Business, 2019.



## COLETA SELETIVA SOLIDÁRIA NA UFSCAR: 30 ANOS DE GESTÃO, GERENCIAMENTO E EDUCAÇÃO AMBIENTAL

*Paola Camargo Sartori<sup>1</sup>\*, Raquel de Jesus Pinto de Faria Santos<sup>2</sup>, Pedro Luiz de  
Luccas<sup>3</sup>, Liane Biehl Printes<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> Departamento de Ciências Ambientais, Universidade Federal de São Carlos;

<sup>2</sup> Centro de Ciências Biológicas e de Saúde, Universidade Federal de São Carlos;

<sup>3</sup> Departamento de Apoio a Educação Ambiental, Universidade Federal de São Carlos;

\*Autor correspondente: paolasartori@estudante.ufscar.br

### INTRODUÇÃO

A relação da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) com a Coleta Seletiva, e a cultura desta, remonta à criação da antiga Coordenadoria Especial de Meio Ambiente (CEMA) em 1994. Nesse mesmo ano, a UFSCar implantou o Local de Entrega Voluntária (LEV) para materiais recicláveis, tornando-se pioneira na coleta de resíduos recicláveis em São Carlos. Durante a implantação, foi realizada uma forte campanha de sensibilização. Além disso, foi instituído o primeiro programa denominado “Programa de Conservação de Energia e Controle de Resíduos (PCE)”, em um período no qual a discussão sobre a reciclagem de materiais e sua importância ainda era incipiente (LUCCAS et. al., 2024).

Nos anos seguintes, a UFSCar consolidou-se como um centro de referência para a Coleta Seletiva em São Carlos e na região. Por meio de uma parceria com a Associação de Proteção Ambiental de São Carlos (APASC), que perdurou até 2003, a universidade recebia e encaminhava para a reciclagem resíduos provenientes não somente do campus, mas também da comunidade externa. (MACHADO et al., 2018)

Com o passar dos anos, a influência da UFSCar na organização da coleta seletiva na cidade tornou-se evidente. Em 2004, com a implantação do sistema municipal de Coleta Seletiva em São Carlos, a universidade passou a integrar o esquema de reciclagem de materiais organizado por cooperativas de catadores que atendiam toda a cidade. Como consequência, o LEV foi desativado. A participação da UFSCar nesse processo se deu por meio da antiga Incubadora de Cooperativas (INCOOP), atual Núcleo de Economia Solidária (NumiEcoSol). (FLAMINI, 2021)



O crescimento da universidade evidenciou a necessidade de ampliação e reorganização do sistema de armazenamento e coleta de materiais recicláveis. Em 2007, um grupo de estudantes da Moradia Estudantil organizou o “Grupo de Apoio à Coleta Seletiva” (GRACS) para sensibilizar a comunidade acadêmica quanto ao correto encaminhamento dos recicláveis e à adequação da estrutura disponível no campus. O grupo entrou em contato com o Programa de Educação Ambiental (PEAm) da extinta CEMA, e foi elaborado um projeto de extensão intitulado “Aperfeiçoamento da Coleta Seletiva de Recicláveis da Universidade Federal de São Carlos – Campus São Carlos” (LUCCAS et. ai., 2024). Essa proposta visava reestruturar e aperfeiçoar o sistema de coleta seletiva da universidade, além de adequá-la ao Decreto 5.940 (BRASIL, 2006).

Em 2009, houve a substituição da coordenação do PEAm e a dissolução do GRACS, levando à interrupção temporária das atividades voltadas à Coleta Seletiva. No entanto, em 2010 e 2011, a partir do projeto iniciado em 2007, foram conduzidas atividades preparatórias para a reestruturação do sistema de Coleta Seletiva. Destacam-se os projetos “Reestruturação da gestão de resíduos recicláveis na UFSCar: Primeira fase: campus de São Carlos” e “Reestruturação da coleta seletiva na UFSCar: consolidando o processo” (LUCCAS et. ai., 2024).

Desde 2012, a Atividade de Extensão vinculada ao Programa de Coleta Seletiva Solidária da UFSCar tem sido ofertada de forma contínua, contribuindo para a gestão sustentável de resíduos na universidade. Em 2022, entrou em vigor o Decreto 10.936, que revogou o Decreto 5.940 e consolidou as diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Esse novo decreto instituiu o Programa Coleta Seletiva Cidadã, determinando que os órgãos e entidades da administração pública federal realizem a separação e destinação preferencial dos resíduos reutilizáveis e recicláveis para associações e cooperativas de catadores de materiais recicláveis. Em conformidade com essas diretrizes, a UFSCar manteve seu compromisso com a Coleta Seletiva, sendo em 2024 sua última oferta de projeto de extensão.

Ao longo dos anos, a UFSCar tem se destacado não apenas na implementação e aprimoramento da Coleta Seletiva, mas também na disseminação da cultura da reciclagem, contribuindo significativamente para o desenvolvimento sustentável e a conscientização ambiental na universidade e na cidade de São Carlos.

## OBJETIVO



O objetivo deste trabalho é analisar o impacto socioambiental do Programa de Coleta Seletiva Solidária da UFSCar, ao quantificar o volume de resíduos recicláveis coletados nos quatro campi da UFSCar ao longo dos anos de funcionamento do programa.

## METODOLOGIA

A análise descritiva dos dados anuais referentes ao total de resíduos sólidos coletados no âmbito do programa de Coleta Seletiva Solidária da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), ao longo de 20 anos, foi conduzida com o objetivo de identificar padrões, tendências e variações na geração e coleta de resíduos recicláveis, contribuindo para a avaliação da eficácia e evolução do programa. Os dados analisados referem-se ao total anual (em kgs) de resíduos recicláveis coletados pela UFSCar no Campus São Carlos entre os anos de 2006 e 2024. Os registros foram mantidos em planilha Excel ao longo dos anos.

A análise estatística foi conduzida com o objetivo de sintetizar e compreender o comportamento dos dados ao longo do período estudado, por meio do uso de medidas de tendência central e de dispersão. Foram calculadas a média aritmética anual, a mediana, e medidas de dispersão, como o desvio padrão, a variância e o coeficiente de variação, a fim de avaliar a variabilidade dos dados. Também foram identificados os valores mínimos e máximos observados, com o respectivo cálculo da amplitude, permitindo uma visão geral do intervalo de variação dos resíduos coletados, tendo como ferramenta para análise e elaboração dos gráficos o programa Excel.

Complementarmente, realizou-se uma análise temporal da série histórica em comparação aos outros *campi* (Araras, Sorocaba e Lagoa do Sino), a partir da visualização gráfica da evolução dos dados ao longo dos últimos 4 anos, utilizando-se gráfico de colunas para facilitar a interpretação visual das tendências. Foram investigadas tendências gerais na série, bem como pontos de inflexão, caracterizados por mudanças abruptas ou significativas no volume de resíduos coletados em determinados anos.

## RESULTADOS

Ao analisar os dados de resíduos coletados (em quilogramas) ao longo dos anos, as medidas de tendência central revelaram que a média aritmética anual de resíduos foi de 47.231,00 kg, enquanto a mediana foi de 47.925,00 kg, indicando uma distribuição relativamente simétrica, com leve influência de valores extremos.



Em termos de dispersão, o desvio padrão foi de 15.949,46 kg, evidenciando uma alta variação nos valores observados. A variância correspondente foi de 254.385,32 kg<sup>2</sup> e o coeficiente de variação foi de 33,77%, o que reforça a alta dispersão em torno da média. A análise dos valores extremos mostrou um mínimo de 18.917,00 kg (em 2021) e um máximo de 90.300,00 kg (em 2019), resultando em uma amplitude total de 71.383,00 kg.

Para avaliar possíveis anomalias nos dados, foi considerada a regra estatística dos dois desvios padrão em relação à média. Com isso, o ano de 2019 foi identificado como atípico, apresentando um valor significativamente acima do esperado, houve esse peso elevado devido à retirada de jornais da Biblioteca Comunitária. Embora os anos de 2020 a 2022 não tenham sido classificados como atípicos estatisticamente, observou-se uma queda expressiva nos valores durante o período da pandemia da COVID-19, especialmente em 2021, o que indica um impacto real sobre a coleta de resíduos neste intervalo.

*Figura 1 – Quantidade de Resíduos Coletados por Ano no Campus São Carlos.*



Fonte: LUCCAS, P. L., com elaboração das autoras (2024).

A análise da série histórica de coleta seletiva nos campi da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) (Figura 1), entre os anos de 2021 e 2024, permitiu identificar padrões de crescimento e variações significativas no volume de resíduos coletados por campus.

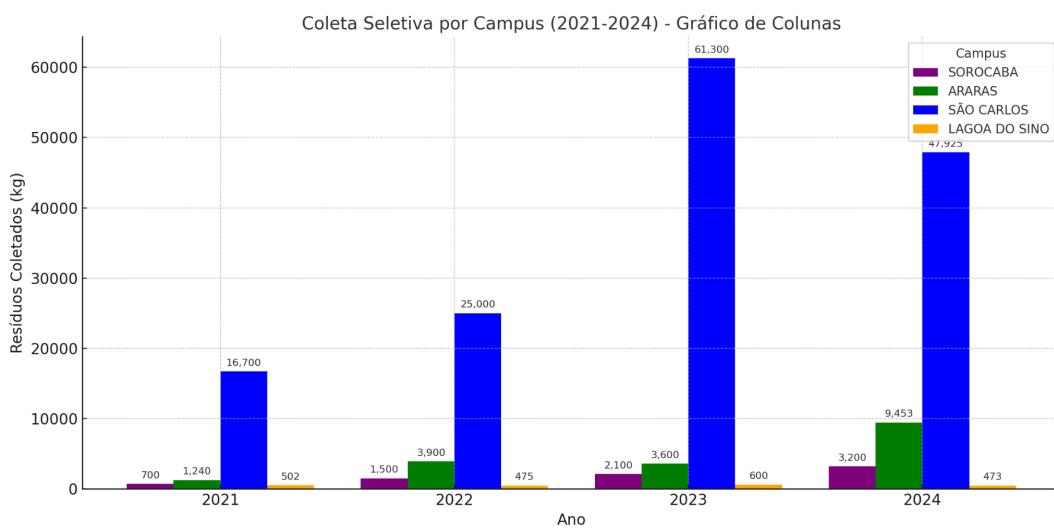
Observou-se que o campus de São Carlos foi, consistentemente, o principal responsável pelo maior volume de resíduos coletados, atingindo um pico em 2023 com 61.300 kg, seguido por uma leve redução para 47.925 kg em 2024 (Figura 2). Essa queda, embora não dramática, pode indicar uma estabilização ou ajustes nas políticas de coleta e gerenciamento de resíduos. Já o campus de Araras apresentou uma trajetória ascendente significativa, passando de 1.240 kg em 2021 para 9.453 kg em 2024. O salto mais expressivo ocorreu entre 2023 e 2024, o que sugere a implementação de novos programas ou a



intensificação de ações de coleta seletiva. Este ponto representa um ponto de inflexão importante na série, refletindo uma mudança no padrão de coleta.

Em Sorocaba, por sua vez, mostrou um crescimento gradual e consistente ao longo dos quatro anos, saindo de 575 kg em 2021 e alcançando 2.985 kg em 2024. A evolução constante deste campus demonstra um esforço progressivo na consolidação de práticas de coleta seletiva, ainda que em menor escala comparado aos demais. O campus de Lagoa do Sino apresentou os menores volumes ao longo de todo o período, com variações modestas entre os anos, de 502 kg em 2021 para 473 kg em 2024. Essa relativa estabilidade pode indicar limitações operacionais, estruturais ou mesmo de demanda na geração de resíduos recicláveis.

*Figura 2 – Quantidade de Resíduos Coletados por Campus (2021-2024).*



Fonte: LUCCAS, P. L., com elaboração das autoras (2025).

## CONCLUSÕES

Este trabalho apresenta o caráter pioneiro do Programa de Coleta Seletiva Solidária da UFSCar São Carlos, destacando sua trajetória e seu papel fundamental na expansão da iniciativa para os demais *campi*. Além disso, analisa a interação promovida entre a universidade e a comunidade, por meio da parceria com a cooperativa de catadores. Esta implementação inicial, em conjunto com a adequação o decreto nº 5.940/2006, levou os demais campi a seguirem o modelo do campus de São Carlos.

O volume de resíduos coletados mostra o potencial do Programa de Coleta Seletiva Solidária como um todo, ao gerar dados significativos de montantes que não foram descartados, mas reintroduzidos à dinâmica de produção, estimulando a economia circular. No entanto, ao analisar estes mesmos dados, em conjunto com o número de indivíduos que pertencem ao ambiente universitário, como no caso do campus São Carlos, que ultrapassa 18

mil pessoas, evidencia-se um problema de aderência ao descarte adequado e a contribuição ao ciclo da coleta seletiva.

Desta forma, para manter o crescente volume de resíduos sólidos recicláveis coletados, gerando consequentemente o aumento do retorno financeiro para os catadores com uma possível ampliação das cooperativas, assim como um aumento da reintrodução destes materiais no ciclo produtivo e a redução dos impactos ambientais associados ao descarte inadequado, é necessário que haja um contínuo investimento no Programa de Coleta Seletiva Solidária da UFSCar. Sugere-se a formação de um comitê ou equipe de trabalho interdisciplinar, que tenha autonomia para atuar de maneira direcionada na relação entre a universidade e as cooperativas, no próprio ambiente acadêmico; que haja orçamento para a manutenção da infraestrutura e uma inserção cada vez maior nas mídias sociais oficiais da instituição. Assim espera-se suprir as defasagens presentes, a fim de complementar o excelente trabalho feito até o momento diante das condições atuais.

## REFERÊNCIAS

**BRASIL.** Decreto nº 5.940, de 25 de outubro de 2006. Institui a separação dos resíduos recicláveis descartados pelos órgãos e entidades da administração pública federal e dá outras providências. Acesso em: 24 abr. 2025.

**BRASIL.** Decreto nº 10.936, de 12 de janeiro de 2022. Regulamenta a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Acesso em: 24 abr. 2025.

**FLAMINI, S. H.** *Indicadores como artefatos tecnológicos de programas de coleta seletiva solidária em universidade: o caso da UFSCar.* 2021. 199 f. Dissertação (Mestrado em Ciência, Tecnologia e Sociedade) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/15114>. Acesso em: 24 abr. 2025.

**LUCCAS, P. L.; PRINTES, L. B.; SARTORI, P. C.; PUGLIESI, E.; ET AL. 2024.** Atividade de extensão: Coleta Seletiva Solidária na UFSCar: Gerenciamento e Educação Ambiental. 2024. ProEx Web. UFSCar.

**MACHADO, A. M. R.; PRINTES, L. B.; SILVA, P. A.; TEIXEIRA, B. A. N.; ZANIN, M.** Experiências na gestão de resíduos sólidos da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, São Paulo, Brasil. In: RODRIGUEZ, M. G. F. et al. (Orgs.). *Resíduos sólidos urbanos: aproximação ao tema em cidades de Cuba e Brasil.* 1. ed. Tupã: ANAP, 2018. Disponível em: <https://www.editoraanap.org/2018?lightbox=dataItem-k8dhe2ts11>. Acesso em: 24 abr. 2025.

**UFSCar.** Portaria GR nº 1113/2011 - Dispõe sobre o Programa Permanente de Gestão e Gerenciamento Compartilhado de Resíduos Sólidos e de Coleta Seletiva Solidária na Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2011.



## A CONTRIBUIÇÃO DO PLANO DIRETOR DE LOGÍSTICA SUSTENTÁVEL (PLS) PARA A INSTITUCIONALIZAÇÃO DA GESTÃO DE RESÍDUOS NA ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA FEDERAL (APF)

*Geovanna Dela Ricci Maronesi Pompilio<sup>1</sup>\*, Cristine Diniz Santiago<sup>2</sup>, Érica Pugliesi<sup>3</sup>,  
Juliano Costa Gonçalves<sup>4</sup>*

<sup>1</sup> Universidade Federal de São Carlos;

<sup>2</sup> Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada;

<sup>3</sup> Universidade Federal de São Carlos;

<sup>4</sup> Universidade Federal de São Carlos;

\*Autor correspondente: [geovanna@estudante.ufscar.br](mailto:geovanna@estudante.ufscar.br)

### INTRODUÇÃO

O manejo de resíduos sólidos constitui um dos desafios mais relevantes da atualidade, impulsionado pelo crescimento da população, pelo aumento do consumo e pela rápida urbanização. De acordo com o UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP, 2024), a humanidade produz anualmente mais de dois bilhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos. Esse volume de resíduos é consequência direta dos hábitos diários de consumo e descarte. As decisões de compra, uso e descarte de produtos influenciam a exploração dos recursos naturais e a produção de resíduos, desempenhando um papel crítico nos desafios ambientais contemporâneos, como as mudanças climáticas, a poluição e a perda de biodiversidade (UNEP, 2024).

Diante desse cenário, é fundamental reavaliar os métodos e padrões de produção e consumo, incentivando abordagens sustentáveis e eficazes para a gestão de resíduos. Priorizar a redução, a reutilização e a reciclagem torna-se indispensável para minimizar os impactos ambientais e construir um futuro mais equilibrado. Nesse sentido, o planejamento público é essencial para garantir uma gestão eficiente dos resíduos sólidos, sendo um dos pilares da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº 12.305/2010. A falta de um planejamento adequado pode gerar impactos negativos, prejudicando tanto a prestação dos serviços quanto a inclusão social (BURNSZTYN & BURNSZTYN, 2012).

Nesse cenário, o Plano Diretor de Logística Sustentável (PLS) constitui um instrumento de governança que tem como objetivo orientar as contratações públicas e a logística no âmbito da Administração Pública Federal (APF) (BRASIL, 2023). Esse



instrumento tem ganhado relevância nos últimos anos, sendo constantemente atualizado e está alinhado à Nova Lei de Licitações e Contratos, Lei nº 14.133, de 1º de abril de 2021.

Embora a gestão de resíduos sólidos esteja prevista em normativas como a PNRS e a Instrução Normativa da Secretaria de Gestão da Secretaria Especial de Desburocratização, Gestão e Governo Digital do Ministério da Economia (SEGES/ME) nº 10/2021, ainda existem lacunas em sua efetiva aplicação nos órgãos públicos.

## OBJETIVO

Analizar como o Plano Diretor de Logística Sustentável (PLS) pode contribuir para a consolidação da gestão de resíduos sólidos como uma prática estruturada e contínua na Administração Pública Federal (APF).

## METODOLOGIA

A metodologia adotada neste trabalho combina revisão bibliográfica e documental com a realização de um estudo de caso. A primeira etapa consistiu na revisão de documentos normativos que orientam a gestão de resíduos na APF, com destaque para a PNRS (Lei nº 12.305/2010) e a Instrução Normativa SEGES/ME nº 10/2021, entre outros marcos regulatórios relevantes. Além disso, foram analisados dois PLS elaborados por instituições da APF, com o objetivo de compreender as diretrizes adotadas nos documentos e identificar como a gestão de resíduos sólidos está integrada ao planejamento institucional.

Na segunda etapa, optou-se por um estudo de caso, tendo como base dois PLS: do Ministério da Saúde e da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). A escolha se justifica pela disponibilidade pública dos documentos e pelo fato de os planos apresentarem uma estrutura mais completa e detalhada em comparação com outros planos disponíveis. Essa característica possibilitou uma análise mais aprofundada dos eixos temáticos do PLS, com ênfase na gestão de resíduos sólidos.

Desse modo, a análise qualitativa buscou identificar boas práticas, desafios e oportunidades relacionadas à gestão de resíduos sólidos no âmbito da APF, a partir dos planos estudados. A avaliação dos documentos permitiu destacar elementos relevantes para a construção de propostas de melhoria e para a integração mais efetiva da temática de resíduos sólidos às ações de sustentabilidade desenvolvidas pela APF.

## RESULTADOS

Em sua estrutura atual, o PLS está organizado a partir de seis eixos temáticos: 1) Racionalização e Consumo Consciente; 2) Racionalização da Ocupação de Espaços Físicos; 3) Identificação dos Objetivos de Menor Impacto Ambiental; 4) Fomento à Inovação no Mercado; 5) Negócios de Impacto nas Contratações; e 6) Divulgação, Conscientização e Capacitação. Em comparação ao padrão anterior, esses eixos foram reformulados e o novo Caderno de Logística, que orienta a elaboração do PLS, incorporou temáticas atualizadas e trouxe uma estrutura mais robusta ao plano.

Entre os eixos, destacam-se aqui aqueles relacionados aos resíduos sólidos. A temática dos resíduos sólidos está contemplada no PLS de forma direta e indireta, o que reforça a importância de sua inclusão no planejamento público. No modelo anterior do PLS, havia um eixo temático específico voltado para a coleta seletiva e destinação de resíduos, o que evidenciava uma abordagem direta sobre o tema. Esse eixo tratava da implantação de programas de coleta seletiva, da destinação adequada dos resíduos sólidos e de parcerias com cooperativas de catadores. Com a reformulação do PLS nos moldes mais recentes, a temática dos resíduos sólidos passou a ser tratada de forma transversal, estando diluída entre os diferentes eixos, o que exige uma análise mais cuidadosa para identificar como o tema está sendo efetivamente considerado e operacionalizado nos planos, devido à maior complexidade desta abordagem.

Analogamente aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que são pautados por uma abordagem transversal entre as dimensões social, ambiental, econômica e institucional, a gestão de resíduos no âmbito dos PLS também demanda uma articulação entre diferentes áreas e setores. Essa transversalidade, embora necessária, torna a implementação de ações mais complexa, exigindo uma mudança cultural, estrutural e processual dentro da APF. Pensar em um modelo transitório, que seja ao mesmo tempo viável e adaptável à realidade das instituições públicas, é um desafio significativo, mas essencial para garantir que os princípios da sustentabilidade se consolidem de forma efetiva.

O PLS do Ministério da Saúde, publicado em 2024 e vigente para o triênio 2024-2026, contempla diversas diretrizes voltadas à sustentabilidade institucional. No que se refere à gestão de resíduos sólidos, o documento apresenta uma seção específica dedicada ao Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS), evidenciando o compromisso do Ministério com a PNRS e outras normativas relacionadas.



Essa abordagem demonstra uma preocupação não apenas normativa, mas também estratégica, considerando os resíduos como um fator relevante na aferição de custos indiretos, sobretudo no que se refere ao tratamento e aos impactos ambientais decorrentes. Entre as ações já implementadas, destacam-se a contratação de empresa especializada em logística reversa para o descarte de produtos e embalagens pós-consumo, bem como a adoção de serviços de coleta seletiva. O plano também menciona a inclusão de cláusulas contratuais que exigem medidas voltadas à minimização da geração de resíduos e à sua destinação final ambientalmente adequada. Outro ponto relevante é a consideração de contextos específicos, como as ações voltadas para comunidades indígenas, contemplando estratégias de gestão de resíduos adequadas às realidades locais e culturais desses povos.

Entretanto, apesar da presença transversal da temática dos resíduos sólidos no documento, observa-se a ausência de metas e indicadores específicos relacionados a esse tema no plano de ações e metas do Ministério. Essa lacuna demonstra um descompasso entre o diagnóstico apresentado e o planejamento estratégico, o que pode comprometer a efetividade das medidas propostas e a consolidação de uma gestão ambiental mais integrada. Para TONI (2021), o planejamento estratégico no setor público envolve a combinação de teorias, processos e ferramentas de gestão que visam estabelecer uma visão de futuro de médio e longo prazo. Seu objetivo é garantir que as ações institucionais sejam coerentes e eficazes na busca pelos resultados desejados. Apesar de sua importância estratégica, a temática dos resíduos ainda é, muitas vezes, tratada de forma superficial nos PLS, limitando seu potencial transformador. Para que essa temática receba a atenção necessária, é essencial que seja incorporada de forma mais robusta nos planos. Isso envolve a definição de ações concretas, a implementação de indicadores precisos e a criação de mecanismos de monitoramento eficientes.

Em paralelo à lacuna observada no PLS do Ministério da Saúde, o PLS da ANVISA se destaca por apresentar como um de seus objetivos a execução do seu Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS). Como meta, o documento propõe a realização de ações específicas voltadas à implementação do PGRS, utilizando como indicador a quantidade de ações efetivamente executadas. Além disso, o plano da ANVISA contempla iniciativas como a implementação de coleta seletiva solidária, o monitoramento contínuo do histórico de geração de resíduos, a formação de parcerias para viabilizar a logística reversa e a reciclagem e a realização de avaliações periódicas da eficácia do PGRS. Essas ações demonstram o comprometimento institucional com a gestão de resíduos e a sua integração ao ciclo de planejamento, execução e monitoramento das políticas sustentáveis da organização.



Dessa forma, observa-se que é plenamente viável a incorporação da temática dos resíduos sólidos ao longo de um PLS, de maneira estruturada e estratégica. A inclusão de metas, ações e indicadores específicos voltados à gestão de resíduos não apenas reforça o alinhamento institucional com os princípios da sustentabilidade, mas também contribui para a efetividade das ações implementadas. Portanto, essa abordagem deve ser considerada como elemento essencial no processo de elaboração e revisão de PLS em instituições públicas.

## CONCLUSÕES

O PLS apresenta um potencial significativo para fortalecer a gestão de resíduos sólidos na Administração Pública Federal. No entanto, esse potencial ainda é subaproveitado, especialmente no que se refere à definição de objetivos, metas e indicadores específicos para o tema. No modelo anterior do PLS, havia um eixo temático dedicado exclusivamente à gestão de resíduos, o que conferia maior visibilidade e direcionamento às ações nessa área. Com a adoção do novo modelo, entretanto, a questão dos resíduos passou a ser abordada de maneira integrada, incorporada a outros aspectos como consumo consciente, uso eficiente dos recursos e responsabilidade socioambiental.

Embora essa abordagem integrada permita ampliar o escopo das ações sustentáveis, ela também representa um risco de que a gestão de resíduos seja tratada de forma secundária ou pouco aprofundada. A ausência de um foco específico pode comprometer a formulação de estratégias mais robustas e mensuráveis, dificultando o acompanhamento dos resultados e a melhoria das práticas adotadas. Assim, reforça-se a importância de que a temática dos resíduos sólidos seja não apenas mantida, mas também fortalecida no contexto dos PLS, com previsão de metas claras e indicadores que permitam avaliar seu real impacto ambiental e institucional.

Sendo assim, o PLS, por ser uma ferramenta obrigatória e estratégica, representa uma oportunidade para integrar a gestão de resíduos com metas, indicadores e ações contínuas, contribuindo para a consolidação de uma cultura institucional pública voltada à sustentabilidade. No entanto, essa temática ainda pode ser melhor explorada dentro dos PLS, especialmente no que diz respeito ao detalhamento de ações específicas, ao monitoramento de resultados e à articulação intersetorial, o que reforça a necessidade de um planejamento mais robusto e alinhado aos princípios da gestão sustentável de resíduos.



## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA) (Brasil). *Plano de Logística Sustentável da Anvisa: 2024–2027*. Versão final. Brasília: Anvisa, 2024. Disponível em:

[https://www.gov.br/anvisa/pt-br/centraisdeconteudo/publicacoes/gestao/anvisa-sustentavel/pls-2024-2027-versao-final\\_15-5-2024.pdf](https://www.gov.br/anvisa/pt-br/centraisdeconteudo/publicacoes/gestao/anvisa-sustentavel/pls-2024-2027-versao-final_15-5-2024.pdf). Acesso em: 23 maio 2025.

BRASIL. 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: seção 1*, Brasília, DF, ano 147, n. 147, p. 3-7, 3 ago. 2010.

BRASIL. Lei nº 14.133, de 1º de abril de 2021. *Lei de Licitações e Contratos Administrativos*. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 01 abr. 2021.

BRASIL. Ministério da Gestão e da Inovação em Serviços Públicos. *Plano Diretor de Logística Sustentável: versão 1*. Brasília: MGI, 2023. Disponível em:  
<https://www.gov.br/compras/pt-br/agente-publico/logistica-publica-sustentavel/plano-de-gestao-de-logistica-sustentaveis/plano-diretor-logistica-sustentavel-ver1.pdf>. Acesso em: 23 maio 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. *Plano de Logística Sustentável do Ministério da Saúde: ciclo 2024–2026*. Brasília: Ministério da Saúde, 2024. Disponível em:  
<https://www.gov.br/saude/pt-br/acesso-a-informacao/licitacoes-e-contratos/pls/publicacoes/plano-de-logistica-sustentavel-do-ministerio-da-saude-ciclo-2024-2026>. Acesso em: 23 maio 2025.

Bursztyn, M.; Bursztyn, M. A. Fundamentos de política e gestão ambiental: os caminhos do desenvolvimento sustentável. Rio de Janeiro: Garamond, 2012. 612p.

TONI, Jackson de. *Reflexões sobre o Planejamento Estratégico no Setor Público*. Brasília: ENAP, 2021. Disponível em:  
<<https://repositorio.enap.gov.br/bitstream/1/6334/1/Jackson%20de%20Toni.pdf>>. Acesso em: 28 maio 2025.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP). *Global Waste Management Outlook 2024: Beyond an Age of Waste – Turning Rubbish into a Resource*. Nairobi: UNEP, 2024. ISBN 978-92-807-4129-2. Disponível em:  
[https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/44939/global\\_waste\\_management\\_outlook\\_2024.pdf?sequence=3](https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/44939/global_waste_management_outlook_2024.pdf?sequence=3). Acesso em: 28 maio 2025.



## CRIAÇÃO E ACOMPANHAMENTO DE INDICADORES DE RESÍDUOS DOMICILIARES PARA O CAMPUS "LUIZ DE QUEIROZ"

*Giovanna Quirino Andrade<sup>1</sup>\*, Gabriele Patricia da Silva<sup>1</sup>, Gabriel Araujo<sup>2</sup>*

*Miguel Cooper<sup>2</sup>, Carlos Eduardo Pelegrini Cerri<sup>2</sup>, Ana Maria de Meira Lello<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Estudantes da graduação Esalq-USP; <sup>2</sup>Docentes do departamento de Ciência do Solo- Esalq-USP; <sup>3</sup>Educador Esalq-USP

Gi\_quirino@usp.br

### INTRODUÇÃO

Segundo Sachs (2002), a crise ambiental é um reflexo de um modelo de desenvolvimento que ignora os limites do planeta. Enfrentá-la exige mudanças profundas nos padrões de produção e consumo.

Inserido nesse cenário, o projeto “Criação e acompanhamento de indicadores de resíduos sólidos para o Campus Luiz de Queiroz” oferece aos estudantes a oportunidade de se envolverem em ações de educação ambiental, desenvolvendo competências para a gestão de conflitos e a aplicação de boas práticas. Ao transformar o campus em um espaço experimental para práticas sustentáveis, o projeto estimula a formação de profissionais comprometidos com a sustentabilidade e contribui para a criação de metodologias que podem ser replicadas fora do ambiente acadêmico, trazendo benefícios para a sociedade em geral.

### OBJETIVO

Alinhado às diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos e às políticas ambientais da USP, o projeto busca orientar a comunidade interna e externa do Campus Luiz de Queiroz sobre a gestão ambientalmente adequada de resíduos sólidos. O projeto fortalece o papel educativo da universidade ao desenvolver diagnósticos participativos e retornar os dados para a comunidade promovendo ações corretivas no processo e possibilita o desenvolvimento de ferramentas de diagnóstico de resíduos e métodos que podem ser replicados por outras instituições.

### METODOLOGIA

O projeto se dá nas seguintes etapas:



- a) Monitoramentos periódicos porta-a-porta: são realizadas visitas a todos os prédios e aplicados questionários aos alunos, funcionários e professores para avaliar o uso correto das lixeiras, a separação dos resíduos, uso de materiais duráveis e o consumo de papel. O campus é dividido em zonas, e cada bolsista é responsável por acompanhar uma área específica ao longo do semestre.
- b) Diagnósticos de resíduos: os sacos de resíduos são coletados e numerados conforme ao número das lixeiras (total de 26 lixeiras de alvenaria do campus, para se saber quais os setores usuários daquela lixeira), os resíduos são então pesados e analisados antes de serem retirados para tratamento por empresa terceirizada, verificando se há descartes incorretos, ou seja, lixo comum e recicláveis misturados, no caso dos recicláveis eles são posteriormente separados e quantificados. Os dados coletados são analisados por amostragem definidos a partir do número total de sacos e coleta-se uma amostra conforme critério abaixo.

Tabela 1: Amostragem de sacos

Quantidade de sacos total	Quantidade amostrada
$X < 5$	2
$5 \leq X \leq 7$	3
$7 < X \leq 10$	4
$10 < X \leq 13$	5
$13 < X \leq 16$	6
$X > 16$	8

Fonte: Departamento de Ciências Exatas Esalq-USP.

- c) Intervenções educativas: a partir dos dados são definidas estratégias de melhoria em cada departamento, além de serem utilizadas em ações educativas como palestras, e a distribuição de materiais informativos, visando sensibilizar e engajar a comunidade acadêmica em práticas sustentáveis de descarte de resíduos.



Figuras 1 e 2 : Etapa de pesagem e separação do diagnóstico de resíduos



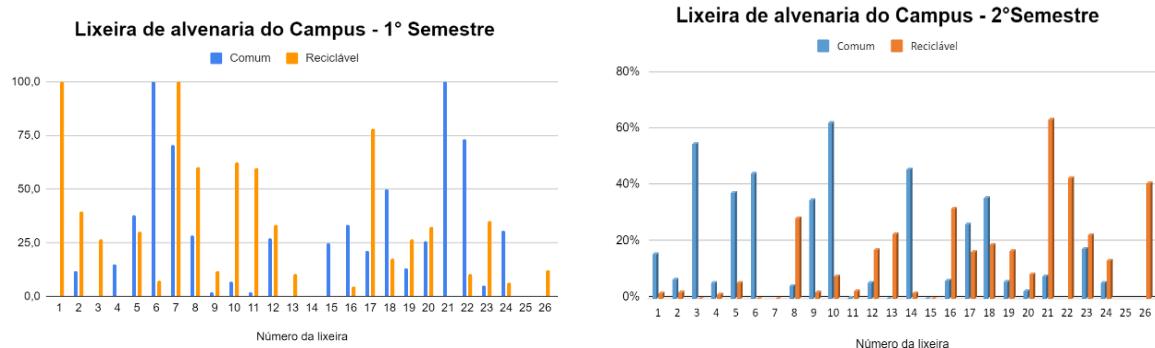
Fonte: Autoria do grupo.

*1 linha em branco, fonte Times New Roman, tamanho 10*

## RESULTADOS

Foram realizados dois diagnósticos dos resíduos do campus por semestre, sendo um de lixo comum (sacos pretos/rejeito) e uma de reciclável (sacos azuis). Abaixo seguem os resultados obtidos em cada semestre nos anos de 2023 e 2024, realizando as análises de lixo reciclável e lixo comum no diagnóstico de resíduos e os monitoramentos realizado junto aos departamentos do campus.

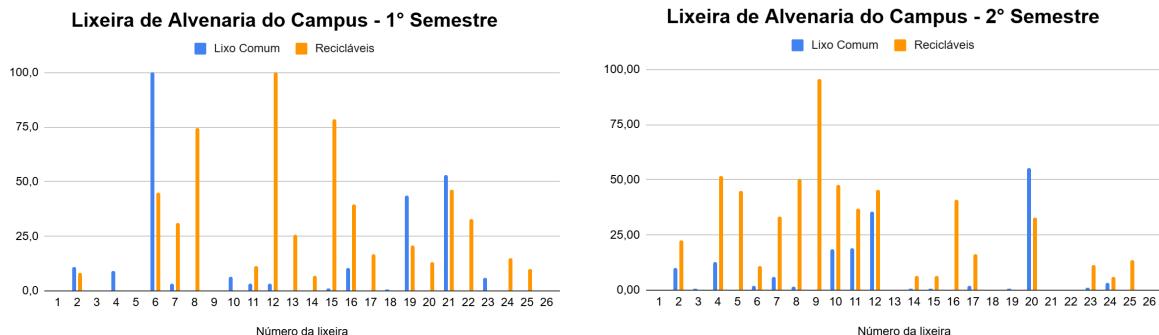
Figura 3 e 4: Porcentagem de descarte incorreto de resíduos do 1º e 2º Semestre 2023.



Fonte: Autoria do grupo.



Figura 5 e 6: Porcentagem de descarte incorreto de resíduos do 1º e 2º Semestre 2024.

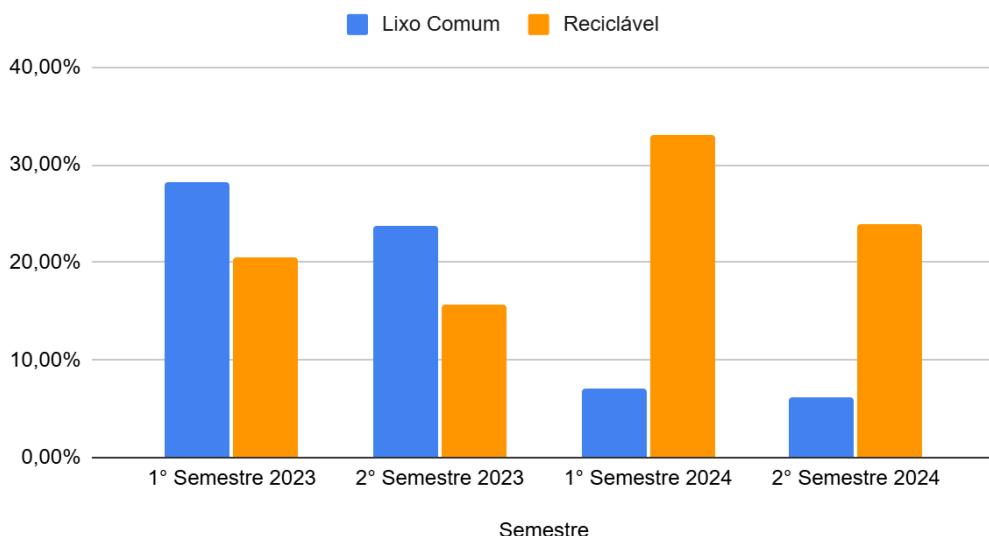


Fonte: Autoria do grupo.

Com base nos dados obtidos para cada semestre dos anos de 2023 e 2024, foi possível realizar uma comparação de descarte incorreto tanto de resíduos comuns quanto recicláveis. Os resultados indicam que, em 2023, a maior parte dos descartes incorretos ocorreu no lixo comum. No entanto, em 2024, observou-se uma inversão nesse padrão, com um aumento na taxa de descarte incorreto nos recipientes destinados aos recicláveis.

Figura 7: Porcentagem de descartes incorretos de resíduos recicláveis e não recicláveis nos dois semestres dos anos de 2023 e 2024.

#### Total comparativo de descarte incorreto 2023/2024



Fonte: Autoria do grupo.

Com os monitoramentos foi possível averiguar que os copos descartáveis são responsáveis por uma enorme quantidade de volume nos resíduos dos departamentos, com isso o programa adota como solução a caneca durável, que se mostra muito eficaz para diminuir esse desperdício de recursos. Cerca de 87,9% utilizam copos duráveis, 9,1% copo descartável, e 3% usam ambos, a meta é chegar a 0% dos copos recicláveis nos departamentos. Abaixo segue os resultados:

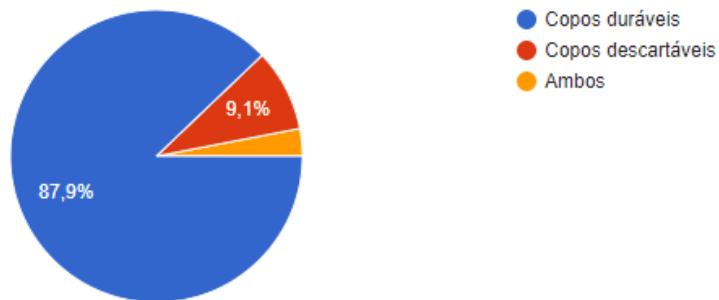
#### Portal de Eventos Científicos da Escola de Engenharia de São Carlos



Figura 5: Resultado do questionário aplicado aos funcionários dos departamentos.

**2.4 Qual modelo de copo é utilizado no departamento?**

33 respostas



Fonte: Autoria do grupo.

Com base nos diagnósticos de resíduos realizados semestralmente por estagiários do Programa USP Recicla são encaminhados à comunidade do campus importantes informações e recomendações para a melhoria do gerenciamento de resíduos no Campus “Luiz de Queiroz”.

## CONCLUSÕES

Verifica-se que o monitoramento e o diagnóstico de resíduos sólidos são excelentes bases para a obtenção de dados sobre o comportamento e entendimento da comunidade do campus quanto ao correto descarte de resíduos, gerando indicadores que permitem o direcionamento das futuras ações educativas e intervenções no processo. No caso de campus universitário o trabalho tem que ser contínuo já o público é dinâmico e há ingressos e novas pessoas a cada semestre, que necessitam entender os procedimentos para o gerenciamento adequado dos resíduos.

A legislação de resíduos tem sido um fator fundamental para o aumento do compromisso das instituições com relação ao gerenciamento adequado.

O envolvimento dos estudantes de graduação tanto nos diagnósticos, quanto nas rotinas de monitoramento dos resíduos tem gerado muitas aprendizagens que poderão contribuir fortemente para formação de profissionais que vão atuar na área, bem como para transformar suas próprias práticas e hábitos de consumo.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. Lei n. 12.305, de 02 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.



Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm)>.

Acesso em: 20 abr. 2025.

CETESB. DECISÃO DE DIRETORIA Nº 114/2019/P/C, de 23 de outubro de 2019.

Disponível em:

<https://cetesb.sp.gov.br/decisoes-de-diretoria/#1550752700994-48ac5b14-1705>. Acesso em: 22 abr. de 2025.

PIRACICABA. Legislação Municipal sobre Resíduos Sólidos. Disponível em: <https://sedema.wixsite.com/sedema/pmgirs-revisao2019>. Acesso em: 21 de abr. de 2025.

SACHS, Ignacy. Caminhos para o desenvolvimento sustentável. 1.ed. Rio de Janeiro: Garamond, 2002.



## DESCARTE DE RESÍDUOS SÓLIDOS REGISTRADOS NOS MUNÍCIPIOS DA ILHA DO MARANHÃO

*Igor Cruz de Castro<sup>1</sup>\*, Antonio Cordeiro Feitosa<sup>2</sup>, Helen Nébias Barreto<sup>3</sup>.*

<sup>1</sup> Universidade Federal do Maranhão;

<sup>2</sup> Universidade Federal do Maranhão;

<sup>3</sup> Universidade Federal do Maranhão.

\*Autor correspondente: [ic.castro@discente.ufma.br](mailto:ic.castro@discente.ufma.br)

### INTRODUÇÃO

A gestão dos resíduos sólidos urbanos enfrenta desafios cada vez maiores no contexto do atual modelo de desenvolvimento, marcado pelo consumo acelerado e pela urbanização pouco planejada. O avanço das técnicas de industrialização, somado ao crescimento populacional nas áreas urbanas, tem contribuído para o aumento expressivo na geração de resíduos, exigindo respostas mais eficazes no campo da sustentabilidade ambiental e da organização das cidades (Salles, 2016).

Na ausência de políticas públicas eficazes que assegurem o tratamento e a destinação final adequada, os resíduos sólidos deixam de ser apenas um subproduto do consumo e passam a atuar como vetores de poluição, degradando ecossistemas e aprofundando desigualdades socioambientais. Essa condição configura um passivo urbano-ambiental de alta complexidade e difícil reversão (Ungaretti, 2010).

No contexto da Ilha do Maranhão, essa problemática assume contornos especialmente críticos, dada a complexa dinâmica urbana e ambiental que envolve os municípios de São Luís, São José de Ribamar, Paço do Lumiar e Raposa. A configuração metropolitana do território, somada à sua condição insular e às transformações urbanas recentes, evidenciam a relevância da análise dos impactos e a gestão do descarte inadequado de resíduos sólidos.

Diante desse cenário, o presente estudo concentra-se na análise espacial dos registros de descarte irregular de resíduos ocorridos entre os anos de 2017 e 2021, buscando identificar padrões recorrentes, áreas mais afetadas e lacunas institucionais na gestão e fiscalização ambiental. O intervalo temporal selecionado permite avaliar a atuação do poder público frente às diretrizes estabelecidas pela Lei nº 12.305/2010 – Política Nacional de Resíduos Sólidos,



além de considerar os impactos provocados por eventos extraordinários, como a pandemia de COVID-19, nos fluxos de resíduos e na capacidade de resposta institucional.

Para subsidiar essa análise com evidências concretas e juridicamente reconhecidas, foram examinados processos judiciais registrados na Vara de Interesses Difusos e Coletivos da Comarca da Ilha de São Luís<sup>1</sup>, instância especializada em matérias ambientais, urbanísticas e de interesse coletivo. Essa documentação permite não apenas identificar as ocorrências formalizadas, mas também compreender sua distribuição espacial.

## OBJETIVO

Analizar, sob a perspectiva geográfica, os casos de descarte irregular de resíduos sólidos no âmbito dos municípios da ilha do Maranhão, registrados na Vara de Interesses Difusos e Coletivos da Comarca da Ilha de São Luís.

## METODOLOGIA

- **Recorte espacial**

A Ilha do Maranhão, localizada entre os litorais Ocidental e Oriental no centro do Golfão Maranhense, constitui a principal ilha do estado, com área total de 1.410,015 km<sup>2</sup>. Situada entre as coordenadas 2°45'43" S, 44°21'26" W e 2°24'36" S, 44°01'56" W, integra administrativamente a Comarca da Ilha de São Luís, que abrange os municípios de São Luís, São José de Ribamar, Paço do Lumiar e Raposa, evidenciando sua unidade político-territorial. Trata-se da região mais urbanizada e densamente povoada do Maranhão, com densidade demográfica de 1.034,6 hab./km<sup>2</sup> (IBGE, 2022), refletindo sua relevância geográfica, econômica e social para o estado.

- **Método**

Na presente pesquisa utiliza-se o método hipotético-dedutivo, o qual, conforme Pradanov e Freitas (2013), parte da identificação de um problema para, em seguida, propor hipóteses que busquem explicá-lo de forma preliminar. Essas hipóteses são então submetidas a um processo de inferência dedutiva, por meio do qual se testam as previsões relacionadas aos fenômenos investigados. Além disso, trata-se de uma pesquisa com abordagem quantitativa, voltada à delimitação precisa das informações, à mensuração das variáveis do estudo e a descrição e explicação de suas variações e comportamentos.

<sup>1</sup>A expressão *Ilha de São Luís*, embora não corresponda à denominação oficial do território insular, é empregada institucionalmente pelo Tribunal de Justiça do Estado do Maranhão para fins de delimitação jurisdicional. A ilha é oficialmente identificada como *Ilha de Upaon-Açu*, nome de origem indígena, ou *Ilha do Maranhão*, conforme consta em registros cartográficos e administrativos. A utilização do nome popular busca facilitar a identificação e a compreensão, por parte da população, dos limites territoriais da jurisdição correspondente.



- **Etapas da Pesquisa**

- a) *Coleta dos dados*

Os dados utilizados nesta pesquisa foram obtidos a partir da análise de processos judiciais referentes às práticas de descarte irregular de resíduos sólidos, protocolados no período de 2017 a 2021 na Vara de Interesses Difusos e Coletivos da Comarca da Ilha de São Luís, vinculada ao Tribunal de Justiça do Estado do Maranhão - TJMA. A partir da leitura e sistematização das informações contidas nos autos, foi estruturada uma base de dados georreferenciada, contemplando a localização dos pontos de descarte irregular identificados.

- b) *Mapeamento*

A espacialização dos pontos de descarte irregular foi realizada por meio do *software* QGIS 3.40.7 (*Bratislava*), uma plataforma de código aberto licenciada sob a *General Public License – GPL*. Os dados extraídos dos processos judiciais foram integrados a arquivos vetoriais no formato *shapefile*, disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Com base nessa integração, foi elaborado um mapa temático utilizando a técnica de estimativa de densidade Kernel, a qual permite a identificação de padrões espaciais, destacando áreas com maior concentração de ocorrências e delimitando zonas críticas de descarte irregular de resíduos sólidos.

- c) *Análise dos dados*

A etapa final do estudo consistiu na análise conjunta dos dados quantitativos, cartográficos e contextuais obtidos. A correlação entre essas informações possibilitou a compreensão da distribuição espacial dos pontos de descarte irregular, permitindo a identificação de possíveis condicionantes socioeconômicos, urbanísticos e institucionais associados à sua ocorrência. A análise evidenciou os bairros e zonas com maior incidência, contribuindo para o delineamento de áreas prioritárias de intervenção. Além disso, foram levantadas hipóteses sobre a relação entre falhas na coleta e na fiscalização ambiental e a recorrência dos descartes, subsidiando políticas públicas mais eficazes.

## RESULTADOS

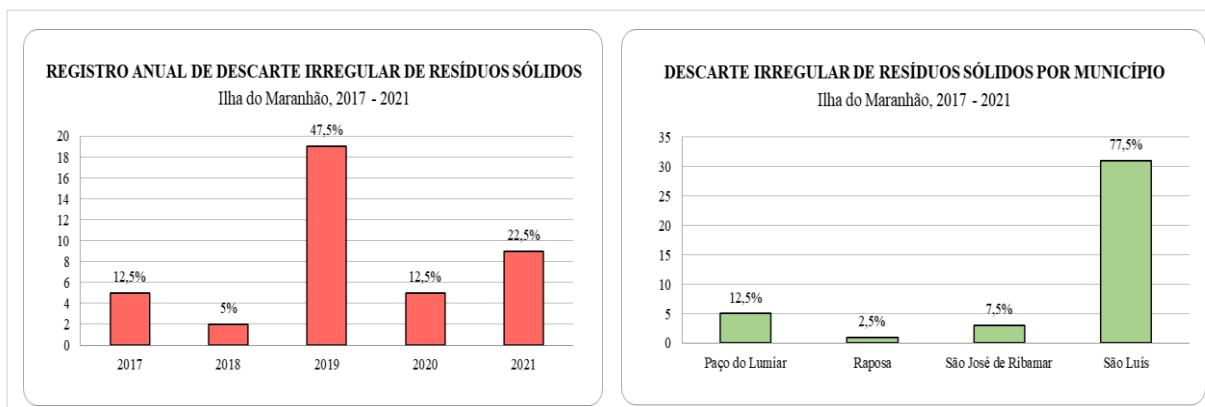
O descarte irregular de resíduos sólidos tem se intensificado na Ilha do Maranhão, refletindo um problema crônico ligado a um conturbado processo de urbanização e a ineficiência dos serviços e políticas eficazes de gestão de resíduos. Esse cenário, segundo Cunha (2016), se agrava em áreas periféricas e de expansão urbana, onde há menor cobertura de coleta e maior vulnerabilidade socioambiental.



A análise dos dados obtidos nos processos judiciais possibilitou a identificação de padrões temporais e espaciais relacionados ao descarte irregular de resíduos sólidos nos municípios situados na Ilha, em especial na capital, São Luís. No intervalo de 2017 a 2021, foram examinados 40 processos que culminaram na identificação de 87 pontos distintos de ocorrência dessa prática irregular.

Ao longo dos cinco anos analisados, observou-se uma variação significativa na quantidade de registros (Figura 1), com destaque para o ano de 2019, que concentrou 47,5% das ocorrências. Esse pico pode estar associado a fatores como o aumento da fiscalização, a maior visibilidade do problema ou mesmo o agravamento da prática irregular nesse período. Em contraste, os anos de 2017 e 2018 apresentaram índices mais baixos, com 12,5% e 5% respectivamente, sugerindo maior controle ou ausência de denúncias.

*Figura 1 – Registro de descarte irregular de resíduos sólidos na ilha do maranhão, por ano e município.*



Fonte: Os autores (2025).

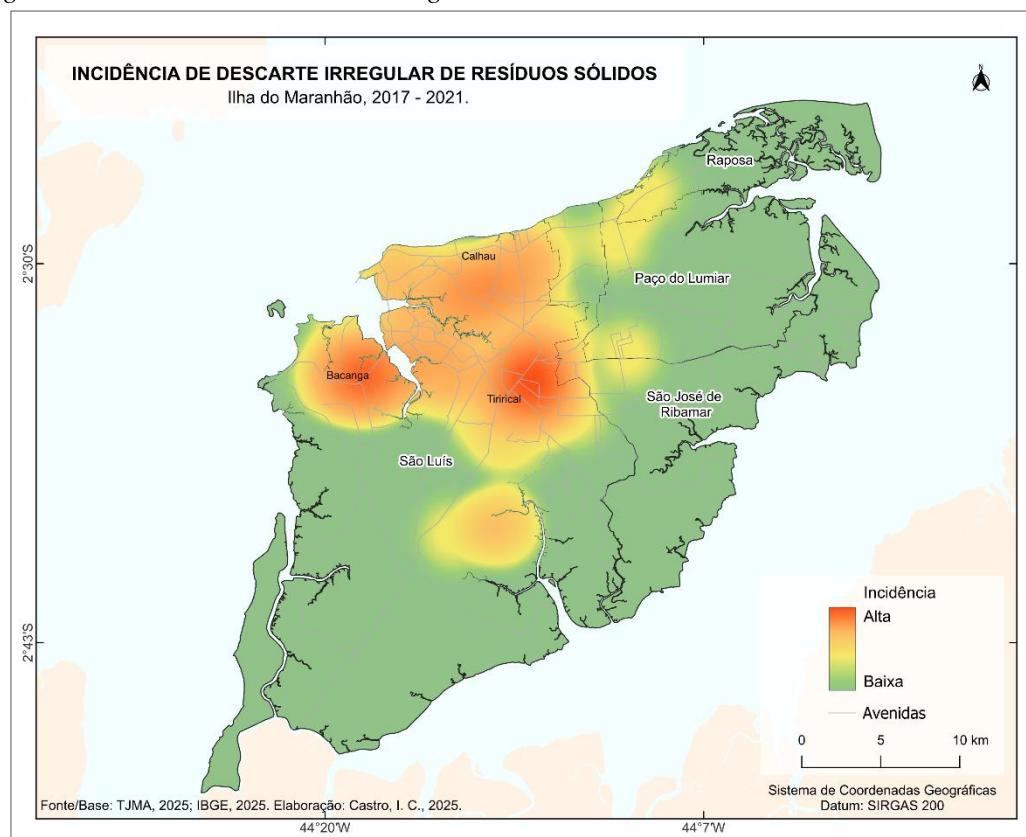
A queda registrada em 2020 pode estar relacionada aos impactos da pandemia de COVID-19, que impactou diversas atividades administrativas e de fiscalização, além de possivelmente ter causado subnotificações em virtude das restrições impostas. No entanto, essa redução não se sustentou, e em 2021 o índice subiu para 22,5%, indicando a retomada das atividades pós pandemia.

No que diz respeito à distribuição dos registros por município, a capital São Luís concentra 77,5% dos registros no período analisado, refletindo seu maior adensamento populacional e extensa área urbana em relação aos demais municípios da Ilha. Paço do Lumiar aparece com 12,5%, seguido por São José de Ribamar com 7,5%, e Raposa 2,5%, evidenciando assim, uma distribuição desigual dos pontos de descarte, associada às diferenças estruturais e demográficas entre os municípios.



A espacialização desses registros, conforme evidenciado no mapa de densidade de Kernel (Figura 2), permite uma leitura mais aprofundada da geografia do problema. As áreas com maior intensidade de descarte irregular estão concentradas principalmente em zonas de transição entre o núcleo urbano consolidado de São Luís e os limites periféricos dos municípios vizinhos, como São José de Ribamar e Paço do Lumiar. Cabe destacar também a correlação significativa com a proximidade de vias de grande circulação, as quais favorecem o descarte clandestino devido à facilidade de acesso, à mobilidade rápida e, em alguns casos, à baixa presença de fiscalização sistemática.

*Figura 2 – Incidência de descarte irregular de resíduos sólidos na Ilha do Maranhão.*



Fonte: Os autores (2025).

Por outro lado, observa-se uma menor incidência de registros nas regiões mais afastadas do centro urbano e em áreas de baixa densidade populacional, como o município de Raposa e partes do extremo sul da Ilha. Contudo, essa aparente ausência de ocorrências pode não indicar um controle mais eficaz da situação, mas sim refletir um quadro de subnotificação estrutural, decorrente da limitada atuação do poder público nessas localidades. A falta de fiscalização sistemática, a precariedade nos canais de denúncia e a invisibilidade social das comunidades periféricas contribuem para ocultar a real dimensão do problema. Ademais, a distribuição desigual dos registros não apenas evidencia disparidades territoriais, como também revela fragilidades institucionais no enfrentamento das questões ambientais na Ilha do Maranhão.



## CONCLUSÕES

A análise espacial dos registros de descarte irregular de resíduos sólidos na Ilha do Maranhão (2017–2021) evidencia a ineficiência estrutural da gestão ambiental urbana, fortemente relacionada à urbanização desordenada e à ausência de políticas públicas eficazes. A maior concentração de ocorrências em São Luís e nas zonas limítrofes aponta a correlação entre densidade populacional, expansão urbana precária e deficiência nos serviços de coleta.

A utilização de dados georreferenciados permitiu identificar padrões e zonas críticas, com destaque para áreas periféricas e vias de grande circulação, onde fatores como mobilidade facilitada, baixa vigilância e exclusão socioespacial favorecem o descarte irregular. As desigualdades na distribuição dos registros entre os municípios da ilha revelam fragilidades institucionais e estruturais, evidenciando a necessidade de políticas públicas integradas.

O enfrentamento do problema exige mais que ações pontuais, demanda planejamento urbano inclusivo, investimentos em infraestrutura sanitária, fortalecimento da fiscalização e participação ativa das comunidades. O estudo, ao oferecer um diagnóstico territorial fundamentado, contribui para orientar intervenções mais eficazes e sustentáveis, pautadas pela justiça ambiental e pela promoção da sustentabilidade urbana.

## REFERÊNCIAS

CUNHA, V. H. D. **Vulnerabilidade socioambiental como decorrência do processo de expansão urbana de Campina Grande-PB**. Orientador: Gesinaldo Ataíde Cândido. 2016. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais) – UFCG, Campina Grande, 2016.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades e estados**. 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ma/sao-luis.html>. Acesso em: 25 maio 2024.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico**: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico – 2<sup>a</sup> Edição, Novo Hamburgo, Editora Feevale, 2013.

SALLES, A. C. **Os reflexos da (in)sustentabilidade urbana em um sistema social**: um estudo dos efeitos produzidos pelo Polo Naval na cidade de Rio Grande. Orientador: Eugênio Ávila Pedrozo 2016. Dissertação (Mestrado em Administração) – UFRGS, São Lourenço do Sul, 2016.

UNGARETTI, A. R. **Perspectiva socioambiental sobre a disposição de resíduos sólidos em Arroios Urbanos**: Um estudo na Sub-Bacia Hidrográfica Mãe D'água no município de Viamão - RS. Orientador: André Luiz Lopes da Silveira. 2010. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano Regional) – UFRS, Porto Alegre, 2010.



## DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE CURSO D'ÁGUA IMPACTADO POR RESÍDUOS SÓLIDOS NA ZONA SUL DE SÃO CARLOS (SP)

*Maira Rafaela Penazzo<sup>1</sup>\*, Diogo Perez Monteiro Claro<sup>2</sup>; Yasmin Santos Alves<sup>3</sup>;*

*Eduardo Lordelo Volpato<sup>4</sup>*

<sup>1</sup> Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo;

<sup>2</sup> Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo;

<sup>3</sup> Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná;

<sup>4</sup> Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo;

\*Autor correspondente: [maira.penazzo@gmail.com](mailto:maira.penazzo@gmail.com)

### INTRODUÇÃO

Desde o início do desenvolvimento humano, os recursos naturais foram explorados sem planejamento, pois as atividades tinham alcance local e limitado. Com o avanço da tecnologia e do conhecimento, essa exploração se tornou cada vez mais predatória. Esse modelo, sem considerar os limites dos recursos, resultou em uma degradação ambiental visível e ainda discutida mundialmente (Córdoba, 2010; Pons, 2006).

Em 2015, a ONU apresentou os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, metas para serem alcançadas até 2030, que incluem não só o crescimento econômico, mas também o social e o ambiental. A proposta incentivou um estilo de vida mais sustentável e ampliou o debate sobre o tema em instituições públicas, privadas e na academia (UN, 2015).

No Brasil, a legislação ambiental evoluiu. Há normas como as Resoluções do CONAMA, em especial a nº 307/2002, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (2010), o Plano Nacional de Saneamento Básico (2013) e o Novo Marco Legal do Saneamento Básico (2020).

Apesar disso, a gestão dos resíduos sólidos ainda enfrenta dificuldades. Segundo a ABREMA, com base no Censo de 2022, o país gerou 77,1 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos. Desses, 93% foram coletados e apenas 61% enviados a aterros sanitários, número semelhante ao de 2021, o que indica estagnação nas políticas públicas. Além disso, 7% dos resíduos não foram coletados, o que representa 5,3 milhões de toneladas descartadas em áreas clandestinas (ABREMA, 2023; IBGE, 2022).

Essas áreas irregulares, como valas, terrenos baldios e córregos, são um desafio para os órgãos públicos, principalmente os municipais, por causarem poluição, proliferação de vetores



e perda de recursos naturais. Geralmente, esses descartes ocorrem nas periferias, transformando os locais em pequenos lixões urbanos (Ribeiro Figueiredo, 2023; Córdoba, 2010).

Diante disso, este estudo destaca a degradação ambiental em uma área de disposição irregular de resíduos sólidos na região sul da zona urbana de São Carlos (SP), município com legislação atualizada sobre o tema.

## OBJETIVO

Avaliar a degradação ambiental causada por descarte irregular de resíduos sólidos em um vale na região sul do município de São Carlos, com foco nos cursos d'água da sub bacia.

## METODOLOGIA

Para avaliação da qualidade da água dos cursos d'água próximos a encosta que recebe descarte de resíduos sólidos irregular foram coletas três amostras de água em pontos distintos, no mês de maio de 2024 e enviadas para análise do Laboratório de Saneamento do Departamento de Hidráulica e Saneamento (LabSan-SHS-EESC-USP), das quais foram analisadas pelo método da 24<sup>a</sup> edição do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, denominada SMWW (APHA, 2017).

Após isso, foi adotado o método do IQA (Índice de Qualidade das Águas) da CETESB (Companhia Ambiental do estado de São Paulo) para verificar como estava os parâmetros das amostras. O IQA é baseado em nove parâmetros, sendo eles: coliformes fecais, pH, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), oxigênio dissolvido, nitrogênio total, fósforo total, resíduo total, turbidez e temperatura. O IQA é calculado pelo produtório ponderado das qualidades de água correspondentes às variáveis que integram o índice, conforme equação (1)

$$\text{IQA} = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \quad \text{equação (1)}$$

Onde:

IQA: Índice de Qualidade das águas, um número entre 0 e 100;

$q_i$ : qualidade do i-ésimo parâmetro, um número entre 0 a 100, obtido da respectiva “curva média de variação de qualidade”, em função de sua concentração ou medida e;

$w_i$ : peso correspondente ao i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade.

Após isso, se obtém a classificação do índice IQA pela ponderação dos valores apresentados na tabela 1.

*Tabela 1 – Classificação do IQA*

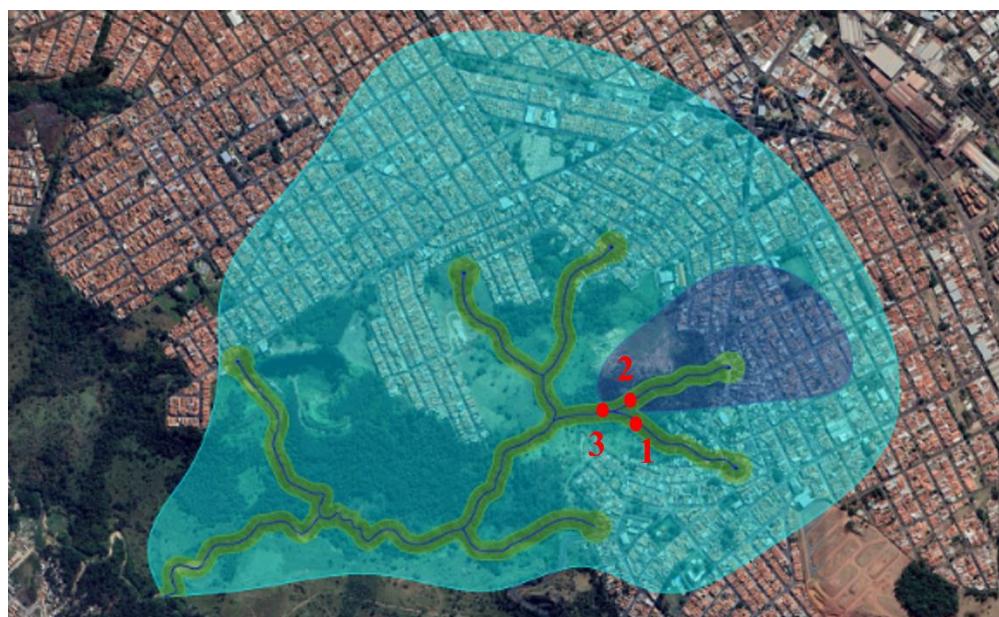
Categoría	Ponderação
Ótima	$79 < \text{IQA} \leq 100$
Boa	$51 < \text{IQA} \leq 79$
Regular	$36 < \text{IQA} \leq 51$
Ruim	$19 < \text{IQA} \leq 36$
Péssima	$\text{IQA} \leq 19$

Fonte: CETESB (1975).

## RESULTADOS

A bacia hidrográfica em questão, situando-se na Vila Monte Carlo na porção sul do município de São Carlos, SP, é considerada uma sub bacia do Córrego da Água Quente. Por demais, a mesma é composta por um córrego principal e 5 afluentes, cada qual com sua microbacia particular, onde todos esses, inclusive o cardinal, não são nomeados oficialmente, conforme figura 1. Os pontos das três coletas foram feitos em regiões mais próximas das nascentes da sub bacia, a intenção era verificar se a degradação causada pelos resíduos sólidos depositados no local chegava até os cursos d'água de ordem 1 e 2. Assim, os pontos analisados estão demarcados na figura 1 também.

Os resultados das análises feitas no LabSan (SHS-EESC-USP) estão apresentadas na tabela 2.

*Figura 1 – Delimitação da bacia hidrográfica com os pontos das amostras*

Fonte: Adaptada do QGIS (2024).

*Tabela 2 – Resultados dos parâmetros Classificação do IQA*

<b>Parâmetros</b>	<b>Ponto 1</b>	<b>Ponto 2</b>	<b>Ponto 3</b>
Coliformes Totais (NMP/100mL)	$2,42 \times 10^3$	$2,42 \times 10^5$	$4,08 \times 10^5$
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100mL)	$1,99 \times 10^3$	$1,55 \times 10^5$	$3,17 \times 10^5$
DBO (mg/L)	13	120	138
Fósforo (mg/L)	0,96	2,70	3,10
Nitrogênio Total Kjeldhal (mg/L)	26	44	62
pH	6,90	6,89	6,65
Sólidos Totais (mg/L)	116	443	536
Sólidos Totais Fixos (mg/L)	71	111	84
Sólidos Totais Voláteis (mg/L)	45	332	452
Turbidez (NTU)	3,3	101	128

Fonte: LabSan, SHS-EESC-USP (2024).

Sobre os parâmetros da análise as amostras 2 e 3 apresentam altos níveis de contaminação, com presença de *E. coli*, elevada DBO, fósforo e nitrogênio, indicando poluição orgânica e risco de eutrofização. Também apresentam alta turbidez e sólidos em suspensão. Apenas o pH está dentro dos padrões aceitáveis. Calculando-se o IQA para cada amostra, obtém-se que a amostra 1 foi classificada como “Regular”, a 2 como “Ruim” e, por fim, a 3 como “Péssima”.

Assim, os resultados apresentaram contaminação nos cursos d’água neste local por com alta carga orgânica, nutrientes e coliformes fecais, visivelmente no córrego havia muito resíduos sólidos e cheiro de esgoto, possivelmente tem pontos clandestinos no local.

## CONCLUSÕES

Ao longo da descida do talude da encosta em direção do curso d’água notou-se que os resíduos sólidos nessa parte não conseguiam superar a declividade da topografia da área de análise da Vila Monte Carlo ainda, porém, houve sempre uma presença de alguns resíduos de forma mais pontuais. Foi observado também pontos de esgotos clandestinos no caminho, o que também é um problema de saneamento e possivelmente o contaminante da água do ponto 1.

Além disso, percebeu-se a chegar no rio que apesar do resíduo sólido de uma parte do vale não chegar ao local o ponto 2 tinha muito resíduos sólidos e um outro ponto de vício estava consolidado naquela parte e provavelmente há vazamento ou ligação de esgoto doméstico. Por fim, no ponto 3 a junção de tudo, só manteve o padrão já constatado nos outros pontos de coleta.



Neste estudo com o foco no curso d'água do vale foi possível observar que a falta de uma fiscalização pública mais atuante e uma população menos engajada ocasiona problemas de saneamento de proporções de saúde pública, sendo os resíduos locais excelentes para vetores de doenças, como a dengue. Além disso, é necessário aprofundar o estudo observando os aspectos do impacto da área em relação aos resíduos sólidos, como a erosão do solo, a questões de doenças, entre outras observações.

*1 linha em branco, fonte Times New Roman, tamanho 10*

## REFERÊNCIAS

ABREMA (2023)

ABREMA – Associação Brasileira de Recuperação Energética de Resíduos. Panorama dos resíduos sólidos urbanos no Brasil: dados 2022. São Paulo: ABREMA, 2023. Disponível em: <https://www.abrema.org.br/panorama2023>. Acesso em: 30 maio 2025.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 23rd ed. Washington, D.C.: APHA, 2017.

CENSO Demográfico 2022: população residente, por sexo, idade e forma de declaração da idade. In: IBGE. Sidra: sistema IBGE de recuperação automática. Rio de Janeiro.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Índice de Qualidade das Águas - IQA. São Paulo: CETESB, 2020.

CONAMA 307/2002

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30702.html>. Acesso em: 30 maio 2025.

Córdoba, Rodrigo Eduardo. Estudo do sistema de gerenciamento integrado de resíduos de construção e demolição do município de São Carlos - SP. 2010. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010. doi:10.11606/D.18.2010.tde-28062010-212204. Acesso em: 20 mar. 2025.

Novo Marco Legal do Saneamento Básico

**Portal de Eventos Científicos da Escola de Engenharia de São Carlos**

Anais eletrônicos do 9º Simpósio sobre Resíduos Sólidos  
Disponível em: <http://eventos.eesc.usp.br/sirs2025>



BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, e outras normas. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 16 jul. 2020. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2020/lei/L14026.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/L14026.htm). Acesso em: 30 maio 2025.

### Plano Nacional de Saneamento Básico (Plansab)

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Plano Nacional de Saneamento Básico – Plansab. Brasília: Ministério das Cidades, 2013. Disponível em: <http://www.snas.gov.br/planos-de-saneamento/plano-nacional-de-saneamento-basico>. Acesso em: 30 maio 2025.

### Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS)

BRASIL. 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. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 3 ago. 2010. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm). Acesso em: 30 maio 2025.

PONS, Nívea Adriana Dias. Levantamento e diagnóstico geológico-geotécnico de áreas degradadas na cidade de São Carlos-SP, com auxílio de geoprocessamento. 2006. Tese (Doutorado em Geotecnologia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006. doi:10.11606/T.18.2006.tde-26052006-145812. Acesso em: 20 mar. 2025.

RIBEIRO FIGUEIREDO, K. DESCARTE DE LIXO INADEQUADO DA POPULAÇÃO BRASILEIRA. Revista Extensão, v. 7, n. 4, p. 138-140, 8 dez. 2023.

RESÍDUOS sólidos, 2020. In: BRASIL. Secretaria Nacional de Saneamento. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS. Série Histórica. Brasília, DF, [2022]. Indicador IN030. Disponível em: <http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/#>. Acesso em: 20 set. 2024.

UNITED NATIONS. Transforming our World: The 2030 Agenda for Sustainable DevelopmentNew York, 2015. 41 p. Disponível em: <https://sdgs.un.org/sites/default/files/publications/21252030%20Agenda%20for%20SustainableDevelopment%20web.pdf>. Acesso em: 05 fev. 2025.



## DIAGNÓSTICO DA GESTÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO MUNICÍPIO DE CATANDUVA-SP

*Karen Jaqueline Morandin Silva<sup>1</sup>\*, Erica Pugliesi<sup>2</sup>, Cristine Diniz Santiago<sup>3</sup>*

<sup>1,2</sup> Universidade Federal de São Carlos;

<sup>1</sup> Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada / Universidade Federal de São Carlos

\*Autor correspondente: [karenmorandin.estudante@ufscar.br](mailto:karenmorandin.estudante@ufscar.br)

### INTRODUÇÃO

A gestão de resíduos sólidos é considerada uma temática socioambiental relevante para a sustentabilidade no meio urbano, já que os resíduos sólidos podem ser considerados um dos principais produtos da vida urbana (DODMAN et al., 2013).

No Brasil, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei 12.305/2010, é a principal legislação federal sobre o tema, definindo princípios, objetivos e diretrizes nacionais para a gestão de resíduos sólidos no país, tendo como ordem de prioridade a ser observada na gestão e gerenciamento: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (BRASIL, 2010).

Nesse contexto, a gestão dos resíduos da construção civil (RCC) também constitui uma questão importante e atual, refletindo a crescente urbanização e o desenvolvimento dos municípios. Esses resíduos, que incluem materiais como concreto, tijolos, madeiras, metais e outros detritos provenientes de obras, reformas e demolições, representam um desafio ambiental e de saúde pública.

Os resíduos da construção civil representam um dos maiores desafios ambientais e de gestão de resíduos no mundo contemporâneo, especialmente em função dos volumes gerados e periculosidade presente em alguns elementos de sua composição. Com o crescimento urbano e a expansão do setor da construção, a geração desses resíduos tem aumentado significativamente, o que demanda ações eficientes de gerenciamento, reutilização e reciclagem. A adoção de práticas sustentáveis, como a incorporação de materiais reciclados e a implementação de políticas de gerenciamento de resíduos, é fundamental para reduzir o impacto ambiental e promover a economia circular no setor da construção (SANTOS et al., 2022).

Além disso, estudos recentes destacam a importância de políticas públicas e incentivos para estimular a adoção de tecnologias limpas e processos de construção mais sustentáveis,



contribuindo para a redução do volume de resíduos enviados a aterros sanitários e para a diminuição do consumo de recursos naturais (OLIVEIRA & PEREIRA, 2023). A conscientização de todos os atores envolvidos, desde engenheiros até os próprios consumidores, é essencial para promover uma cultura de sustentabilidade na construção civil.

Assim, a gestão e gerenciamento adequados desses resíduos são essenciais para minimizar os impactos ambientais, promover a sustentabilidade e garantir a qualidade de vida no município. Assim, compreender a geração, manejo e destinação correta desses resíduos é fundamental para o desenvolvimento sustentável no município (CÓRDOBA, 2010).

## OBJETIVO

Tendo em vista a relevância dos resíduos da construção civil para a gestão municipal, o presente trabalho tem por objetivo apresentar um diagnóstico acerca dos RCC no município de Catanduva-SP, visando fornecer subsídios para a melhoria da gestão destes resíduos não apenas neste município, mas também em outros com realidades semelhantes.

## METODOLOGIA

Inicialmente foi realizado um levantamento técnico e documental sobre as Áreas de Transbordo e Triagem (ATTs) e do ecoponto existentes no município, com base em dados fornecidos por órgãos ambientais e documentos técnicos.

Foram analisados os dados referentes à área total, área licenciada, ano de licenciamento, e função desempenhada por cada ATT, especialmente no que se refere à triagem e eventual reciclagem dos resíduos da construção civil.

Sobre a área de estudo, o município de Catanduva situa-se na região noroeste do Estado de São Paulo, em uma região estratégica do interior paulista, tanto do ponto de vista socioeconômico quanto ambiental. Com uma população de 115.791 habitantes (IBGE, 2022), caracteriza-se como um município de médio porte.

## RESULTADOS

O município possui na sua gestão municipal a pasta da Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Agricultura, com sua criação através da Lei Complementar nº. 445/2008, onde em levantamento histórico de leis e normas ambientais, podemos localizar a Lei Ordinária nº. 4357/2007 onde possui regras e condutas para a gestão dos resíduos da construção civil dentro do município.

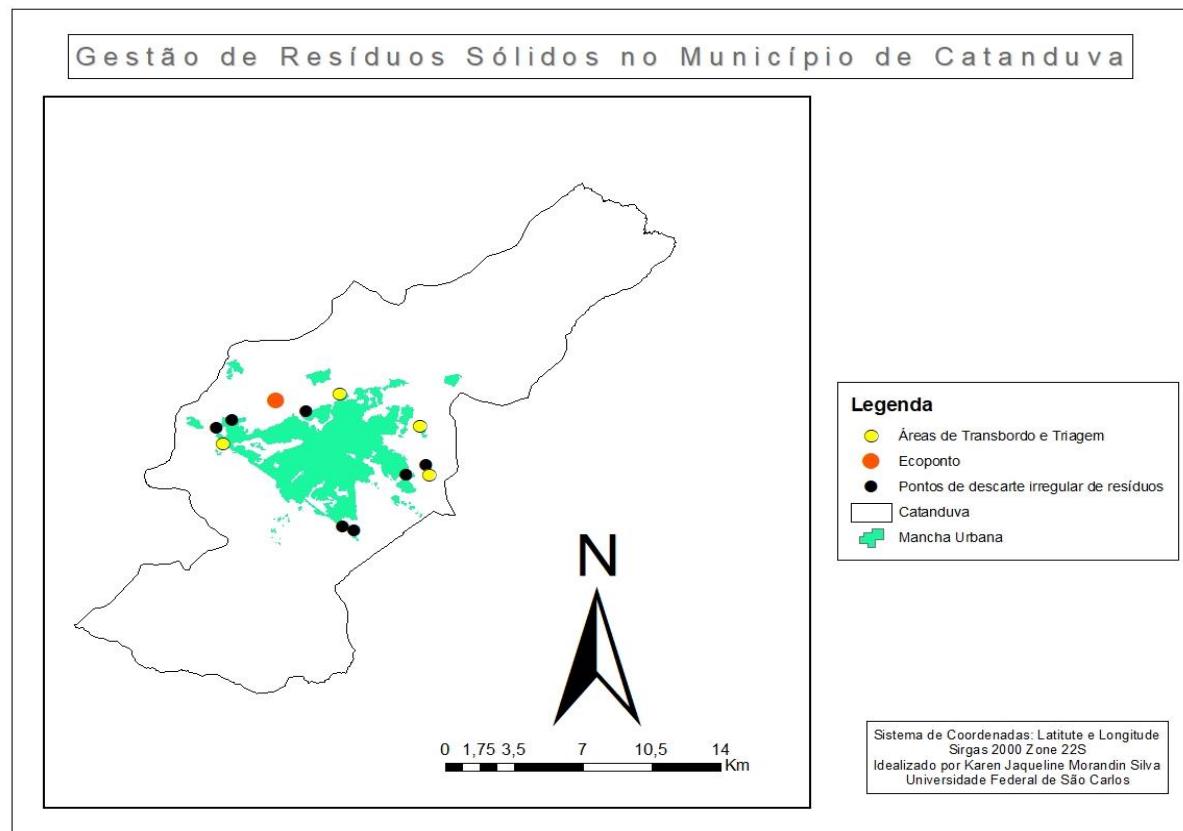


Com relação aos RCC, o município de Catanduva possui quatro áreas de transbordo e triagem (ATTs) particulares, bem como um ecoponto, público, que recebe até 3m<sup>3</sup> de RCC. As ATTs foram denominadas numericamente para fins de padronização e clareza, sendo elas:

- **ATT 01:** licenciada em 2014, com área total de 45.249,00 m<sup>2</sup>, sendo a área efetivamente licenciada de 45.184,20 m<sup>2</sup>;
- **ATT 02:** licenciada em 2017, com área total de 36.890,04 m<sup>2</sup>;
- **ATT 03:** licenciada em 2018 com área total de 12.000 m<sup>2</sup>; posteriormente licenciada como **usina de reciclagem de RCC** (pela CETESB), instalada em 11.861,78 m<sup>2</sup>;
- **ATT 04:** licenciada em 2020 com área total de 9.450 m<sup>2</sup>; posteriormente licenciada também como **usina de reciclagem de RCC** (pela CETESB), instalada em área de 1.573,76 m<sup>2</sup>.

A Figura 1 apresenta um mapa de localização das ATTs no município, bem como o ecoponto e as principais áreas de descarte irregular de resíduos. Já a Figura 2 apresenta a vista aérea do Ecoponto.

*Figura 1 – Mapa de localização das ATTs, Ecoponto e áreas de descarte irregular no município.*



Fonte: Autoria Própria.



Figura 2 – Vista aérea do ecoponto municipal.



Fonte: Google Earth, 2025.

Até o ano de 2013, o município dispunha, para descarte de RCC, somente de uma área que chamavam de “bota fora” ou “depósito de galhos municipal”, a qual recebia RCC, galhos e podas de árvores, volumosos e paletes.

A partir da Lei nº. 5690 de 18/09/2015 o local passou a ser denominado como Ecoponto “AIMAR NEWTON BOSO”, sendo sua administração municipal através de dotação orçamentária própria. A partir de 2014 o local passou a receber até 1m<sup>3</sup> de volume da municipalidade. As empresas geradoras passaram então a encaminhar seus resíduos às Áreas de Transbordo e Triagem (ATTs), que são de gestão de particulares. As Áreas de Transbordo e Triagem existentes no município começaram a ser licenciadas a partir do ano de 2014.

No Ecoponto Municipal, de responsabilidade da Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Agricultura, possui área instalada de 36 mil m<sup>2</sup>, contando com 02 funcionários de segunda à sábado. Estes são responsáveis por orientar onde descartar os distintos tipos de resíduos, bem como anotar em blocos de informações a data, placa do veículo e tipo de material (ex: galho, madeira, volumosos, RCC).



Desse modo, não existem dados planilhados e efetivos sobre o que o local recebe, porém funcionários do local informaram que a estimativa de recebimento no local é de 6m<sup>3</sup> de entulho por dia. Vale ressaltar que caçambeiros e caminhões basculantes de entulhos destinam os RCC para alguma ATT licenciada no município e pagam pelo serviço de descarte, não sendo permitida sua entrada no Ecoponto.

O ecoponto conta com apoio de maquinário da Secretaria Municipal de Obras e Serviços que faz a separação dos materiais com maquinários pesados (esteira) e pá carregadeira e caminhão basculante que retira o RCC para ser destinado à Usina de Reciclagem de Construção Civil do município (particular), ou ao Aterro Sanitário (particular). Já os materiais de poda são prensados, sendo utilizados no viveiro de mudas municipal, que possui um pequeno triturador.

Em 2025, a gestão municipal tem enfrentado desafios em relação à inatividade de algumas ATTs, impactando diretamente na estratégia de gestão de RCC no município. Nesse sentido, a continuidade do diagnóstico permitirá compreender com maior profundidade as consequências deste cenário para a gestão de RCC sustentável em Catanduva-SP.

## CONCLUSÕES

O levantamento permitiu identificar a distribuição espacial, a capacidade instalada e o histórico de regularização ambiental das unidades, fatores essenciais para compreender a eficácia do sistema municipal de gerenciamento de RCC. Se por um lado, são notáveis os avanços na gestão dos RCC do município, por outro lado, a descontinuidade da operação das estruturas estabelecidas refletem a fragilidade do modelo – dependente do setor privado. Por fim, a compreensão da evolução histórica da gestão dos RCC no município e as alterações promovidas pelas sucessivas legislações são um indicativo da importância das políticas ambientais como norteadoras das mudanças de práticas no país.

## REFERÊNCIAS

- BRASIL. Lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília, 2010. DOU de 03/08/2010.
- CÓRDOBA, R. E. **Estudo do sistema de gerenciamento integrado de resíduos de construção e demolição do município de São Carlos.** 2010. 406p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.



# SIRS

Simpósio sobre  
Resíduos Sólidos

Cidades Inteligentes e Sustentáveis

16 a 19 de setembro de 2025  
São Carlos/SP  
Brasil

Realização



DODMAN, D.; MCGRANAHAN, G.; DALAL-CLAYTON, B. Integrating the environment in urban planning and management: key principles and approaches for cities in the 21st century.

Nairobi: UNEP, 2013. Disponível em: <https://www.uncclearn.org/wp-content/uploads/library/unep247.pdf>. Acesso em 29 mai 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censo Demográfico 2022 – Aspectos Demográficos. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/saude/22827-censo-demografico-2022.html>. Acesso em 29 mai 2025.

PINTO, Tarcisio de Paula. **Utilização de resíduos de construção:** estudo do uso em argamassas. 1986. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 1986. . Acesso em: 24 maio 2025.

OLIVEIRA, L. M.; PEREIRA, R. S. Gestão de resíduos na construção civil: avanços e desafios. *Revista Brasileira de Engenharia Civil*, v. 27, n. 3, p. 345-359, 2023.

SANTOS, A. F. et al. Reciclagem de resíduos da construção civil: uma análise de práticas sustentáveis. *Journal of Construction and Building Materials*, v. 317, 2022, 124123



## ESTANDARIZACIÓN POR DISTINTOS METODOS PARA LA OBTENCIÓN DE QUITOSANO APARTIR DE RESIDUOS DE LA INSUTRIA PESQUERA (ESCAMAS DE PESCADO)

*Andrea Del Pilar Diaz Guerrero<sup>1</sup>, Jorge Carrillo Velásquez<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Universidad Militar Nueva Granada;

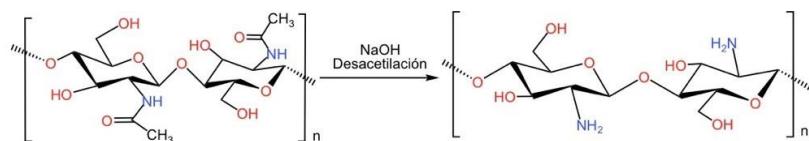
<sup>2</sup> Universidad Militar Nueva Granada 2;

\*Autor correspondiente: est.andrea.diaz2@unimilitar.edu.co

### INTRODUCCIÓN

El quitosano se extrae de exoesqueleto de crustáceos y escamas de pescado, presenta múltiples aplicaciones en áreas como el tratamiento de aguas, biomedicina, agricultura, industria alimentaria, cosmética y como agente anticorrosivo (Rinaudo, 2006), sin embargo, la mayoría de los métodos de extracción están optimizados para crustáceo; su aplicación directa a otros residuos biológicos como las escamas de pescado no resulta del todo eficaz; esta diferencia, se debe a que las escamas poseen una matriz estructural distinta, con diferente composición mineral y proteica, lo que exige ajustes en las condiciones de extracción, por esta razón, se propone estandarizar una metodología específica para obtener quitosano a partir de escamas de pescado, un residuo de 9,25 millones de toneladas a nivel mundial, en donde solo se aprovecha un 10% (Coppola et al., 2021).

*Figura 1 – Diagrama de la estructura de la quitina y su desacetilación a quitosano*



Fuente: Autoría propia (2025).

Su valorización mediante la obtención de quitosano contribuiría significativamente a la sostenibilidad de la industria pesquera, fomentando la economía circular, diversificando las fuentes de quitina y reduciendo la presión sobre los ecosistemas marinos dominados por crustáceos (FAO, 2023), este valor agregado además de otorgar un beneficio a las comunidades pesqueras, la contaminación por medio de un residuo con alta carga orgánica que al no ser tratado provoca una alta toxicidad y contaminación que a su vez puede causar eutrofización, contaminación de suelos, producción de metano y ácido sulfúrico por su descomposición en rellenos sanitarios o botaderos (Iñiguez-Moreno et al., 2024).

Los métodos convencionales de la obtención de quitosano comprenden tres etapas principales: desmineralización, desproteinización y desacetilación. Para aplicar estos procesos, es necesario pulverizar previamente las escamas, lo cual resulta complejo debido a su alta



dureza y flexibilidad. Esto limita el rendimiento del material en polvo frente al obtenido por molienda (Cruz Jiménez, 2021). Por tanto, se realizaron ensayos comparativos utilizando escamas en polvo y escamas tostadas completas, con el fin de identificar las modificaciones necesarias en el protocolo de extracción (Fuentes Carrillo, 2021).

Dado que la extracción a partir de escamas de pescado aún presenta retos técnicos, este estudio se centra en comparar diferentes metodologías reportadas en la literatura y proponer diferentes protocolos optimizados que permitan maximizar el rendimiento y la pureza del quitosano, minimizando el uso de reactivos y tiempos de proceso.

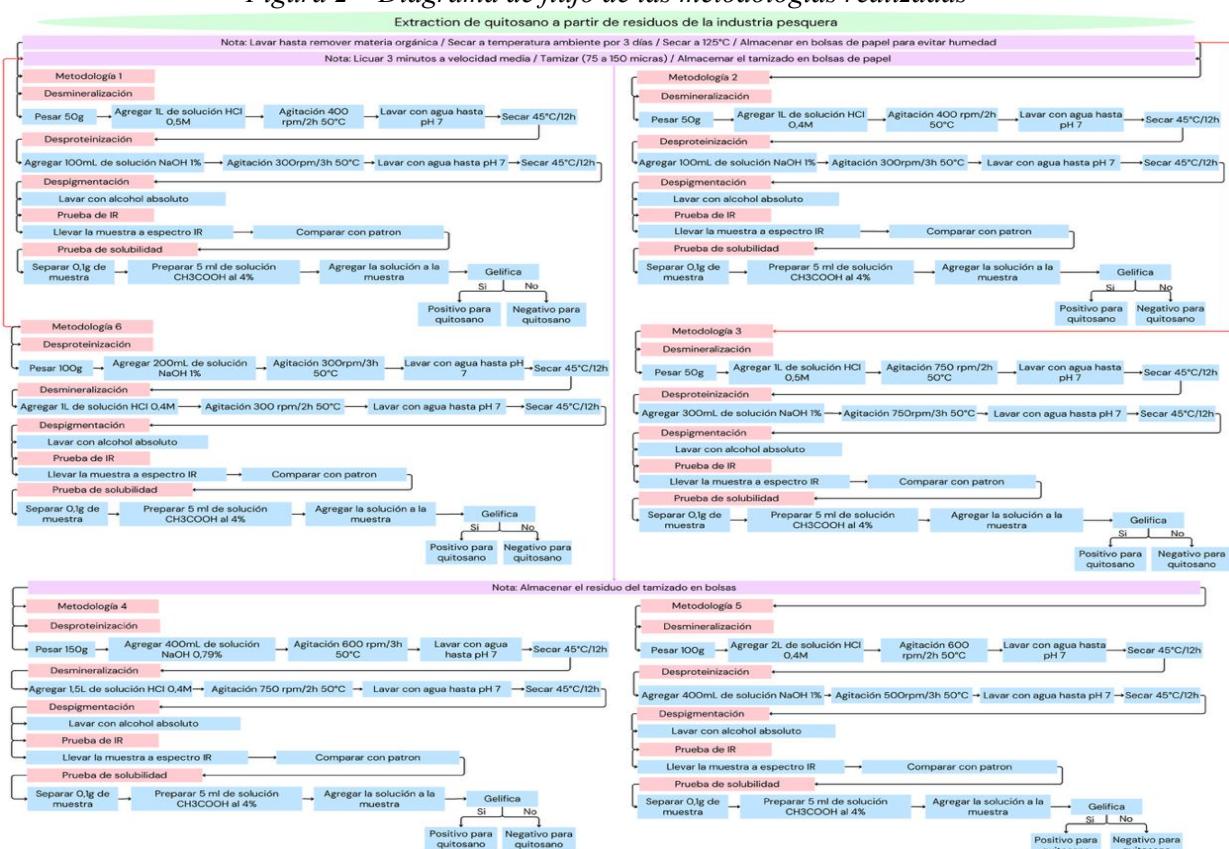
## OBJETIVO

Estandarizar un protocolo eficiente y viable para la extracción de quitosano a partir de escamas de pescado, optimizando los parámetros de rendimiento, pureza y consumo de reactivos.

## METODOLOGÍA

A continuación, se presenta el diagrama de flujo de las metodologías realizadas.

Figura 2 – Diagrama de flujo de las metodologías realizadas



Fuente: Autoría propia (2025). [Link de visualización](#)



## RESULTADOS

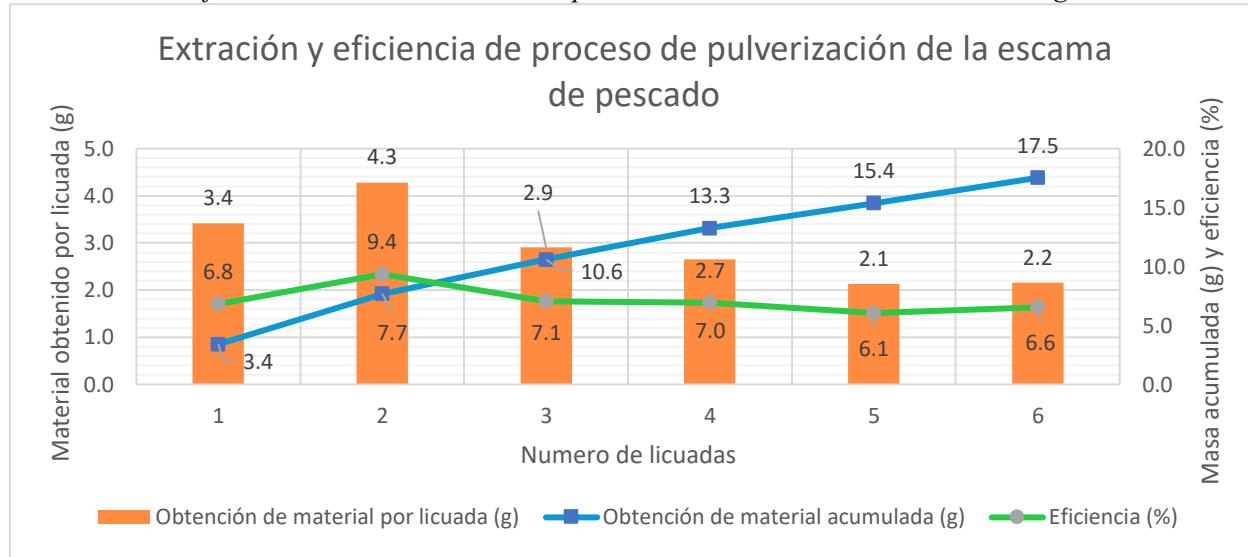
La Tabla 1 presenta la eficiencia de la molienda de la escama tostada para la obtención del material con características de tamiz talco. La grafica 1 presenta la eficiencia del pulverizado, obtenido de materia por proceso y el acumulado de la materia recuperada.

Tabla 1 – Obtención de material pulverizado de una muestra inicial de 50g

Moliendas	Peso de la muestra inicial (g)	Eficiencia	Materia acumulada (g)	Material pulverizado (g)
1	50,0016	6,83%	3,4146	3,4146
2	45,7177	9,35%	7,6906	4,276
3	41,2135	7,05%	10,5971	2,9065
4	38,1214	6,96%	13,251	2,6539
5	35,0994	6,06%	15,3781	2,1271
6	30,4429	6,56%	17,5295	2,1514

Fuente: Autoría propia (2025).

Grafica 1 – Obtención de material pulverizado de una muestra inicial de 50g



Fuente: Autoría propia (2025).

Los resultados obtenidos a partir de las distintas metodologías aplicadas en la preparación de las escamas para la extracción de quitosano muestran que en todos los casos se logró obtener quitosano tal y como se presenta en la Tabla 2, aunque se evidenciaron diferencias en el porcentaje de rendimiento de extracción entre las muestras.

Tabla 2 – Resultados del procesamiento de quitosano por medio de los distintos procedimientos

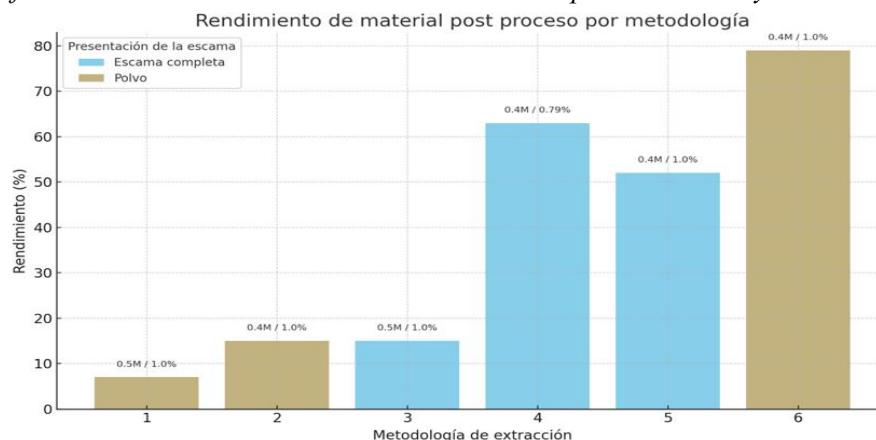
Metodología de extracción	Presentación de la escama	Concentración		Solución en cada etapa		Rendimiento de material post proceso	Positivo para quitosano
		Ácido (M)	Base %	Primera etapa	Segunda etapa		
1	Polvo	0,5	1%	Ácido	Base	7%	Si
2	Polvo	0,4	1%	Ácido	Base	15%	Si
3	Escama completa	0,5	1%	Ácido	Base	15%	Si



4	Escama completa	0,4	0,79%	Base	Ácido	63%	Si
5	Escama completa	0,4	1%	Ácido	Base	52%	Si
6	Polvo	0,4	1%	Base	Ácido	79%	Si

Fuente: Autoría propia (2025).

Grafica 2 – Rendimiento de extracción en distintas presentaciones y metodologías



Fuente: Autoría propia (2025).

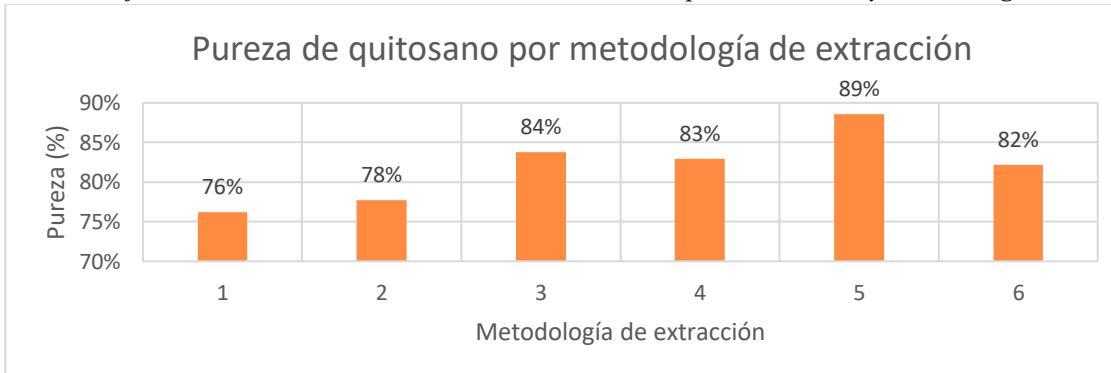
Con la prueba de rendimiento obtenido de cada metodología se obtuvieron valores que oscilan entre el 76% - 89% Tabla 3. La Grafica 3 presenta el rendimiento por metodología.

Tabla 3 – Rendimiento de quitosano de la prueba de solubilidad en ácido acético al 4%

Metodología de extracción	Ácido acético al 4% (ml)	Peso de la muestra (g)	Peso caja Petri (g)	Peso después del acético (g)	Peso de quitosano (g)	Rendimiento
1	5	0,1	41,6078	41,6840	0,0762	76%
2	5	0,1	45,7311	45,8088	0,0777	78%
3	5	0,1	43,4759	43,5597	0,0838	84%
4	5	0,1	43,4529	43,5359	0,0830	83%
5	5	0,1	41,8173	41,9059	0,0886	89%
6	5	0,1	49,8781	49,9603	0,0822	82%

Fuente: Autoría propia (2025).

Grafica 3 – Rendimiento de extracción en distintas presentaciones y metodologías

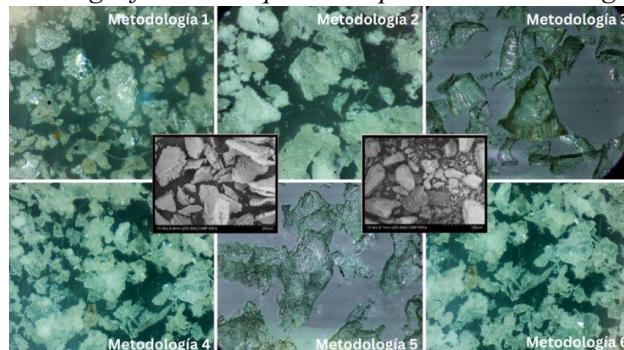


Fuente: Autoría propia (2025).



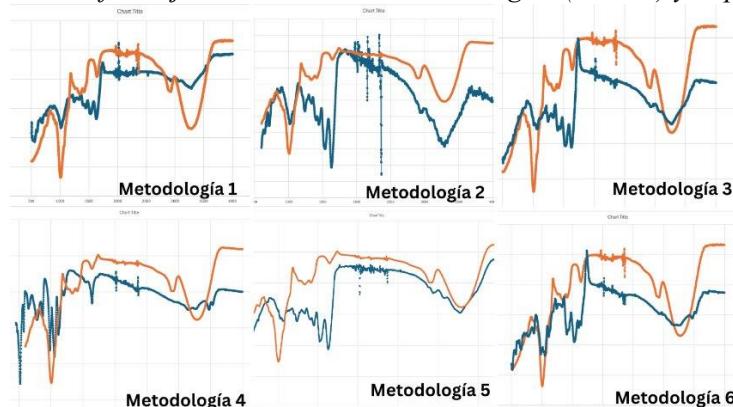
A continuación, se presenta la estructura del gel formado mediante cada una de las metodologías evaluadas con respectos a imágenes reportadas (Kumari et al., 2017) al igual que los espectros infrarrojos.

Figura 3 – Estructura gelificada del quitosano por cada metodología de extracción



Fuente: Autoría propia (2025).

Figura 4 – Espectros infrarrojos de las distintas metodologías (en azul) y el patrón (naranja)



Fuente: Autoría propia (2025).

## CONCLUSIONES

En la Grafica 1, se observa que el tratamiento de las escamas de pescado para obtener un material pulverizado no resulta ser un proceso eficiente, tanto en términos de obtención como en el rendimiento de producción de quitosano; en comparación con el aprovechamiento directo de los residuos generados durante este proceso; esto posiblemente se debe a que la escama de pescado al romper su estructura, se vuelve más reactiva, lo que facilita una mejor interacción con los reactivos, especialmente en comparación con las presentaciones de escama completa tostada o pulverizada lo cual se presenta en la Grafica 2.

La Figura 4 muestra que todos los compuestos obtenidos de las diferentes metodologías aplicadas dieron positivo para la prueba de ácido acético al 4% logrando gelificación. Sin embargo, en las metodologías 1, 2 y 4, el gel presenta una apariencia compacta y aglomerada, mientras que en las metodologías 3, 5 y 6, el quitosano gelificado se observa de forma individual y dispersa, lo que facilita una mejor visualización de su estructura. Adicionalmente, se puede comprobar que la estructura gelificada y su espectro infrarrojo es quitosano; al comparar los



resultados con la morfología de las estructuras cristalinas reportadas en literatura (Kumari et al., 2017).

En la metodología 4 se obtiene mayor rendimiento de producción de quitosano con un 63% y una pureza de 83% de procedimiento; utilizando una mayor escala donde la prioridad no sea la pureza se obtiene un rendimiento final del 52%. La metodología 5 establece una mayor pureza por muestra donde se obtuvo un 89% con un rendimiento de producción del 52% y un rendimiento final de 46%, esta metodología permite que se obtenga mayor pureza con menor producción por lo cual se puede implementar en los casos donde la pureza sea más importante que el nivel de producción.

## REFERENCIAS

- COPPOLA, D.; LAURITANO, C.; PALMA ESPOSITO, F.; RICCIO, G.; RIZZO, C.; DE PASCALE, D. *Fish waste: From problem to valuable resource*. *Marine Drugs*, v. 19, n. 2, p. 116, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/md19020116>. Acesso em: 1 maio 2025.
- CRUZ JIMENEZ, K. I. *Obtención de quitosano por medio de escamas de pescado para tratamiento de agua potable*. 2021. Trabajo de grado. [Lugar de publicación no indicado].
- FAO. *The State of World Fisheries and Aquaculture 2024*. Roma: FAO, 2024.
- FUENTES CARRILLO, A. C. *Propuesta para el aprovechamiento de escamas de pescado aplicado a la producción de papel de quitosano por el método de desacetilación de quitina en medio alcalino*. 2021. Trabajo de grado. [Lugar de publicación no indicado].
- ÍÑIGUEZ-MORENO, M ; SANTIESTEBAÑ-RAMERO, B; MELHOR-MARTÍNEZ, E.M; PARRA-SALDÍVAR, R; GONZÁLEZ- GONZÁLEZ, R. B. *Valorization of fishery industry waste: Chitosan extraction and its application in the industry*. *MethodsX*, v. 13, p. 102892, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.mex.2024.102892>. Acesso em: 1 maio 2025.
- KUMARI, S.; KUMAR ANNAMAREDDY, S. H.; ABANTI, S.; KUMAR RATH, P. *Physicochemical properties and characterization of chitosan synthesized from fish scales, crab and shrimp shells*. *International Journal of Biological Macromolecules*, v. 104, pt. B, p. 1697–1705, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.04.119>. Acesso em: 1 maio 2025.
- RINAUDO, M. Chitin and chitosan: Properties and applications. *Progress in Polymer Science*, v. 31, n. 7, p. 603–632, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2006.06.001>. Acesso em: 1 maio 2025.



## ESTUDO COMPARADO SOBRE O PAPEL DA COMPOSTAGEM NA POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS E NAS DIRETIVAS EUROPEIAS

*Pedro Silva Daltro Moura<sup>1</sup>, Marco Aurélio Soares de Castro<sup>2\*</sup>*

<sup>1</sup> Faculdade de Tecnologia (FT/Unicamp);

<sup>2</sup> Faculdade de Tecnologia (FT/Unicamp);

\*Autor correspondente: marcocastro@ft.unicamp.br

### INTRODUÇÃO

Em todo o mundo, a Fração Orgânica dos Resíduos Sólidos Urbanos (FORSU) é a fração predominante nos RSU, representando em média mais de 50% dos resíduos gerados nas cidades (UNEP, 2024). No Brasil, a matéria orgânica representa 45,3% dos RSU (Abrelpe, 2020). A significativa presença da FORSU enseja sua revalorização mediante estratégias como a compostagem, que se destaca pela relativa simplicidade de operação, podendo ser realizada em composteiras descentralizadas comunitárias ou domiciliares a grandes pátios de compostagem centralizada. Com efeito, a utilização de sistemas de compostagem centralizados e descentralizados vem ganhando força na União Europeia (ISPRA, 2022). No Brasil, registram-se ainda índices insignificantes de valorização da FORSU via compostagem.

### OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi identificar o papel da compostagem na Lei Federal brasileira nº. 12.035/2010 (Política Nacional de Resíduos Sólidos) e na Diretiva Europeia nº. 2018/851 da União Europeia, buscando determinar o impacto normativo na adoção da compostagem como estratégia de valorização de resíduos orgânicos.

### METODOLOGIA

O presente estudo se baseou em uma comparação entre a Lei Federal nº. 12.035/2010 (Política Nacional de Resíduos Sólidos) e as Diretivas europeias que atualmente regulamentam a gestão de resíduos sólidos. Foram também analisados relatórios, bases de dados e outros documentos legais e relatórios sobre os contextos europeu e brasileiro.



## RESULTADOS

### *Compostagem: tipos e escalas*

Sistemas centralizados de compostagem são baseados em Usinas de Triagem e Compostagem (UTC), onde equipamentos e funcionários separam os resíduos, encaminhando a FORSU para o pátio de compostagem e os rejeitos para aterro sanitário; têm capacidade para tratar os RSU de um ou mais municípios (Siqueira e Assad, 2015). Por outro lado, os altos custos de manuseio e transporte e a complexidade de operação podem ser proibitivos (Bruni *et al.*, 2020). Já os sistemas descentralizados implicam custos de transporte, manutenção e operação relativamente baixos; necessitam de mão de obra mais intensiva, porém podem gerar composto de alta qualidade (Bruni *et al.*, 2020).

Os sistemas descentralizados incluem a compostagem comunitária e a domiciliar. A primeira é realizada em pontos como jardins e praças, onde instalações processam resíduos de moradores de uma mesma comunidade (Adhikari *et al.*, 2010). A compostagem domiciliar é realizada em casas ou apartamentos, recebendo os resíduos gerados apenas na moradia.

### *Geração e gestão da FORSU na União Europeia*

Em 2023, a União Europeia gerou uma média de 511 kg *per capita* de RSU (Eurostat, 2025), o que corresponde a um total de quase 229 milhões de toneladas. Dados disponíveis desde 1995 dividem as estratégias de destinação em: aterro, incineração, reciclagem, compostagem e outros. O Quadro 1 apresenta a evolução nas quantidades destinadas a cada estratégia, considerando-se os anos de entrada em vigor das Diretivas relativas a resíduos (mençãoadas na seção a seguir), bem como os dados mais recentes, relativos a 2023:

*Quadro 1 – Destinação dos RSU na União Europeia, em milhões de t*

	1995	1999	2008	2018	2023	Variação no período (%)
Aterro sanitário	121	113	83	56	51	-58
Incineração	30	34	51	58	58	96
Reciclagem	23	37	53	66	66	185
Compostagem	14	19	30	38	44	213
Outros	10	12	10	6	10	-1

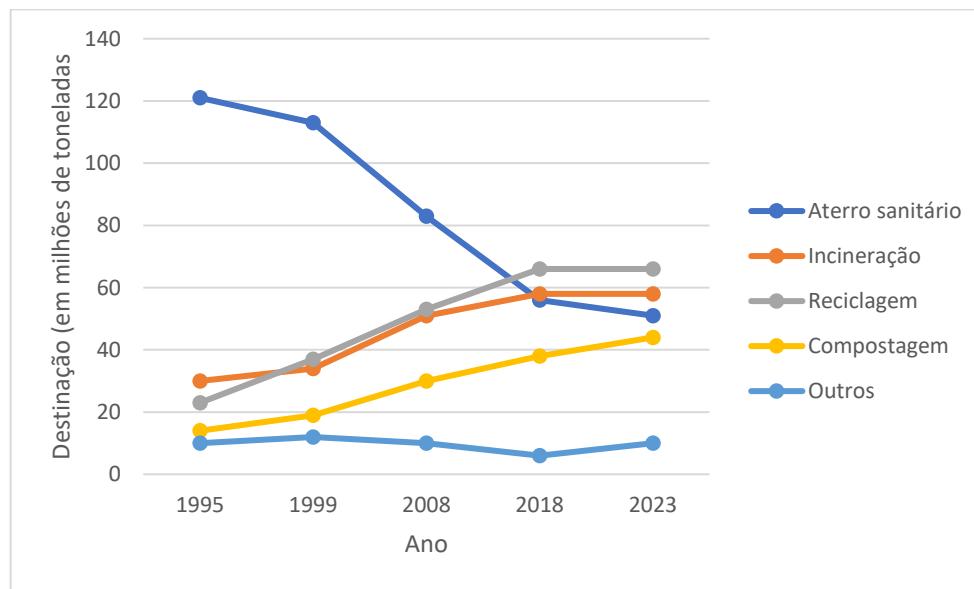
Fonte: Eurostat (2025), adapt.

Nota-se que a compostagem foi a estratégia com maior crescimento na participação, superando inclusive a reciclagem. Convertendo-se os dados em gráfico como na Figura 1 a seguir, observa-se que o ano de 1999 assinalou o início de um período de queda acentuada na



destinação para aterro sanitário em relação ao período anterior, enquanto que as demais estratégias aumentaram sua participação. Ao contrário da incineração e da reciclagem, praticamente estabilizadas entre 2018 e 2023, a compostagem apresenta crescimento constante desde 1999.

Figura 1 – Estratégias de destinação de RSU na União Europeia



Fonte: Os autores (2025).

Em média, 19% do total coletado na União Europeia foi enviado para compostagem ou digestão anaeróbica em 2022; as maiores taxas de envio foram nos Países Baixos (29%) e na Itália (26%) (ISPRA, 2024). Ao todo, somadas as taxas de reciclagem e compostagem, 48% dos RSU gerados no bloco foram recuperados (Eurostat, 2025).

### União Europeia: contexto normativo

A Diretiva 2008/98 constitui o marco legal para a região, tendo sido atualizada pela Diretiva 2018/51 (União Europeia, 2008; 2018). Além desta, a Diretiva 1999/31 traz metas de redução na quantidade de resíduos biodegradáveis enviados para aterros: com relação ao ano-base 1995, os países do bloco deveriam enviar no máximo 75% da quantidade gerada em 2006; esse percentual deveria cair para 50% em 2009, 35% em 2016 e 10% até 2035 (União Europeia, 1999; Eurostat, 2025). Por sua vez, a Diretiva 2018/851 declara que a gestão de resíduos deve ser convertida em ‘*gestão sustentável de materiais*’ e nesse sentido estabeleceu que os Estados-membros devem incentivar a compostagem e biodigestão dos biorresíduos, incentivar a compostagem domiciliar e promover a utilização de materiais derivados desses resíduos (União Europeia, 2018). Desde 1º de janeiro de 2024, os Estados-membros devem assegurar que os



resíduos biodegradáveis sejam separados e aproveitados na origem, ou destinados à coleta seletiva separados dos demais resíduos (União Europeia, 2018).

### ***Geração e gestão da FORSU no Brasil***

Em 2022, 2% dos RSU no Brasil coletados foram recuperados via reciclagem e compostagem. Estes valores estão abaixo da média da América Latina, visto que Colômbia e Peru têm taxas próximas a 15% e México e Chile, em torno de 10% (BRASIL, 2025).

Inexistem dados oficiais robustos quanto à utilização da compostagem para tratamento da FORSU no Brasil. A ABREMA (2024) indica que 300.000 toneladas de RSU (0,4% dos resíduos gerados) foram encaminhados para unidades de compostagem em 2023. Já segundo o SINISA, as 118 unidades de compostagem identificadas no Brasil processaram cerca de 159 mil toneladas das mais de 86 milhões de toneladas de resíduos recebidos (0,18% do total) (SINISA, 2024). Também não há dados oficiais sobre a compostagem domiciliar no país, apenas registros de iniciativas municipais (BRASIL, 2025).

### ***Brasil: contexto normativo***

A Lei Federal nº 12.305/10 traz os princípios e objetivos da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), e prevê a implantação de instrumentos, inclusive de natureza econômica como incentivos fiscais, financeiros e creditícios, para o atingimento dos objetivos da PNRS (Brasil, 2010). A lei prevê a compostagem como mecanismo de destinação final ambientalmente adequada (Brasil, 2010), porém foi apenas em 2022 que o Decreto nº. 10.936/22, que regulamentou a PNRS, determinou que a coleta seletiva deve compreender “*no mínimo, a separação de resíduos secos e orgânicos, de forma segregada dos rejeitos*” (Brasil, 2022). No contexto brasileiro, o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PLANARES) traz metas relativas à FORSU, relacionadas ao aumento na taxa de valorização e à redução na quantidade de resíduos destinados a aterros. Porém, os incentivos previstos no texto estão totalmente voltados a estratégias centralizadas de compostagem (Castro, Lafratta e Moura, 2023).

Iniciativas ainda em desenvolvimento, como o Plano Nacional de Redução e Reciclagem de Resíduos Orgânicos Urbanos (PLANARO) visam modificar este cenário. O PLANARO visa evitar o desperdício de alimentos e promover a ‘reciclagem e compostagem urbana’ de resíduos orgânicos; entre as metas do plano estão: universalizar os sistemas de valorização de resíduos de poda e jardinagem; incentivar a implantação de unidades descentralizadas de compostagem; e expandir a coleta seletiva de resíduos orgânicos urbanos, principalmente domiciliares (Brasil, 2025).



## CONCLUSÕES

A existência de um quadro regulatório para a gestão da FORSU consiste de fato um estímulo à adoção de estratégias mais desejáveis que a disposição em aterro. As Diretivas europeias incentivam a compostagem de forma direta, mediante incentivos, e de forma indireta, ao estabelecer metas progressivas de redução na quantidade de resíduos enviados para aterro.

Os desafios para a expansão da compostagem no Brasil passam pela adção de metas como as propostas no PLANARO, bem como sua efetiva integração ao PLANARES, suportada pela adoção de incentivos já previstos na PNRS. Prevê-se que a inclusão da FORSU na coleta seletiva demandará a criação de uma estrutura especializada que a maioria dos municípios ainda não possui, dado o pequeno número de instalações identificadas no relatório do SINISA.

## AGRADECIMENTOS

Ao PPGT (Programa de Pós-Graduação em Tecnologia) da FT/Unicamp e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) - Código de Financiamento 001.

## REFERÊNCIAS

ABRELPE - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. São Paulo: Abrelpe, 52 p. 2020.

ABREMA - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RESÍDUOS E MEIO AMBIENTE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. São Paulo: Abrema, 84 p. 2024.

ADHIKARI, B.K.; TREMIER, A.; MARTINEZ, J.; BARRINGTON, S. Home and community composting for on-site treatment of urban organic waste: perspective for Europe and Canada. **Waste Management & Research**, n. 28, p. 1039-1053, 2010.

BRASIL. **Lei nº 12305, 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. p. 3-7. 2010.

BRASIL. **Decreto nº 10.936, de 12 de janeiro de 2022**. Regulamenta a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 12 jan., p. 2-6. 2022.

BRASIL. Plano Nacional de Redução e Reciclagem de Resíduos Orgânicos Urbanos (PLANARO). Disponível em: <https://www.gov.br/participamaisbrasil/consulta-plano-nacional-de-residuos-organicos-urbanos>. Acesso em: 20 fev. 2025.



BRUNI, C.; AKYOL, Ç.; CIPOLLETTA, G.; EUSEBI, A.L.; CANIANI, D.; MASİ, S.; COLÓN, J.; FATONE, F. Decentralized Community Composting: Past, Present and Future Aspects of Italy. *Sustainability*, v. 12, 3319. 2020.

CASTRO, M. A. S.; LAFRATTA, J. M.; MOURA, P. S. D. Context and prospects for decentralized composting of Municipal Solid Waste in Brazil. *Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades*, v. 11, p. 243-257. 2023.

EUROSTAT. Municipal waste statistics. 2025. Disponível em:  
[https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Municipal\\_waste\\_statistics](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Municipal_waste_statistics). Acesso em: 21 abr. 2025.

ISPRA - ISTITUTO SUPERIORE PER LA PROTEZIONE E LA RICERCA AMBIENTALE. **Rapporto Rifiuti Urbani Edizione 2024**. Disponível em:  
[https://www.isprambiente.gov.it/files2024/pubblicazioni/rapporti/rapportorifiutiurbani\\_ed-2024\\_n406\\_versione\\_integrale.pdf](https://www.isprambiente.gov.it/files2024/pubblicazioni/rapporti/rapportorifiutiurbani_ed-2024_n406_versione_integrale.pdf). Acesso em: 20 fev. 2025.

SINISA - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES EM SANEAMENTO BÁSICO. **Relatório dos Serviços de Limpeza Urbana e Manejo de Resíduos Sólidos SINISA 2024** - ano de referência 2023. Disponível em: [https://www.gov.br/cidades/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/sinisa/resultados-sinisa/RELATORIO\\_SINISA\\_RESIDUOS\\_SOLIDOS\\_2024\\_v2.pdf](https://www.gov.br/cidades/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/sinisa/resultados-sinisa/RELATORIO_SINISA_RESIDUOS_SOLIDOS_2024_v2.pdf). Acesso em: 06 mai. 2025.

SIQUEIRA, T. M. O.; ASSAD, M. L. R. C. L. Compostagem de resíduos sólidos urbanos no estado de São Paulo (Brasil). *Ambiente & Sociedade*, v. 18, n. 4, p. 243–264, 2015.

UNEP - UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **Global Waste Management Outlook 2024: Beyond an age of waste – Turning rubbish into a resource**. Nairobi. 2024.

UNIÃO EUROPEIA. **Diretiva 1999/31/CE do Conselho, 26 de abril de 1999**. Relativa à deposição de resíduos em aterros. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/HTML/?uri=CELEX:31999L0031>. Acesso em: 29 mar. 2025

UNIÃO EUROPEIA. **Diretiva 2008/98/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, 19 de novembro de 2008**. Relativa aos resíduos e que revoga certas diretrizes. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/HTML/?uri=CELEX:32008L0098>. Acesso em: 19 mar. 2025.

UNIÃO EUROPEIA. **Diretiva (UE) 2018/851 do Parlamento Europeu e do Conselho, 30 de maio de 2018**. Altera a Diretiva 2008/98/CE relativa aos resíduos. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/HTML/?uri=CELEX:32018L0851>. Acesso em: 19 mar. 2025.

## GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS E PLANEJAMENTO CLIMÁTICO BRASILEIRO: OPORTUNIDADES E DESAFIOS

*Cristine Diniz Santiago<sup>1</sup>\*, Erica Pugliesi<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada / Universidade Federal de São Carlos;

<sup>2</sup> Universidade Federal de São Carlos

\*Autor correspondente: [cristine.dis@gmail.com](mailto:cristine.dis@gmail.com)

### INTRODUÇÃO

A gestão de resíduos sólidos pode ser considerada um tema-chave no combate à crise climática, uma vez que as emissões de gases de efeito estufa (GEE) relacionadas às etapas de tratamento e disposição final de resíduos sólidos e rejeitos – notadamente a disposição inadequada em lixões – representam por volta de 5% das emissões globais desses gases (KAZA et al., 2018). No Brasil, o setor ‘resíduos’ constitui a 4<sup>a</sup> maior fonte emissora de GEE (SEEG, 2023), reiterando sua relevância no cenário climático.

Nesse contexto, o ano de 2024 foi apontado como o mais quente registrado até hoje, com uma temperatura média global 1,55 °C acima da média pré-industrial (WMO, 2025). Este fato indica que os esforços que têm sido realizados no sentido de cumprir o Acordo de Paris (2015), sobretudo considerando o compromisso de “envidar esforços para limitar o aumento a 1,5 °C” (MCTIC, 2015, p. 3), tem se revelado aquém do necessário.

Dessa forma, enfrenta-se atualmente uma **crise climática**, termo que tem sido empregado para abordar o contexto de aceleração e intensificação das mudanças climáticas, que leva a problemáticas em outros campos para além dos desastres ‘naturais’ como por exemplo a elevação do nível do mar, a perda de biodiversidade, assim como questões relacionadas aos sistemas humanos, como a insegurança alimentar e hídrica, questões na ordem econômica e conflitos (UNDP, 2023).

No campo da gestão de resíduos sólidos, o marco legal do setor é a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei 12.305/2010, que traz os pilares para o enfrentamento do tema no país. Particularmente na relação com a questão climática, ressalta-se a ordem de prioridade a ser observada na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. Esta diretriz norteia uma estratégia sustentável nos campos de consumo



e produção, contribuindo para diminuir o impacto do setor no contexto de intensificação das mudanças climáticas.

No campo climático, a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), Lei 12.187/2009, apresenta uma estratégia nacional para enfrentar as mudanças climáticas. A PNMC, do mesmo modo que a PNRS, tem o planejamento como um pilar da estratégia da política pública, sendo o Plano Nacional sobre Mudança do Clima, conhecido como Plano Clima, o primeiro instrumento da PNMC. Neste cenário, está em curso o processo de atualização do Plano Clima, visando ao horizonte de planejamento climático brasileiro para 2035.

## OBJETIVO

Considerando a urgência de atuar no campo da crise climática, bem como a relevância da gestão de resíduos para a intensificação da crise climática, o presente artigo tem por objetivo analisar a revisão atual do Plano Clima à luz da gestão de resíduos sólidos, compreendendo a incontornável articulação entre estas agendas.

## METODOLOGIA

Nesta pesquisa adotou-se uma metodologia qualitativa, baseada nas estratégias de pesquisa bibliográfica e documental. A pesquisa bibliográfica baseia-se em materiais previamente elaborados (GIL, 2002), neste caso fundamentalmente nos campos da mudança climática, da política climática e da gestão de resíduos sólidos.

A fim de subsidiar a análise, a estratégia da pesquisa documental tem por objeto materiais oficiais que ultrapassam o campo científico. Neste caso, os principais documentos de consulta foram aqueles relacionados ao Plano Clima.

## RESULTADOS

Como apontado na introdução, a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), Lei 12.187/2009, tem o Plano Nacional sobre Mudança do Clima, comumente referido como Plano Clima, como seu principal instrumento. Em 2023 iniciou-se o processo de elaboração de uma nova versão do documento, com estrutura inovadora, buscando refletir a intersetorialidade da pauta climática. O Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima (CIM), que reúne 23 ministérios, a Rede Clima e o Fórum Brasileiro de Mudança do Clima são os atores responsáveis pela condução deste processo.



Sendo um documento que tem como foco planejar o país para o enfrentamento das mudanças climáticas, o Plano Clima estrutura-se sob os eixos da (i) mitigação e (ii) adaptação, conforme definido pelo Decreto nº 9.578/2018, em seu Art. 3º, o “Plano Nacional sobre Mudança do Clima será integrado [...] pelos planos setoriais de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas” (BRASIL, 2018).

A mitigação e a adaptação constituem as principais estratégias de resposta às mudanças climáticas, sendo que as ações de mitigação reduzem ou contribuem para reduzir emissões de GEE (UNDRR, 2024), e.g. a conservação e recuperação de florestas e a captação do gás metano liberado em aterros sanitários, enquanto as ações de adaptação focam na proteção dos sistemas humanos – pessoas, assentamentos humanos e meios de subsistência – dos impactos adversos das mudanças climáticas (UNFCCC, 2024), tendo como exemplos as soluções baseadas na natureza, como a bioconstrução e os sistemas agroflorestais, que buscam aumentar a resiliência dos sistemas humanos.

A partir destes dois eixos, a nova versão do Plano Clima está sendo construída em duas grandes publicações, denominadas ‘estratégias’, ambas com o horizonte de 2035. Nesse sentido, o Plano Clima 2035 será formado pela “Estratégia Nacional de Mitigação” (ENM) e pela “Estratégia Nacional de Adaptação” (ENA). O presente artigo foca na análise da ENM.

É válido apontar que o processo de elaboração do Plano Clima tem buscado ampla participação, tendo recebido propostas e contribuições desde junho de 2024, através da plataforma Brasil Participativo. A participação social é fundamento da Constituição Federal de 1988, bem como da Política Federal de Saneamento Básico, Lei 11.445/2007 e da PNRS, indicando um alinhamento sob esta perspectiva. Até o momento (mai/2025), apenas a ENA recebeu contribuições, sendo que a Consulta sobre a Estratégia Nacional de Mitigação se encerrou neste mês e ainda não foi apresentada a versão pós contribuições.

Tendo em vista ampliar a intersetorialidade desta ferramenta de planejamento, o Plano Clima propôs, em sua estrutura, apresentar planos setoriais, que reúnem contribuições de distintas áreas para enfrentar o cenário crise climática no país. Nesse sentido, o eixo da mitigação abrange sete planos setoriais enquanto o da adaptação reúne 16 destes.

Adicionalmente, está prevista a apresentação de “Estratégias Transversais para a Ação Climática”, documento que tratará de temas relacionados à implementação do plano, como é o caso do financiamento, da governança e da capacitação (BRASIL, 2025).

Um dos Planos Setoriais de Mitigação será sobre “Resíduos”, o que dialoga diretamente com a relevância do setor para as emissões de GEE do país. Ainda que o desmatamento ou a ‘mudança de uso da terra e floresta’ seja o setor com maior impacto nessa geração em escala



nacional, o setor de resíduos é o quarto colocado (SEEG, 2023), demandando um olhar específico do planejamento climático.

As emissões relacionadas ao setor ‘resíduos’ – e, consequentemente, que podem ser foco de ações de mitigação – correspondem à disposição de resíduos sólidos, tanto em aterros sanitários que não captam gases quanto em lixões, locais inadequados para este fim. Atividades resultantes da queima, seja controlada ou não controlada, fazem parte da contabilidade das emissões. Adicionalmente, são incluídas as emissões oriundas de processos de tratamento biológico, como a compostagem e a digestão anaeróbia. Finalmente, incluem-se às emissões aquelas oriundas dos processos de tratamento de esgoto (BRASIL, 2025).

Sob esta perspectiva ressalta-se a relevância da PNRS, que institui em seu Art. 9º a ordem de prioridade para a gestão e gerenciamento de resíduos sólidos: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. Esta lógica, que deve orientar a gestão de resíduos sólidos, parte da premissa de não gerá-los, impactando diretamente na redução das emissões associadas.

Na consulta pública da Estratégia Nacional de Mitigação, especificamente no subitem “4. Objetivos Nacionais e Prioridades Setoriais de Mitigação”, é possível analisar as prioridades e principais instrumentos de política pública voltados à mitigação no setor de resíduos. Destaca-se o potencial do setor na redução das emissões de metano, notadamente a partir do tratamento de resíduos orgânicos e do reaproveitamento de gases gerados em aterros sanitários, sendo indicados como objetivos de curto e médio prazo.

No entanto, cabe apontar que o prazo inicialmente apontado para tais ações pode ser superestimado, já que estudos como o de Santiago et al. (2023) indicam que a implementação da PNRS não tem acompanhado os prazos inicialmente estabelecidos, de modo que a temática revela maior complexidade do que aventada a princípio. Tal atraso ou descompasso também pode se relacionar ao fato de que diversas questões polêmicas associadas ao tema não foram abordadas na PNRS, devido ao consenso demandado para aprovação da lei (Araújo, 2013). Nesse sentido, estas questões se revelam quanto desafios incontornáveis em seu processo de implementação.

No documento disponível para consulta pública, indica-se a relevância do setor de resíduos no campo do acesso a direitos básicos para a população, inclusive apontando como prioridade o fomento e qualificação da atuação de catadoras e catadores de materiais recicláveis. Trata-se de categoria priorizada na PNRS e responsáveis por 90% dos resíduos sólidos recicláveis recuperados no país (Silva et al., 2013), sendo que qualquer estratégia deve passar por estes atores centrais.



Para além das prioridades diretamente relacionadas à PNRS, cabe pontuar outras que se relacionam indiretamente e contribuem para a transversalização da gestão de resíduos sólidos, como é o caso do fomento ao uso de composto de resíduos orgânicos na agricultura urbana, bem como a promoção da economia circular (BRASIL, 2025).

Finalmente, cabe apontar que a ENM indica 15 instrumentos de política pública aplicáveis ao setor, constituindo políticas, planos e programas – alguns ainda em desenvolvimento – que podem contribuir para direcionar a implementação estratégica da PNRS, inclusive aproveitando o financiamento climático.

## CONCLUSÕES

O ano de 2025 terá grande relevância para a gestão ambiental brasileira, já que o Brasil sediará a COP 30 após um período de retrocessos nas políticas ambientais que desde 2023 tentam ser reconstruídas rumo a um país mais sustentável. Nesse sentido, a gestão de resíduos sólidos ocupa um relevante papel no planejamento climático, não apenas por ser o quarto maior setor em emissões de GEE no país, mas também pelo potencial transversal da atuação neste campo. A partir das diretrizes apresentadas pela PNRS, há efetivo potencial para redução de emissões e descarbonização da economia, já que a ordem de prioridade da gestão de resíduos visa não gerá-los.

A Estratégia Nacional de Mitigação do Plano Clima, ainda em período de elaboração e recebimento de contribuições, apresenta ampla articulação com a pauta de resíduos, o que pode contribuir para que o processo de implementação da PNRS ganhe força pelo país.

Desse modo, é necessário acompanhar as próximas etapas do processo do Plano Clima, a fim de verificar se as articulações serão mantidas e as propostas de ações refletirão o grande potencial que o setor de resíduos apresenta para a mitigação das emissões brasileiras e combate à crise climática.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. PARTICIPATIVO. Plano Clima. Disponível em:  
<https://brasilparticipativo.presidencia.gov.br/processes/planoclima>. Acesso em fev 2025.

BRASIL. DECRETO N° 9.578, DE 22 DE NOVEMBRO DE 2018. Consolida atos normativos editados pelo Poder Executivo federal que dispõem sobre o Fundo Nacional sobre Mudança do Clima [...]. D.O.U de 23/11/2018.



GIL, A. C. **Como classificar as pesquisas?** In: GIL, Antônio Carlos. *Como elaborar projetos de pesquisa.* 4<sup>a</sup> edição. São Paulo: Atlas, 2002, p. 41-58.

Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC). **Acordo de Paris.** 2015. Disponível em: [https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/acordo-de-paris-e-ndc/arquivos/pdf/acordo\\_paris.pdf](https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/acordo-de-paris-e-ndc/arquivos/pdf/acordo_paris.pdf).

UNDP (United Nations Development Programme). **The Climate Dictionary.** Climate Crisis. February 2, 2023. Disponível em: <https://climatepromise.undp.org/news-and-stories/climate-dictionary-everyday-guide-climate-change>.

UNDRR (United Nations Office for Disaster Risk Reduction). Sendai Framework Terminology on Disaster Risk Reduction. **Mitigation.** Disponível em: <https://www.undrr.org/terminology/mitigation?quickUrl=true>. Acesso em fev 2025.

UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change). **Adaptation and resilience.** Disponível em: <https://unfccc.int/topics/adaptation-and-resilience/the-big-picture/introduction>. Acesso em fev 2025.

World Meteorological Organization (WMO). **WMO confirms 2024 as warmest year on record at about 1.55°C above pre-industrial level.** Disponível em: <https://wmo.int/news/media-centre/wmo-confirms-2024-warmest-year-record-about-155degc-above-pre-industrial-level>. Acesso em 14 fev 2025.

Kaza, Silpa; Yao, Lisa C.; Bhada-Tata, Perinaz; Van Woerden, Frank. 2018. What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. Urban Development; World Bank. 2018. <http://hdl.handle.net/10986/30317>

SEEG (Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa). Série Histórica das Emissões Totais por Setor de emissão. 2023. Disponível em: <https://plataforma.seeg.eco.br/>. Acesso em 30 mai 2025.

Santiago, C. D., Marotti, A. C. B., Pugliesi, E., & Gonçalves, J. C. (2023). Política Nacional de Resíduos Sólidos: perspectivas após um decênio de sua promulgação. *Desenvolvimento E Meio Ambiente*, 62. <https://doi.org/10.5380/dma.v62i0.81833>.

ARAÚJO, S. M. V. G. Política Ambiental no Brasil no Período 1992-2012: Um Estudo Comparado das Agendas Verde e Marrom. Tese (doutorado) – Universidade de Brasília, Instituto de Ciência Política, 2013. Brasília, 2013. 458 p.

SILVA, S. P.; GOES, F. L.; ALVAREZ, A. R. Situação Social das Catadoras e dos Catadores de Material Reciclável e Reutilizável. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), 2013. Brasília, 68p.



## INFLUÊNCIA TEMPORAL E SOCIOECONÔMICA NA GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES EM TRÊS PONTAS, MG

*Pedro Henrique Mesquita Silvério<sup>1</sup>\*, Rafael de Oliveira Tiezzi<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL);

<sup>2</sup> Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR);

\*Autor correspondente: [pedro.silverio@sou.unifal-mg.edu.br](mailto:pedro.silverio@sou.unifal-mg.edu.br)

### INTRODUÇÃO

A gestão de resíduos sólidos urbanos (RSU) apresenta-se como um desafio global crescente, intensificado pela urbanização e alterações nos padrões de consumo (Khan; Kumar; Samadder, 2016), o que exige investigações aprofundadas sobre taxas de geração e composição dos RSU (Letcher; Vallero, 2019). Globalmente, a produção de RSU tem aumentado, com projeções de 3,4 bilhões de toneladas anuais entre 2030 e 2050 (Kaza et al., 2018), sendo que nações mais desenvolvidas tendem a gerar maiores volumes (Hoornweg; Bhada-Tata, 2012; Kaza et al., 2018). No Brasil, a complexidade é acentuada por defasagens em políticas públicas e infraestrutura (Buenrostro; Bocco; Vence, 2001; Magalhães; Danilevitz; Saurin, 2017; ABRELPE, 2020, 2021; Adeniyi, 2023). A caracterização dos RSU é, portanto, crucial para o planejamento de políticas eficientes (Adipah; Kwame, 2018), sendo uma exigência da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) para a elaboração dos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) (Brasil, 2012), os quais ainda são ausentes em muitos municípios, como Três Pontas, Minas Gerais (Silvério, 2024).

A ausência de um PMGIRS e de estudos detalhados sobre a geração dos RSU em Três Pontas dificulta a implementação de uma gestão de resíduos eficiente. A literatura ressalta a importância da caracterização física dos RSU (FEAM, 2019) e da estratificação socioeconômica das amostras para compreender os padrões de descarte, visto que características como renda e escolaridade podem influenciar a geração e composição dos RSU (Weldeyohanis; Aneseyee; Sodango, 2022). Partindo da hipótese de que a variabilidade temporal ao longo do mês, incluindo ciclos de pagamento e rotinas semanais, impacta a quantidade e as características dos RSU, este estudo visa preencher uma lacuna de conhecimento no município. A escolha do mês de agosto para a coleta, devido à ausência de feriados ou eventos atípicos, permitirá uma análise focada nas variações intrínsecas ao ciclo mensal.



Diante do exposto, o objetivo geral deste trabalho é avaliar a influência de distintos períodos do mês na massa e composição gravimétrica dos RSU em Três Pontas, MG. Para alcançar este propósito, buscar-se-á: quantificar a massa total de RSU coletada em períodos distintos ao longo do mês (e.g., semanas, quinzenas, proximidade de datas de pagamento); comparar as médias de geração de RSU (em massa) entre os diferentes períodos do mês investigados; e analisar a existência de correlações estatisticamente significativas entre marcadores temporais específicos (e.g., dias úteis vs. fins de semana, períodos pré e pós-recebimento de salários) e as variações observadas na massa dos RSU.

## OBJETIVO

Analizar a influência de diferentes períodos do mês na massa dos RSU gerados no município de Três Pontas, Minas Gerais.

## METODOLOGIA

Este estudo quantitativo, descritivo e analítico, caracterizou a massa e composição dos RSU e o perfil socioeconômico das áreas de coleta em Três Pontas, MG (população de 55.259 habitantes; 19.288 domicílios ocupados (IBGE, 2022)), investigando correlações entre períodos do mês e características dos RSU e comparando-as entre estratos socioeconômicos. A pesquisa de campo, com coleta de dados primários, ocorreu em agosto de 2022, mês escolhido pela ausência de feriados ou eventos atípicos. A população do estudo foram os domicílios particulares permanentes urbanos, estratificados socioeconomicamente pelo Índice de Desenvolvimento Social Intraurbano de Silvério (2024), utilizando dados do Censo de 2010. Adotou-se amostragem aleatória estratificada, com unidades amostrais ( $n=148$  pontos de coleta) definidas por conjuntos de domicílios agrupados, e tamanho amostral determinado pelo método de Sakurai (1986), considerando a geração per capita média de RSU de 0,84 kg/hab./dia e desvio padrão de 0,44 kg/hab./dia.

As coletas de RSU ocorreram por 28 dias consecutivos (01/08/2022 a 28/08/2022), desconsiderando-se as amostras do primeiro dia útil de coleta de cada semana da análise comparativa diária para mitigar o efeito do acúmulo. Os RSU, acondicionados em sacos de 100L, foram pesados individualmente em campo (balança com precisão de 0,1 kg), totalizando 148 sacos (aprox. 14,8 m<sup>3</sup>). As categorias para classificação dos RSU foram estabelecidas considerando o potencial de reciclagem local e os processos de tratamento existentes, distinguindo-se materiais recicláveis e não recicláveis. O percentual de cada fração



foi calculado com base na sua massa, conforme recomendações da Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM). Os dados foram tabulados no Google Sheets para estatística descritiva e analisados no software Jamovi para estatística inferencial, utilizando testes como Shapiro-Wilk, MANOVA, ANOVA, post-hoc de Tukey, regressão e Pillai's Trace, com nível de significância de 5%.

## RESULTADOS

A população de Três Pontas foi socioeconomicamente estratificada utilizando o Índice de Desenvolvimento Social Intraurbano (Tabela 1). Essa estratificação em distintas classes socioeconômicas possibilitou a obtenção de dados representativos de cada estrato, os quais foram subsequentemente analisados por meio de testes estatísticos. O objetivo dessa análise foi investigar a geração, levando em consideração variáveis como a temporalidade e os critérios econômicos, estes últimos representados por dados adaptados do referido índice.

*Tabela 1 - Distribuição da População de Três Pontas, MG por Classe Socioeconômica e Índice de Desenvolvimento Social Intraurbano.*

<b>Classe socioeconômica</b>	<b>População (nominal)</b>	<b>População (%)</b>	<b>Índice de Desenvolvimento Social Intraurbano</b>
Classe Alta (1)	3.671	6,84%	1,5 a 2,90
Classe Média (2)	16.087	29,96%	0,0 a 1,5
Classe Baixa (3)	33.942	63,21%	-1,6 a 0,0

Fonte: Adaptado de Silvério (2024).

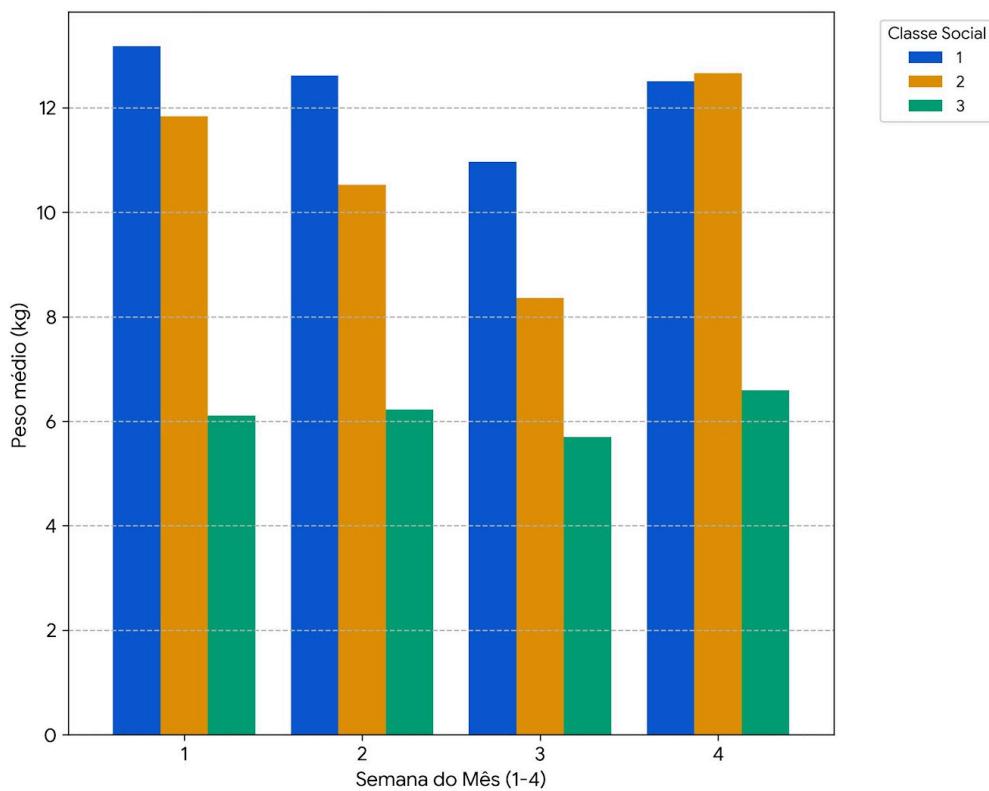
A análise do peso dos RSU coletados em agosto aponta para uma influência estatisticamente significante e preponderante da classe social dos geradores sobre o peso médio das amostras. Essa conclusão é fortemente sustentada pelo teste de Kruskal-Wallis ( $H(2) = 69,422$ ;  $p < 0,001$ ) e consistentemente confirmada pelo efeito principal da Classe social nas análises de variância de dois fatores (ANOVA Two-Way), tanto em sua avaliação conjunta com a Semana ( $F(2, 210) = 51,66$ ;  $p < 0,001$ ) quanto com o Dia da semana ( $F(2, 189) = 49,96$ ;  $p < 0,001$ ).

Os pesos médios de RSU gerados demonstraram uma clara distinção entre os estratos socioeconômicos. A Classe 1 (alta) apresentou de maneira consistente os maiores pesos médios semanais, com variação entre 10,96 kg e 13,17 kg por amostra. A Classe 2 (média) registrou pesos médios semanais entre 8,36 kg e 12,66 kg. Por fim, a Classe 3 (baixa) evidenciou os menores pesos, entre 5,70 kg e 6,59 kg.



Adicionalmente, a Semana do mês exibiu um efeito estatisticamente significativo no peso das amostras quando analisada no modelo Two-Way ANOVA em conjunto com a Classe social ( $F(4, 210) = 2,81; p = 0,026$ ). No entanto, a análise dos resíduos deste modelo específico indicou um desvio da normalidade (Shapiro-Wilk,  $p = 0,030$ ), o que requer cautela na interpretação deste resultado particular referente à influência da semana. Outros fatores, como o Dia da semana, e as interações entre Classe social e os períodos temporais (Semana ou Dia da semana), não apresentaram significância estatística nos testes aplicados. A Figura 1 ilustra representativamente a variação do peso médio das amostras de RSU por Classe social ao longo das Semanas do mês, destacando tanto a diferenciação entre os estratos sociais quanto a variabilidade semanal observada na geração de resíduos.

*Figura 1 – Peso médio (kg) das amostras por Semana e Classe (Agosto)*



Fonte: Os autores (2025).

## CONCLUSÕES

A análise da geração de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) em Três Pontas, durante o mês de agosto, revelou que a classe socioeconômica dos domicílios é um fator fundamental na determinação da quantidade de resíduos produzidos, com diferentes classes apresentando médias de volume de RSU distintas. A influência da semana do mês no peso dos resíduos tornou-se evidente quando considerada em conjunto com a classe socioeconômica, não sendo

um fator determinante isoladamente. Por outro lado, o dia da semana não apresentou impacto significativo na quantidade de resíduos coletados.

A ausência de interações relevantes entre a classe socioeconômica e os períodos temporais (semana do mês e dia da semana) sugere que o padrão de geração de resíduos de cada classe socioeconômica permaneceu constante ao longo do mês analisado. Esses resultados enfatizam a importância de levar em consideração o perfil socioeconômico da população no planejamento e otimização da gestão de RSU. Indicam também que, para o contexto estudado em Três Pontas durante o período em questão, as variações temporais dentro do mês podem ter um papel secundário na variação do volume total de resíduos, em comparação com as características dos próprios geradores. Recomenda-se que estudos futuros incluam a análise da composição gravimétrica dos resíduos, o que pode fornecer informações adicionais para aprimorar as estratégias de coleta seletiva, tratamento e destinação final dos RSU no município.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2020**. 18. ed. São Paulo: ABRELPE, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2021**. 19. ed. São Paulo: ABRELPE, 2021.

ADENIYI, L. Assessment of the effects of location of disposal-sites on waste disposal practices of Urban residents in Nigeria. **GeoJournal**, v. 88, n. 4, p. 3889-3903, Aug. 2023.

ADIPAH, S.; KWAME, O. N. A novel introduction of municipal solid waste management. **Journal of Environmental Science and Public Health**, v. 03, n. 02, 2018.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) - Lei nº 12.305/2010**. Brasília: MMA, 2012.

BUENROSTRO, O.; BOCCO, G.; VENCE, J. Forecasting generation of urban solid waste in developing countries: a case study in Mexico. **Journal of the Air & Waste Management Association**, v. 51, n. 1, p. 86-93, Jan. 2001.



**FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE (FEAM). Estudo Gravimétrico de Resíduos Sólidos Urbanos.** Belo Horizonte: FEAM, 2019. Disponível em: [http://www.feam.br/images/stories/2019/MINAS\\_SEM\\_LIXOES/Bolsa\\_reciclagem/maio/Carilha\\_Estudo\\_Gravim%C3%A9trico.pdf](http://www.feam.br/images/stories/2019/MINAS_SEM_LIXOES/Bolsa_reciclagem/maio/Carilha_Estudo_Gravim%C3%A9trico.pdf). Acesso em: 16 nov. 2024.

**HOORNWEG, D.; BHADA-TATA, P. What a Waste: a global review of solid waste management.** Washington, DC: World Bank, 2012. Disponível em: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/17388>. Acesso em: 9 nov. 2024.

**INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). IBGE - Cidades [Três Pontas, MG].** Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/tres-pontas/panorama>. Acesso em: 22 nov. 2024.

**KAZA, S. et al. What a Waste 2.0: a global snapshot of solid waste management to 2050.** Washington, DC: World Bank, 2018.

**KHAN, D.; KUMAR, A.; SAMADDER, S. R. Impact of socioeconomic status on municipal solid waste generation rate.** *Waste Management*, v. 49, p. 15-25, 2016.

**LETCHER, T. M.; VALLERO, D. A. Waste: a handbook for management.** London: Academic Press, 2019.

**MAGALHÃES, R. F.; DANILEVICZ, Â. D. M. F.; SAURIN, T. A. Reducing construction waste: a study of urban infrastructure projects.** *Waste Management*, v. 67, p. 265-277, 2017.

**SAKURAI, K. Basic concepts and procedures for the improvement of solid waste management in urban fringe areas.** *Water Science and Technology*, v. 18, n. 7-8, p. 113-120, 1986.

**SILVÉRIO, P. H. M. Avaliação de vulnerabilidades sociais e ambientais do município de Três Pontas, Minas Gerais: uma proposta e aplicação de metodologia para resíduos sólidos urbanos.** 2024. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, 2024.

**WELDEYOHANIS, Y. H.; ANESEYEE, A. B.; SODANGO, T. H. Evaluation of current solid waste disposal site based on socio-economic and geospatial data: a case study of Wolkite town, Ethiopia.** *GeoJournal*, v. 87, n. 2, p. 585-601, 2022.



## LEI FEDERAL N° 15.088/2025 E A IMPORTAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS E REJEITOS NO BRASIL

*Ana Cristina Bagatini Marotti<sup>1</sup>\*, Cristine Diniz Santiago<sup>2</sup>, Erica Pugliesi<sup>3</sup>*

<sup>1,3</sup> Universidade Federal de São Carlos;

<sup>2</sup> Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada / Universidade Federal de São Carlos;

\*Autor correspondente: anacbmarotti@gmail.com

### INTRODUÇÃO

A Constituição Federal (CF) de 1988, conhecida como “Constituição Cidadã” ou “Carta Magna”, é definida como o alicerce jurídico e normativo do Brasil. Sua importância é inerente e transcorre diversas temáticas e perspectivas, em especial o caráter ambiental. Segundo Antonio Herman de Vasconcellos e Benjamin (2005, p. 41) “a Constituição, assim como em outros campos, transformou, de modo extraordinário, o tratamento jurídico do meio ambiente”.

A CF, em seu artigo 225, determina o direito a um meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem como a necessidade de proteção contra atividades que resultem em degradação ambiental. Sob esse prisma, inclui-se o manejo inadequado de resíduos sólidos, baseando-se na vedação de atividades que degradem o meio ambiente e prejudiquem a qualidade ambiental.

Pouco mais de duas décadas após a CF 1988, com a promulgação da Política Nacional de Resíduos (PNRS), Lei nº 12305/2010, o país passou a ter os olhos voltados à temática de resíduos sólidos de forma federal, normativa, institucionalizada, específica e subsidiadora.

A gestão de resíduos sólidos consiste em uma temática relevante na gestão ambiental e urbana, já que os resíduos são dos mais importantes subprodutos da vida urbana. Ainda assim, são crescentes os incentivos ao consumo, sendo fundamental a concepção de políticas como a PNRS para contribuir no sentido da sustentabilidade.

Recentemente, no ano de 2025, a PNRS sofreu uma atualização, especificamente em seu artigo que trata sobre a proibição da importação de resíduos sólidos perigosos e rejeitos. A Lei nº 15.088, de 6 de janeiro de 2025 proíbe, de forma geral, a importação de resíduos sólidos e de rejeitos no país, porém apresenta algumas exceções específicas. Tal cenário traz a necessidade de compreensão da nova legislação, bem como seus possíveis impactos na gestão de resíduos sólidos brasileira.



## OBJETIVO

Nesse sentido, o presente artigo objetiva analisar a atualização trazida à PNRS a partir da Lei nº 15.088/2025, traçando pontos fundamentais de alteração e discutindo aspectos positivos e negativos da nova legislação.

## METODOLOGIA

Os recursos metodológicos utilizados foram o levantamento e revisão bibliográfica (GIL, 2008), bem como a pesquisa documental, baseada em documentos que não receberam nenhum tipo de tratamento científico (SÁ-SILVA *et al.*, 2009).

A combinação destas estratégias de pesquisa possui, como escopo, as Leis nº 12.305/2010, 15.088/2025, bem como a temática de importação de resíduos, a partir do arcabouço legal normativo no país, visando a manutenção da saúde pública e da qualidade ambiental.

## RESULTADOS

A Lei nº 15.088, de 6 de janeiro de 2025, altera a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), principal normativa legal sobre a temática no país, que preencheu uma significativa lacuna da legislação ambiental brasileira. Ainda assim, a PNRS foi marcada por um longo processo de tramitação no poder legislativo, repercutindo dificuldades de pactuação e disputas a serem enfrentadas em seu processo de implementação (JURAS, 2012).

A alteração trazida pela Lei nº 15.088/2025 proíbe, de forma geral, a importação de resíduos sólidos e de rejeitos no país, porém apresenta algumas exceções específicas. Nesse sentido, buscou-se analisar o processo de tramitação, a fim de encontrar elementos que contribuíssem para compreender a versão final da referida lei.

O projeto de lei (PL) que deu origem à Lei nº 15.088/2025 foi o PL nº 3.944/2024. Este PL foi apresentado à Câmara dos Deputados em 15 de outubro de 2024. Em seguida, em 13 de novembro de 2024, foi encaminhado às comissões pertinentes - Desenvolvimento Econômico, Desenvolvimento Urbano e Constituição e Justiça e de Cidadania - para análise e emissão de pareceres. Após a análise nas comissões, o projeto foi submetido à votação no plenário do Senado, onde foi aprovado em 19 de novembro de 2024, com solicitação de urgência na tramitação do projeto. Em 27 de novembro de 2024 foi apresentada a Emenda de Plenário nº 1.



Já no Senado Federal, em 6 de dezembro de 2024, apresentou-se o relatório sobre o projeto na Comissão de Meio Ambiente. No dia 11 do mesmo mês, a Comissão de Meio Ambiente aprovou o Requerimento nº 58/2024, solicitando urgência para a tramitação.

Com a aprovação nas duas casas legislativas, o projeto foi enviado para sanção presidencial, o que ocorreu em 6 de janeiro de 2025, convertendo-o na Lei nº 15.088/2025, publicada no Diário Oficial da União em 7 de janeiro de 2025.

Dessa forma, o art. 49 da PNRS, que apresentava o seguinte texto: “É proibida a importação de resíduos sólidos perigosos e rejeitos, bem como de resíduos sólidos cujas características causem dano ao meio ambiente, à saúde pública e animal e à sanidade vegetal, ainda que para tratamento, reforma, reúso, reutilização ou recuperação”, passa a vigorar com a seguinte redação:

“Art. 49. É proibida a importação de resíduos sólidos e de rejeitos, inclusive de papel, derivados de papel, plástico, vidro e metal.

§ 1º É ressalvada da proibição prevista no caput deste artigo a importação de resíduos utilizados na transformação de materiais e minerais estratégicos, inclusive aparas de papel de fibra longa, nos termos de regulamento, e de resíduos de metais e materiais metálicos.

§ 2º O importador ou o fabricante de autopartes, exceto de pneus, são autorizados a importar resíduos sólidos derivados de produtos nacionais previamente exportados, para fins exclusivos de logística reversa e reciclagem integral, ainda que classificados como resíduos perigosos, nos termos de regulamento.”.

Observa-se que o texto inicialmente trazido pela PNRS proibia a importação de resíduos sólidos perigosos e rejeitos com potencial de causar danos. Com a atualização, essa proibição foi ampliada, abrangendo todos os resíduos sólidos e rejeitos, incluindo papel, derivados de papel, plástico, vidro e metal, materiais recicláveis.

No período 2023-2024, estima-se que o Brasil gastou US\$ 322 milhões na importação de mais de 70 mil toneladas de resíduos sólidos (ABREMA, 2024). Em números absolutos por tipo de resíduo, a estimativa totaliza 28 mil toneladas de papel, 5,6 mil toneladas de plástico, 16,6 mil toneladas de alumínio e 19 mil toneladas de vidro (EIXOS, 2025).

Considerando esses dados, prevê-se que a nova proibição afete diretamente os importadores desses materiais – indústrias que os utilizam em seus processos, seja de manufatura ou reciclagem. Por outro lado, a nova redação tem como pilar o incentivo ao desenvolvimento e fortalecimento do mercado nacional interno, visando a ampliação de soluções que favoreçam o processo de coleta seletiva – prioritariamente realizada com a participação de catadoras e catadores de materiais recicláveis – e reciclagem de materiais no



país, uma vez que por volta de 5% dos resíduos recicláveis secos gerados em 2022 foram recuperados no Brasil, enquanto 26,2% da disposição final no solo ocorre de maneira inadequada em lixões ou aterros controlados (SNIS, 2023). Assim, comprehende-se que há um relevante potencial de massa a ser reciclado, reutilizado e reinserido.

Sob esta perspectiva, a atualização da PNRS aproxima-se da política de banimento da importação de resíduos recicláveis instituída pela China em 2017, que impactou o cenário internacional de comercialização de resíduos sólidos recicláveis, bem como o mercado interno chinês da reciclagem. Dentre os resultados naquele país, foi observado o aumento do preço dos recicláveis no país, favorecendo processos formais de reciclagem, bem como posturas e escolhas mais sustentáveis de consumo, impactando diretamente na redução da poluição, ainda que tenha ocorrido um consequente movimento de crescimento da mineração de resíduos, que ainda demanda estudos e desenvolvimento tecnológico (SONG et al., 2023).

Complementarmente, a nova redação na legislação prevê duas exceções à proibição, relacionadas à transformação de materiais e minerais estratégicos e aparas de papel de fibra longa, conforme regulamento. Além disso, também permite a importação de derivados de produtos nacionais previamente exportados, exclusivamente para fins de logística reversa e reciclagem integral, mesmo que classificados como perigosos, com exceção de pneus usados. Cabe pontuar que a importação de pneus usados constituiu elemento de tensão no processo de discussão e tramitação da PNRS, como aponta Araújo (2013), o que pode ser indício da manutenção expressa de tal vedação na matéria de 2025.

A determinação trazida pela nova redação é fundamentada no art. 225 da CF de 1988, bem como pelos princípios da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos e do poluidor-pagador, ambos da PNRS. Internacionalmente, a normativa se alinha ao acordo internacional da Convenção de Basileia de 1989, que regula o transporte transfronteiriço de resíduos perigosos e promove a gestão ambientalmente adequada. O Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, Ibama, é a autoridade competente no Brasil por emitir a autorização para a importação de resíduos perigosos ou controlados, perante a Convenção de Basileia. O Brasil é signatário da Convenção desde 1993, quando a incorporou por meio do Decreto nº 875/1993 (IBAMA, 2024).

Outro aspecto relevante da promoção do mercado interno da reciclagem – em oposição à importação de resíduos – relaciona-se às externalidades, que podem ser compreendidas como efeitos negativos advindos da produção ou consumo de um bem que afetam terceiros, mas que não são efetivamente compensados (SILVEIRA, 2006). No caso da importação de resíduos, a emissão de gases de efeito estufa (GEE) oriunda do transporte é significativa. Bourtsalas et al.



(2023) estimaram que as emissões potenciais de GEE são 55,5% maiores na exportação de resíduos, em relação a seu tratamento interno. Este cenário traz mais um elemento para o fomento ao ciclo fechado da reciclagem em território nacional, em oposição à importação e exportação de resíduos.

Finalmente, a gestão de resíduos sólidos abrange diversos grupos sociais que apresentam assimetrias de poder entre si e, nesse sentido, é preciso monitorar as mudanças na PNRS, a fim de evitar potenciais perdas técnicas e sociais no sentido de uma gestão de resíduos mais sustentável no país (SANTIAGO, 2024).

## CONCLUSÕES

A atualização dada ao principal marco legal de resíduos sólidos no país, a Lei nº 12.30/2010, através da Lei nº 15.088/2025, apresenta disposições mais restritivas quanto à importação de resíduos sólidos e rejeitos.

A mudança afeta a cadeia de empresas que importavam tais materiais, notadamente recicláveis, para sua inserção em processos produtivos. Por outro lado, a determinação subsidia os esforços nacionais na direção da PNRS, e tende a reforçar o compromisso do Brasil com a sustentabilidade e a proteção ambiental. Outros contextos indicam que ações nesse sentido tendem a promover resultados positivos na gestão de resíduos do país.

Assim, infere-se que a mudança demandará esforços conjuntos do setor público e privado para sua plena implementação, cabendo acompanhamento e realização de estudos para avaliar sua efetividade quanto ao incentivo à indústria brasileira, à ampliação das taxas de reciclagem e à redução de disposição inadequada, no sentido da ordem de prioridade estabelecida pela PNRS.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, S. M. V. G. **Política Ambiental no Brasil no Período 1992-2012: Um Estudo Comparado das Agendas Verde e Marrom.** Tese (doutorado) – Universidade de Brasília, Instituto de Ciência Política, 2013. Brasília, 2013b. 458 p.

ABREMA (Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente). Brasil recicla apenas 4%, mas importa lixo para a indústria. 2024. Disponível em: <https://www.abrema.org.br/2024/09/19/brasil-recicla-apenas-4-mas-importa-lixo-para-a-industria/>. Acesso em: 9 jan. 2025.



BENJAMIN, A. H. et al. O meio ambiente na Constituição Federal de 1988. **Desafios do direito ambiental no século XXI: estudos em homenagem a Paulo Affonso Leme Machado. São Paulo: Malheiros**, p. 363-398, 2005.

BOURTSALAS, ACT et al. US plastic waste exports: A state-by-state analysis pre-and post-China import ban. **Journal of Environmental Management**, v. 344, p. 118604, 2023.

BRASIL. **Lei nº 12.305** de 02 de agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília, 2010. DOU de 03/08/2010.

BRASIL. Senado Federal. **Projeto de Lei nº 166324**. Disponível em: <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/166324>. Acesso em: 9 jan. 2025.

Agência Senado. **Lei proíbe importação de resíduos sólidos no Brasil**. 07/01/2025. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2025/01/07/lei-proibe-importacao-de-residuos-solidos-no-brasil>. Acesso em: 29 mai. 2025.

GIL, A. C. Métodos e Técnicas de Pesquisa Social. 6ª ed. São Paulo: **Atlas**, 2008. 200p.

IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis).

**Importação de resíduos:** Convenção de Basileia. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/emissoes-e-residuos/residuos/importacao-de-residuos-convencao-de-basileia>. Acesso em: 9 jan. 2025.

JURAS, I. A. G. M. **Legislação sobre Resíduos Sólidos:** comparação da Lei 12.305/2010 com a legislação de países desenvolvidos. Consultoria Legislativa da Câmara de Deputados. Brasília. Abr. 2012.

SÁ-SILVA, J. R.; ALMEIDA, C. D.; GUINDANI, J. F. Pesquisa documental: pistas teóricas e metodológicas. **Revista Brasileira de História & Ciências Sociais**. Ano I – N. I – Jul 2009.

SANTIAGO, C. D. A Política Nacional de Resíduos Sólidos: um olhar sobre a governança. **Boletim Regional, Urbano e Ambiental**, Brasília, n. 31, p. 117-125, jan./jun. 2024.

SILVEIRA, S. J. C. da. Externalidades negativas: as abordagens neoclássica e institucionalista. **Revista FAE**, Curitiba, v. 9, n. 2, p. 39-49, 2006.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS) (Brasil). Diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos. Edição 2022. Brasília, DF: Ministério das Cidades. Disponível em: <https://www.gov.br/cidades/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snис/painel/rs>. Acesso em 29 mai 2025.

SONG, Na et al. The waste ban in China: What happened next? Assessing the impact of new policies on the waste management sector in China. **Environmental Geochemistry and Health**, v. 45, n. 4, p. 1117-1131, 2023.



## PRÁTICAS SUSTENTÁVEIS E CONHECIMENTO AMBIENTAL NA GESTÃO DE RESÍDUOS DOMICILIARES: UMA ANÁLISE DE CLUSTERS

*Ana Luiza Camargo Mascarin Cunha<sup>1</sup>\*, Gessuir Pigatto<sup>2</sup>, Maria Teresa de Alvarenga Freire<sup>3</sup>, Fernando Vinícius da Rocha<sup>4</sup>, Vivian Lara dos Santos Silva<sup>5</sup>*

<sup>1,3,4,5</sup> Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA/USP) ;

<sup>2</sup> Faculdade de Ciências e Engenharia (FCE/UNESP)

\*Autor correspondente: [ana.mascarin@usp.br](mailto:ana.mascarin@usp.br)

### INTRODUÇÃO

A gestão dos resíduos sólidos urbanos (RSU) tem se tornado um desafio cada vez mais complexo nas áreas urbanas, refletindo diretamente em questões ambientais, econômicas e sociais. O crescimento desordenado das cidades, aliado ao aumento do consumo e à diversificação dos produtos comercializados, tem provocado um incremento expressivo na geração de resíduos, especialmente os oriundos de embalagens descartáveis (CETESB, 2022; DIAS, 2021). Esses resíduos, compostos majoritariamente por plásticos, vidros, metais e papéis, representam uma parcela significativa do lixo urbano e, quando descartados de forma inadequada, contribuem para a degradação ambiental, poluição dos corpos d'água e emissões de gases de efeito estufa (GONÇALVES; ALMEIDA; PEREIRA, 2020; RIBEIRO; SOUZA, 2022).

Em resposta a essa problemática, políticas públicas e iniciativas privadas têm sido desenvolvidas com o intuito de fomentar a economia circular e a sustentabilidade no gerenciamento dos resíduos. A coleta seletiva, por exemplo, é uma das estratégias mais difundidas, visando à separação dos materiais recicláveis na fonte geradora e sua posterior destinação para cooperativas ou empresas recicadoras (IPEA, 2021; MARTINS; SILVA, 2020). No entanto, a eficiência desses sistemas depende de fatores como a conscientização da população, o investimento em infraestrutura urbana e o desenvolvimento de tecnologias que otimizem os processos de triagem e reaproveitamento dos materiais (OLIVEIRA; CARDOSO; NASCIMENTO, 2023).

### OBJETIVO

O objetivo deste artigo é identificar e caracterizar perfis populacionais distintos com base nos padrões de descarte, no nível de conhecimento ambiental e na adoção de práticas sustentáveis relacionadas aos resíduos sólidos urbanos.



A separação e a destinação correta desses resíduos têm sido alvo de diversas políticas públicas e iniciativas empresariais, com o objetivo de promover a sustentabilidade e reduzir os impactos ambientais. Sistemas de coleta seletiva e reciclagem, que envolvem a segregação de materiais recicláveis na origem, são ferramentas chave nesse processo. Contudo, a efetividade desses sistemas depende de uma conscientização social eficiente, infraestrutura adequada e tecnologias que facilitem a separação e o processamento dos materiais recicláveis (ABREU et al., 2019).

O artigo pretende como objetivos secundários:

- i. Analisar os comportamentos individuais quanto à separação, armazenamento e destinação dos resíduos sólidos domiciliares.
- ii. Avaliar o conhecimento da população sobre conceitos ambientais básicos e impactos do descarte inadequado.
- iii. Identificar associações entre variáveis socioeconômicas e os perfis de descarte e consciência ambiental.
- iv. Subsidiar estratégias segmentadas de educação ambiental e políticas públicas voltadas à gestão de resíduos sólidos urbanos.

## METODOLOGIA

A pesquisa teve como objetivo identificar ações relacionadas ao manejo de resíduos sólidos, com foco na redução do desperdício de alimentos e nas formas de descarte em Pirassununga-SP e Tupã-SP. Os municípios foram escolhidos porque há uma diferença importante na estrutura da coleta de resíduos sólidos, enquanto Pirassununga não possui coleta seletiva, em Tupã desde outubro de 2001 está implantado o projeto de coleta seletiva, denominado “Reciclar é Legal” (Benini e Martin, 2012). A coleta de dados incluiu pesquisa documental, visitas técnicas e entrevistas semiestruturadas realizadas por alunos da FZEA/USP e da UNESP/Tupã, analisadas quantitativa e qualitativamente para identificar padrões e percepções sobre geração e descarte de resíduos.

A coleta de dados foi parte da atividade de extensão de disciplinas de graduação da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA/USP) e Universidade Paulista (Unesp/Tupã). Os dados foram coletados através de entrevistas e anotações e tabulados em planilhas de Excel. Para a coleta dos dados, foi utilizado o método de amostragem por conveniência, que embora seja prático e de fácil aplicação, apresenta limitações que podem comprometer a generalização dos resultados. Essa coleta seleciona participantes com base em sua acessibilidade ou disponibilidade, o que pode introduzir viés na amostra e reduzir sua



representatividade em relação à população-alvo. Além disso, a falta de aleatoriedade pode amplificar vieses relacionados a fatores como interesse dos participantes no tema ou características socioeconômicas específicas. Após a tabulação dos dados, aplicou-se um pré-processamento com remoção de respostas ausentes, codificação de variáveis categóricas e escalonamento com *StandardScaler*, etapa essencial para a aplicação de algoritmos de clusterização e análise dos perfis de descarte.

## Método K-Means para Clusterização

Para segmentar os respondentes com base em seus hábitos e conhecimento ambiental, foi utilizado o algoritmo *K-Means Clustering*, uma técnica de aprendizado de máquina não supervisionado amplamente empregada para agrupamento de dados. O *K-Means* foi escolhido por sua eficiência computacional e facilidade de interpretação, permitindo à identificação de padrões e a segmentação dos respondentes conforme suas semelhanças nos hábitos de descarte e percepção ambiental.

O método segue algumas etapas principais, inicialmente, define-se um número pré-determinado de *clusters* ( $K$ ), estabelecido com base em critérios como o método do cotovelo (*Elbow Method*). Em seguida, são inicializados  $K$  centroides aleatórios no espaço dos dados, e cada ponto é atribuído ao *cluster* mais próximo, considerando a distância euclidiana. Após essa atribuição inicial, os centroides são recalculados com base nos dados pertencentes a cada *cluster*, repetindo-se esse processo interativamente até que os centroides estabilizem, ou seja, atingido um critério de convergência, como um número máximo de interações ou uma variação mínima entre interações consecutivas. A aplicação do *K-Means* permitiu a segmentação dos respondentes em grupos distintos, facilitando a análise de suas características e padrões de comportamento relacionados ao meio ambiente.

*1 linha em branco, fonte Times New Roman, tamanho 10*

## RESULTADOS

Com a aplicação do algoritmo *K-Means Clustering*, os respondentes foram segmentados em quatro grupos distintos, definidos a partir do método do cotovelo (*Elbow Method*), que indicou  $K = 4$  como valor ideal com base na inflexão da curva da Soma dos Quadrados das Distâncias *Intra-cluster* (WCSS). As variáveis utilizadas incluíram práticas de descarte, conhecimento ambiental, percepção dos impactos causados pelo lixo e município de residência dos entrevistados.



## Testes Estatísticos

A análise estatística revelou diferenças significativas entre os *clusters* em relação a variáveis-chave associadas ao comportamento ambiental dos entrevistados. A ANOVA para Forma de Disposição dos Resíduos apresentou um valor  $F = 51.93$  e  $p < 0.0001$ , indicando que os grupos possuem padrões distintos no hábito de separação do lixo. Da mesma forma, a percepção sobre o Impacto Ambiental variou significativamente entre os *clusters* ( $F = 518.08$ ,  $p < 0.0001$ ), confirmando diferenças na visão dos entrevistados sobre os efeitos do descarte inadequado. O Conhecimento sobre o Destino dos Resíduos, avaliado pelo teste Qui-Quadrado ( $\chi^2 = 14.13$ ,  $p = 0.0027$ ), também mostrou uma relação significativa entre os grupos, indicando variações na conscientização ambiental, sendo alguns mais informados que os outros.

Por outro lado, a ANOVA para Conhecimento sobre Lixo e Resíduo ( $F = 1.28$ ,  $p = 0.283$ ) não apontou diferenças estatisticamente significativas entre os clusters, sugerindo que essa variável pode não ser um critério forte para segmentação. A análise Qui-Quadrado demonstrou uma associação altamente significativa entre Município e Clusters ( $\chi^2 = 122.20$ ,  $p < 0.0001$ ), reforçando que Pirassununga e Tupã apresentam diferenças estruturais nos hábitos de descarte e percepção ambiental.

Dessa forma, as variáveis Forma de Disposição dos Resíduos, Impacto Ambiental e Conhecimento sobre o Destino dos Resíduos foram determinantes na diferenciação dos clusters, validando a segmentação da população com base nesses fatores. Além disso, foram consideradas variáveis socioeconômicas, como idade, tipo de residência, renda, ocupação e nível educacional, permitindo uma caracterização mais detalhada dos grupos analisados.

## Descrição dos *Clusters*

A análise de *cluster* resultou em quatro grupos distintos, refletindo diferentes perfis socioeconômicos e comportamentais em relação à gestão de resíduos. O *Cluster 0*, denominado “Jovens Urbanos Conscientes, Mas Sem Infraestrutura para Reciclagem”, é composto majoritariamente por estudantes de Pirassununga, com média de idade de 24 anos e baixa renda. Apesar da elevada conscientização ambiental, apenas 48% realizam a separação correta de resíduos, o que se atribui à falta de infraestrutura adequada. A sugestão para esse grupo inclui a implementação de pontos de coleta comunitários em universidades e repúblicas, além de campanhas educativas específicas.

O *Cluster 1*, “Classe Média de Tupã, Separação Parcial e Consciência Mediana”, apresenta idade média de 39 anos e renda intermediária. Embora 61% realizem alguma forma



de separação de resíduos, apenas 36% o fazem corretamente. A consciência ambiental é moderada, e a adesão às práticas sustentáveis parece mais associada à disponibilidade do serviço do que ao engajamento ambiental. Estratégias de comunicação mais claras sobre coleta seletiva e benefícios locais podem ampliar a participação desse grupo.

O *Cluster 2*, “Alta Renda, Maior Conforto, Menor Engajamento Ambiental”, reúne indivíduos com média de 56 anos, alto nível educacional e renda mais elevada. Apesar do acesso à informação, apenas 34% realizam a separação correta dos resíduos e a maioria não percebe impactos ambientais significativos. A terceirização da gestão de resíduos parece reduzir o envolvimento com práticas sustentáveis. Recomenda-se associar a reciclagem a ganhos financeiros ou reconhecimento social, além de campanhas que evidenciem os impactos ambientais de forma mais tangível.

Por fim, o *Cluster 3*, “Baixa Renda e Baixa Educação, Pouca Consciência Ambiental”, é formado por moradores de baixa renda e escolaridade, majoritariamente em Tupã. Esse grupo apresenta o menor nível de engajamento com a separação de resíduos e desconhece o destino final do lixo. A prioridade por necessidades básicas contribui para o desinteresse por práticas sustentáveis. Estratégias recomendadas incluem programas de incentivo, como trocas por benefícios sociais, e ações educativas com linguagem acessível e visual.

A descrição dos *clusters* evidencia a necessidade de políticas públicas segmentadas, que considerem as características específicas de cada grupo para promover mudanças efetivas nos hábitos de descarte e fortalecer a consciência ambiental.

## CONCLUSÕES

A segmentação dos respondentes em quatro clusters permitiu identificar perfis distintos quanto à gestão de resíduos sólidos em Pirassununga-SP e Tupã-SP. O Cluster 0 demonstrou alta conscientização, mas foi limitado pela falta de infraestrutura; o Cluster 1 apresentou adesão parcial às práticas sustentáveis; o Cluster 2, apesar da alta renda e escolaridade, mostrou baixo engajamento; e o Cluster 3 revelou baixa consciência e grandes barreiras socioeconômicas.

Esses achados indicam que políticas públicas devem ser adaptadas a cada perfil, com investimentos em infraestrutura, campanhas educativas e incentivos práticos. A articulação entre governo, sociedade e setor privado é essencial para fortalecer a economia circular e ampliar a responsabilidade socioambiental.



## AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio do Processo nº 2021/11977-6 e 2023/13997-5, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), Brasil, como parte das atividades do Centro de Ciência para o Desenvolvimento - Soluções para os Resíduos Pós Consumo: Embalagens e Produtos - CCD Circula, que conta também com o apoio financeiro das seguintes empresas: Ambev, Braskem, Grupo Boticário, Klabin, Natura, Sonoco e Tetra Pak.

Os autores agradecem à Pró-Reitoria de Pesquisa e Inovação da Universidade de São Paulo (PRP/USP) pelo fomento por meio do Programa Unificado de Bolsas (PUB/USP) e aos alunos bolsistas que contribuíram para a coleta de dados da pesquisa.

## REFERÊNCIAS

- CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. *Relatório de resíduos sólidos urbanos no Estado de São Paulo – 2021*. São Paulo: CETESB, 2022. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br>. Acesso em: 30 abr. 2025.
- DIAS, S. M. Resíduos sólidos urbanos: desafios da gestão integrada no contexto da urbanização acelerada. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental*, v. 15, n. 2, p. 89–102, 2021.
- GONÇALVES, T. R.; ALMEIDA, L. C.; PEREIRA, M. J. Impactos ambientais do descarte inadequado de resíduos sólidos urbanos: uma revisão sistemática. *Revista Ambiente e Sociedade*, v. 23, n. 4, p. 1–15, 2020.
- IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. *Diagnóstico dos resíduos sólidos urbanos no Brasil*. Brasília: IPEA, 2021. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br>. Acesso em: 30 abr. 2025.
- MARTINS, C. A.; SILVA, E. R. Coleta seletiva e inclusão social: uma análise da atuação das cooperativas de catadores no Brasil. *Revista Desenvolvimento e Meio Ambiente*, v. 52, p. 210–228, 2020.
- OLIVEIRA, F. M. de; CARDOSO, A. P.; NASCIMENTO, R. J. Tecnologias aplicadas à triagem de resíduos sólidos urbanos: panorama atual e perspectivas futuras. *Revista Tecnológica*, v. 25, n. 1, p. 44–60, 2023.
- RIBEIRO, D. A.; SOUZA, P. H. Embalagens pós-consumo e o desafio da sustentabilidade nas grandes cidades. *Revista de Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental*, v. 6, n. 1, p. 78–91, 2022.



## RESÍDUO SUCROALCOOLEIRO E SEUS POSSÍVEIS USOS – REVISÃO DA LITERATURA

*Celene Alves da Silva<sup>1</sup>\*, Valéria Guimarães Silvestre Rodrigues<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Departamento de Geotecnia, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos-SP.

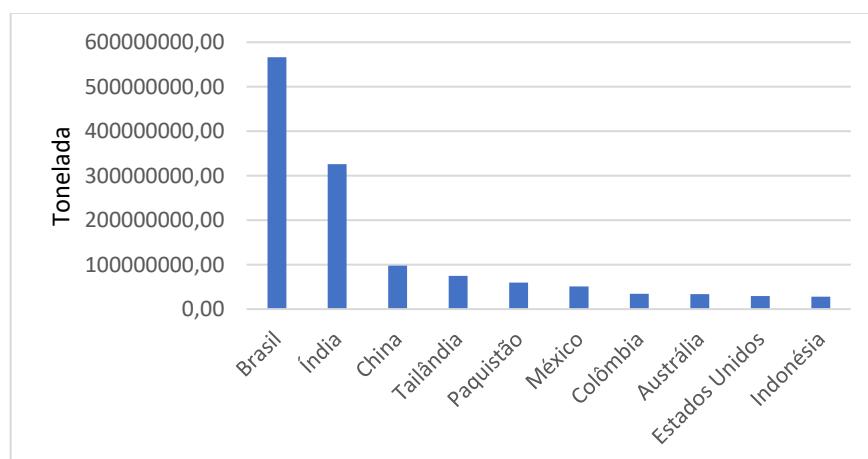
\*Celene Alves da Silva: celene.alves@usp.br

### INTRODUÇÃO

As atividades humanas produzem anualmente cerca de 2 bilhões de toneladas de resíduos distribuídos entre urbanos, comerciais, construção e demolição, industriais, saúde e agrícolas (UNEP, 2024). Este último tendo como as quatro principais culturas agrícolas mundiais: cana-de-açúcar, milho, cereais e arroz, que juntas produzem safra de aproximadamente 16,5 bilhões de toneladas por ano, gerando toneladas de resíduos (Matthews, 2024).

De acordo com FAO (2023), a cana-de-açúcar destaca-se como a cultura mais produzida no mundo superando os 2Gt, sendo o Brasil o maior produtor mundial, conforme representado na Figura 1. A safra 2023/2024 do país foi cultivada em uma área estimada em 8,77 milhões de hectares resultando em uma produção total de 676,96 milhões de toneladas (CONAB, 2025). A safra canavieira tem como produto principal açúcar e álcool, mas também geram resíduos como: bagaço de cana, vinhaça, águas residuária, particulados/cinzas, torta de filtro e outros (Gurgel et. al., 2024).

Figura 1: Dez maiores produtores mundiais de açúcar.



Fonte: Adaptado de FAO, (2023).



De acordo com a EMBRAPA (2022), o bagaço representa o maior volume de resíduo gerado, 280 kg/ton de cana processada, geralmente utilizado como combustível para caldeira, produção de celulose e na alimentação de gado confinado. Seguido da vinhaça com uma produção de 12 a 18 litros (por litro de álcool), frequentemente reaproveitado na alimentação de animais, produção de proteínas (biomassa), produção de metano e fertilização de solos (sendo este o mais utilizado). E a torta de cana que representa cerca de 20 a 40 kg/ton de cana, sendo rica em fósforo e geralmente reaproveitada como fertilizante (melhoramento do solo).

De acordo com Vaz (2020), a indústria sucroalcooleira foi pressionada a investir em inovação para unir produtividade e sustentabilidade, melhorando os resultados sociais e econômicos através da sua cadeia produtiva, além de reduzir os impactos ambientais causados por sua atividade fim e/ou disposição inadequada, isso lhe proporcionou novas oportunidades de negócio. Essa junção associada aos conceitos de bioeconomia e economia circular apresentados pela Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (2018) e pelo Parlamento Europeu (2018), respectivamente, reflete o equilíbrio entre economia, sociedade, meio ambiente e sua relação com as biomassas agroindustriais, objetivando o crescimento financeiro atrelado à sustentabilidade de produtos e processos, tendo a economia circular como ponto central (Vaz, 2020).

## OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi a realização de uma revisão bibliográfica sobre o emprego dos resíduos provenientes da indústria sucroalcooleira com foco no bagaço e na torta da cana-de-açúcar e suas aplicações.

## METODOLOGIA

As publicações utilizadas foram obtidas por meio das bases de dados *Science Direct*, Google Scholar, Pubmed e Springer Nature, utilizando os operadores booleanos AND e OR, associados aos termos de interesse para esta pesquisa como: (sugarcane AND production AND World), (cana-de-açúcar AND produção AND Brasil), (cana-de-açúcar AND bagaço OR resíduo), (cana-de-açúcar AND aplicações OR economia circular) OR (resíduos AND sucroalcooleiro AND economia), e (resíduos da cana-de-açúcar e suas aplicações). Além disso, os artigos indicados nas pesquisas levaram a novas publicações, igualmente relevantes, sobre o tema pesquisado. A seleção dos artigos utilizados priorizou a correlação, o impacto e



a relevância da cana-de-açúcar e dos resíduos gerados a partir da produção de açúcar e álcool. Bem como as possibilidades de reaproveitamento desses resíduos dentro da economia circular, suas propriedades, atuais aplicações e desvantagens, além do seu potencial uso na remediação de área contaminada, incluindo aterro sanitário. Considerando os critérios adotados para a busca bibliográfica, foram selecionados 20 artigos com publicações de 2013 a 2025.

## RESULTADOS

De acordo com Gurgel (2024), a crescente aplicabilidade da biomassa agrícola como matéria-prima impulsionada por seu crescimento produtivo instiga pesquisas inovadoras para o aproveitamento máximo também dos subprodutos gerados, reduzindo o passivo ambiental que potencialmente seria gerado. Entretanto, Raza et. al. (2021) ressaltam que apesar das relevantes aplicações dos subprodutos gerados é necessário considerar o seu potencial contaminante. O uso desses subprodutos indiscriminadamente no meio ambiente, sem tratamento prévio, representa uma grande ameaça ao meio ambiente (Yang, 2013).

Durante a produção de açúcar e álcool, são gerados água de lavagem, vinhaça, bagaço, cinzas da queima e lama (torta de filtro). Todos com grande potencial contaminante para solo e corpos hídricos (Yang, 2013). A torta de filtro apresenta vestígios de Zn, Cu e Pb, além de uma elevada quantidade de cera podendo reduzir a fertilidade do solo (Kuma et. al., 2016). A vinhaça apresenta elevados níveis de DBO (Nakashima e de Oliveira Junior, 2020). As cinzas e fuligem contêm em sua composição elementos como  $Al_2O_3+Fe_2O_3$  (Óxidos de Alumínio e Ferro),  $SiO_2$  (Dióxido de Silício ou Sílica),  $P_2O_5$  (Pentóxido de Fósforo),  $K_2O$  (Óxido de Potássio),  $CaO$  (Óxido de Cálcio ou Cal Virgem) e  $MgO$  (Óxido de Magnésio) que podem contaminar o solo a depender da quantidade e forma utilizadas (Gurgel, 2024).

No caso da cana-de-açúcar, o aproveitamento chega a cerca de 95% (CONAMA, 2024). O bagaço é usado na produção de bioeletricidade, adubo orgânico, queima para reduzir o uso de madeira, além de servir como alimento para animais ruminantes. A vinhaça é usada na fertirrigação e geração de biogás. O palhiço é empregado como adubo natural, na fabricação de briquetes e paletes. A torta de filtro geralmente é utilizada para queima e fertilização do solo (Gurgel, 2024).

Segundo Vaz (2020), o resultado desse avanço tecnológico e econômico na indústria agrícola pode ser visto na criação de produtos a partir de uma biomassa antes considerada rejeito ou subproduto. Essa biomassa gera uma vasta cadeia de produtos de higiene, cosméticos, farmacêuticos e químicos, além dos produtos da família Bio (combustíveis,



materiais, energia, polímeros, químicos, fertilizantes, pesticidas) reforçando o conceito de bioeconomia, conforme as aplicações representadas na Figura 2.

Figura 2: Resumo das aplicações do bagaço de cana-de-açúcar e dos desafios de cada campo.



Fonte: Hiranobe et. al. (2024)

## CONCLUSÕES

Embora tenham sido desenvolvidas diversas aplicações, visando a sustentabilidade para o uso dos subprodutos e resíduos gerados no processo de fabricação do açúcar e do álcool, as pesquisas alertam também para a necessidade de tratamento prévio para evitar contaminação a longo prazo. Esses materiais possuem grande potencial econômico, contribuindo para uma economia sustentável na indústria sucroalcooleira em parceria de uso em outras culturas agrícolas, além de aproveitamento no tratamento de áreas contaminadas. No entanto, necessita de mais pesquisas aprofundadas avaliando possibilidades de neutralizar seu potencial contaminante otimizando suas aplicações.

## REFERÊNCIAS

ATUALIDADE - PARLAMENTO EUROPEU. **Economia circular: definição, importância e benefícios.** Disponível em:

<<https://www.europarl.europa.eu/news/pt/headlines/economy/20151201STO05603/economia-circular-definicao-importancia-e-beneficios>>. Acesso em: 28 de abril 2025.



# SIRS

Simpósio sobre  
Resíduos Sólidos

Cidades Inteligentes e Sustentáveis

16 a 19 de setembro de 2025  
São Carlos/SP  
Brasil

Realização



**CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTCIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar**, Brasília, DF, v. 11, n. 4 abril 2024. C737a

**CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar**, Brasília, DF, v. 12, n. 4 abril 2025.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Processamento de cana-de-açúcar/outras produtos**. Atualizado em fevereiro de 2022 por André Ricardo Alcarde. Acessado em abril de 2025. <<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/cana/pos-producao/processamento-da-cana-de-acucar/outras-produtos>>

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **FAOSTAT: Crops and Livestock Products**. Available online: <<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>>. Acesso em: 30 abril 2024.

GURGEL, M. N. do A.; FREIRE, F. J.; SILVA, F. C. da; ABREU JUNIOR, C. H.; MARCHIORI, L. F. S.; RAIZER, A. J. Gerenciamento, tratamento e disposição de resíduos na cana-de-açúcar. In: SILVA, F. C. da; FREIRE, F. J. (ed.). **Inovação e desenvolvimento em cana-de-açúcar: manejo, nutrição, bioinsumos, recomendação de corretivos e fertilizantes**. Brasília, DF: Embrapa; Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2024. cap. 10, p. 339-385.

HIRANOBE, C.T.; GOMES, A.S.; PAIVA, F.F.G.; TOLOSA, G.R.; PAIM, L.L.; DOGNANI, G.; CARDIM, G.P.; CARDIM, H.P.; DOS SANTOS, R.J.; CABRERA, F.C. Sugarcane Bagasse: Challenges and Opportunities for Waste Recycling. **Clean Technol.** 2024, 6, 662–699. <https://doi.org/10.3390/cleantechnol6020035>

HONG WY E HUANG WZ. 2024. Application of Sugarcane in Ethanol Fuel Production: Theoretical Basis and Commercial Potential, **Journal of Energy Bioscience**. 15(2): 60-71 (doi: [10.5376/jeb.2024.15.0007](https://doi.org/10.5376/jeb.2024.15.0007))

KUMAR, V., CHOPRA, A.K. Effects of sugarcane pressmud on agronomical characteristics of hybrid cultivar of eggplant (*Solanum melongena* L.) under field conditions. **Int J Recycl Org Waste Agricult** 5, 149–162 (2016). <https://doi.org/10.1007/s40093-016-0125-7>

MATTHEWS, G. **Business Waste.Co.UK**. Publicado em 10 de abril de 2024. Acessado em abril de 2025. <<https://www.businesswaste.co.uk/sectors/agricultural-waste-management/agricultural-waste-facts/>>

NAKASHIMA, R.N.; DE OLIVEIRA JUNIOR, S. Comparative exergy assessment of vinasse disposal alternatives: Concentration, anaerobic digestion and fertirrigation. **Renewable Energy**. 2020, 147, 1969-1978.

ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO ECONÔMICA E DESENVOLVIMENTO (OCDE). **Meeting policy challenges for a sustainable bioeconomy**. 2018. Disponível em: <<http://www.oecd.org/sti/policy-challenges-facing-a-sustainable-bioeconomy-9789264292345-en.htm>>. Acesso em: 28 de abril 2025.



# SIRS

Simpósio sobre  
Resíduos Sólidos

Cidades Inteligentes e Sustentáveis

16 a 19 de setembro de 2025  
São Carlos/SP  
Brasil

Realização



Núcleo de Estudo e Pesquisa em Resíduos Sólidos



UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (2024). **Global Waste Management Outlook 2024: Beyond an age of waste – Turning rubbish into a resource.** Nairobi.  
<https://wedocs.unep.org/20.500.11822/44939>

VAZ JUNIOR, S. **Aproveitamento de resíduos agroindustriais: uma abordagem sustentável** / Silvio Vaz Junior – Brasília, DF: Embrapa Agroenergia, 2020. 26 p. - (Embrapa Agroenergia / Documentos, 31)

RAZA, Q.-U.-A.; BASHIR, M.A.; REHIM, A.; SIAL, M.U.; ALI RAZA, H.M.; ATIF, H.M.; BRITO, A.F.; GENG, Y. Sugarcane Industrial Byproducts as Challenges to Environmental Safety and Their Remedies: A Review. **Water** 2021. 13, 3495. <https://doi.org/10.3390/w13243495>

YANG, SD., LIU, JX., WU, J. *et al.* Effects of Vinasse and Press Mud Application on the Biological Properties of Soils and Productivity of Sugarcane. **Sugar Tech.** 15, 152–158 (2013). <https://doi.org/10.1007/s12355-012-0200-y>



## SISTEMATIZAÇÃO DOS PROCESSOS DE SEPARAÇÃO E BENEFICIAMENTO PARA GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO

*Deborah Araujo de Oliveira<sup>1</sup>, Maria de Jesus Gomides<sup>1</sup>, Sabrina Pereira Primo<sup>1\*</sup>*

<sup>1</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

\*Autor correspondente: [sabrina9382@gmail.com](mailto:sabrina9382@gmail.com)

### INTRODUÇÃO

Uma quantidade considerável de recursos naturais é extraída da natureza para que atenda as atividades do setor da Construção Civil. Consequentemente são gerados resíduos, popularmente conhecidos como entulhos, provenientes das etapas de construção, manutenção e/ou reformas (John; Agopyan, 2000). Para auxiliar a categorização desses resíduos, a Resolução Conama nº 307 de 2002 classifica-os em Classe A, Classe B, Classe C e Classe D, sendo que somente os resíduos Classe A podem ser reciclados como agregados (CONAMA, 2002).

De acordo com o Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, elaborado pela Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente (ABREMA) foram gerados cerca de 45 milhões de toneladas de RCD (Resíduos de Construção e Demolição) no ano de 2022, sendo a região Sudeste a maior geradora com 50,6%. Ao analisar a região centro-oeste, pôde-se verificar que houve um aumento na quantidade de RCD gerado pela região. Em 2021 foram contabilizadas 5.202.866 toneladas de resíduos, enquanto em 2022 foram geradas 5.356.490 toneladas, conferindo uma quantidade 3% maior em relação ao ano anterior (ABREMA, 2023).

Atrelado ao grande volume de resíduos gerados pelas obras da construção civil, um fator preocupante é o descarte inadequado desse material. Os aterros clandestinos e os entulhos acumulados em lotes baldios e calçadas fazem parte da realidade dos centros urbanos. Dentre as consequências dessa prática inadequada está a poluição de rios e o aumento da extração dos recursos naturais, visto que os resíduos com potencial para reciclagem são descartados.

Portanto, com base nas informações apresentadas, fica evidente a necessidade de uma gestão de resíduos eficiente, que apresente o processo pelo qual os resíduos deverão ser submetidos, de forma que um maior volume de material gerado possa ser tratado e/ou reinserido nas obras de forma correta.



## OBJETIVO

- Averiguar os procedimentos de gestão de resíduos de duas obras distintas localizadas em Goiânia;
- Descrever como são realizadas a coleta, armazenamento, separação e despacho dos resíduos coletados nas obras visitadas;
- Coletar informações sobre como são tratados os resíduos em uma usina do município de Aparecida de Goiânia;
- Elaborar um fluxograma do processo.

## METODOLOGIA

Foram realizadas visitas em duas obras distintas (denominadas de Obra 1 e Obra 2), localizadas em Goiânia, para compreender o processo de separação dos RCD nos canteiros de obra. Para as visitas elaborou-se um roteiro que contemplasse os tópicos de interesse a serem analisados e registrados, sendo eles: como era gerado o resíduo e onde era inicialmente alocado; como se dava seu transporte interno; como o mesmo era separado e onde era acondicionado na obra; qual a frequência de coleta interna e qual a frequência de coleta pela transportadora; como era realizado e acompanhado o gerenciamento de resíduos.

A visita a uma usina responsável pela reciclagem de RCD foi realizada com o intuito de analisar como é segregado e tratado todo o material descartado recebido de obras. Com base nos dados coletados foi possível desenvolver um fluxograma de processo simples, que abrange todas as etapas referentes ao gerenciamento de resíduos, desde a separação do resíduo na obra até a sua destinação final na usina e transformação em agregado reciclado.

Cabe ressaltar que, geralmente, se tem uma ideia errônea de que qualquer tipo de resíduo retirado de obra, armazenado sem nenhum tipo de cautela e separação, pode ser reciclado e reinserido novamente na construção civil. No entanto, a separação e o pré-tratamento têm papel fundamental no ciclo do beneficiamento do material, pois é por meio dele que o material correto é selecionado e, pode ser destinado às usinas de reciclagem.

## RESULTADOS

A visita na primeira obra foi realizada no dia 27 de maio de 2024 e tratava-se de um edifício residencial, com 30 pavimentos. No momento da visita, a obra estava na etapa executiva de acabamento. Dentre os resíduos gerados havia embalagens de plástico, papel,



papelão; restos de tinta e massa corrida; pedaços de madeira responsáveis pelo travamento das esquadrias, antes da finalização da instalação.

Analisando o processo de gerenciamento dos resíduos, ele iniciava com a aglomeração dos RCD próximos à cremalheira e/ou elevador. Em seguida, realizava-se o transporte interno desses materiais, a fim de direcioná-los para os locais onde permaneceriam até que fosse realizada a coleta pela transportadora licenciada. Nesse contexto, os resíduos Classe A e madeiras eram acondicionados em caçambas dispostas na rua, visto que não havia espaço para armazená-las dentro da obra. Já os restos de plástico, papel, papelão, redes de proteção e restos de tubulações eram encaminhados para a central de armazenamento e acondicionados em *bags* individuais. Por fim, os resíduos perigosos ficavam armazenados em uma sala isolada.

Depois da separação e estando os recipientes de acondicionamento completamente cheios, a construtora acessava o site do SINIR (Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos), preenchia o MTR (Manifesto de Transporte de Resíduos) e, posteriormente, acionava a transportadora licenciada para realizar o transporte dos materiais até a usina de beneficiamento, dando fim à parte inerente a construtora em relação ao gerenciamento de resíduos.

Uma segunda visita foi realizada, no dia 08 de janeiro de 2025, em um canteiro de obras de outra construtora, para uma segunda análise dos procedimentos para gerenciamento dos RCD. Tratava-se de um edifício residencial, com 37 pavimentos, em diferentes etapas construtivas, desde a concretagem do último pavimento tipo até a fase de acabamentos. Dentre os resíduos gerados nesta obra estavam: Classe A, madeira, papelão, plástico, metal, perigosos e inflamáveis.

Semelhante ao procedimento realizado na primeira obra visitada, os RCD gerados em cada pavimento eram posicionados próximos da cremalheira, com exceção dos resíduos Classe A. Esse último era agrupado próximo a um duto externo, fixado ao longo da fachada do empreendimento, de modo que os entulhos depositados nele desciam por gravidade até uma área interna delimitada na obra e, posteriormente, eram transportados manualmente até uma caçamba armazenada na rua. Já os RCD que desciam pela cremalheira eram direcionados para baias e *bags*. Após os recipientes estarem completamente cheios, era realizado o mesmo processo da primeira obra visitada: preenchimento do MTR no site do SINIR, solicitação de coleta e destinação para a usina de beneficiamento.

Uma particularidade identificada nessa obra foi a reutilização dos restos de tubulação para evitar a necessidade de cortar peças maiores, para evitar desperdícios e reduzir a geração de resíduos. Nesse sentido, havia recipientes exclusivos para acondicionamento desse material.



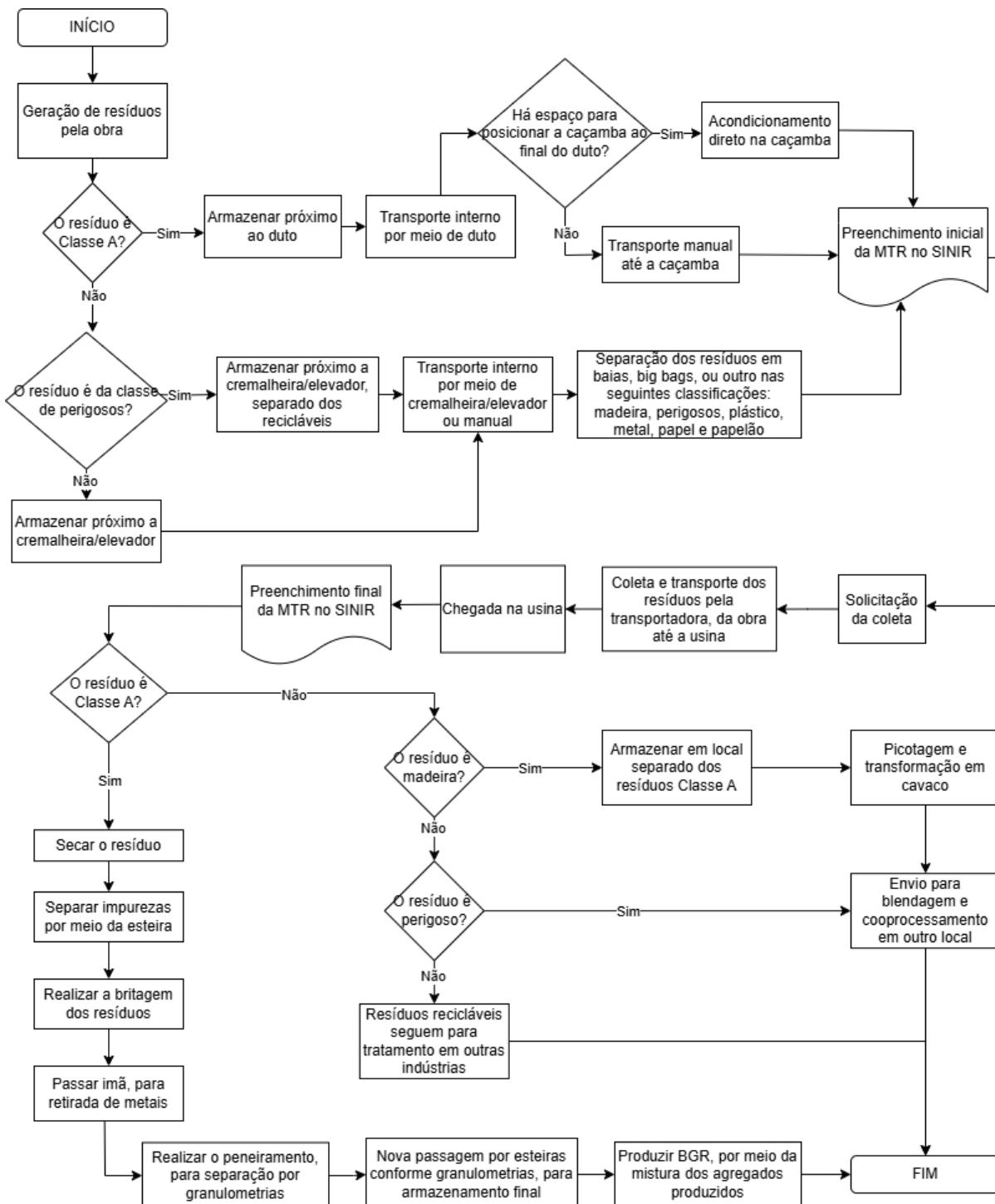
Além da obra visitada, outras obras da mesma construtora poderiam usufruir desses restos de materiais. Para isso, era mantida uma comunicação eficiente entre os engenheiros de outras obras.

Conforme relatado anteriormente, as duas obras destinavam os resíduos para a usina de beneficiamento. Para compreender como os entulhos eram tratados e transformados em agregados reciclados, foi realizada uma visita na usina no dia 08 de março de 2024. Analisando o processo realizado pela usina, o primeiro passo consiste na baixa da MTR, no site do SINIR, para posterior categorização dos materiais recebidos. As madeiras são transformadas em cavaco; os da Classe A são utilizados para produção de agregado reciclado (brita zero, brita 1, areia reciclada, BGR e rachão); os recicláveis convencionais (papel, plástico, etc) seguem para outras indústrias; e os Classe D são encaminhados para blendagem e coprocessamento em outro local de propriedade da usina, junto com o cavaco produzido a partir da madeira.

Em relação aos RCD Classe A, o processo de beneficiamento começa colocando-os para secar. Em seguida, passam por uma segregação macro para retirada de materiais que não podem ser transformados em agregados. Após a segregação, é realizada a britagem no britador de mandíbulas para que os materiais alcancem as dimensões comercializadas pela usina. Logo depois, os agregados reciclados passam por um ímã para retirada dos componentes metálicos. O processo de beneficiamento finaliza com a passagem dos agregados por uma peneira com o intuito de separá-los por granulometria, seguido da produção do BGR, que é gerado a partir da mistura de 1/3 de areia reciclada, brita zero e brita um com uma concha medidora. Portanto, a partir dos resultados obtidos, por meio das visitas realizadas e o embasamento teórico acerca do tema, foi elaborado o fluxograma com os procedimentos essenciais para o gerenciamento dos resíduos da construção civil (Figura 1).



Figura 1 – Fluxograma para gerenciamento de resíduos da construção civil



Fonte: Os autores (2025).

## CONCLUSÕES

A pesquisa em questão possibilitou constatar que, atualmente, já existem construtoras que realizam o gerenciamento adequado dos resíduos da construção civil. As duas obras



visitadas são exemplos da aplicação de boas práticas e adequado gerenciamento do RCD, cumprindo as legislações vigentes, realizando a separação, o armazenamento e a destinação correta dos resíduos produzidos.

Cabe relatar que não foram encontradas dentre as bibliografias consultadas, informações inerentes ao ciclo completo ao qual o RCD deve ser submetido, a saber, desde a concepção até o possível reaproveitamento. Em vista disso, com o objetivo de elucidar o referido ciclo, um fluxograma foi elaborado, de forma didática, para contemplar todas as etapas do processo de gerenciamento de resíduos, com foco nas ações práticas a serem cumpridas, passando pelas fases de obra, usina e tratamento.

## REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RESÍDUOS E MEIO AMBIENTE (ABREMA). **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2023**. Disponível em: [https://www.abrema.org.br/wp-content/uploads/dlm\\_uploads/2024/03/Panorama\\_2023\\_P1.pdf](https://www.abrema.org.br/wp-content/uploads/dlm_uploads/2024/03/Panorama_2023_P1.pdf) Acesso em: 9 set. 2024.
- CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA no 307, de 5 de julho de 2002. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 2002. Disponível em: [https://www.mma.gov.br/estruturas/a3p/\\_arquivos/36\\_09102008030504.pdf](https://www.mma.gov.br/estruturas/a3p/_arquivos/36_09102008030504.pdf). Acesso em: 9 set. 2024.
- JOHN, V. M.; AGOPYAN, V. Reciclagem de Resíduos da Construção. In: SEMINÁRIO DE RECICLAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES, 2000, São Paulo. Anais... São Paulo: CETESB, 2000, p.1-13.
- NAGALLI, André. **Resíduos de construção civil: quantificação e gerenciamento**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2022. E-book. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br> . Acesso em: 09 set. 2024.
- SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL DO ESTADO DE SÃO PAULO (SINDUSCON-SP). **Gestão ambiental de resíduos da construção civil – Avanços institucionais e melhorias técnicas**. São Paulo: SindusCon-SP, 2015.



## **UTILIZAÇÃO DE TURFAS BRASILEIRAS NA RETENÇÃO DE METAIS POTENCIALMENTE TÓXICOS PROVENIENTES DE RESÍDUOS DE MINERAÇÃO**

*Diogo Perez Monteiro Claro<sup>1</sup>\*, Valéria Guimarães Silvestre Rodrigues<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Departamento de Geotecnologia, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

\*Autor correspondente: diogo.pm.claro@usp.br@usp.br

### **INTRODUÇÃO**

O desenvolvimento tecnológico e industrial da humanidade sempre esteve associado a impactos no meio ambiente, por demais, na história contemporânea o mundo passou por um processo agudo de progresso tecnocientífico da sociedade, o que esteve concomitantemente associado a um exaurimento dos recursos naturais e especialmente enfraquecimento dos ambientes. Essa condição pode por muito ser associada ao lançamento de substâncias químicas orgânicas e inorgânicas - sobretudo quando em forma de resíduos - advindas dessas atividades antrópicas em ecossistemas variados, culminando em diversos transtornos e desequilíbrios (Silva et al., 2024; Connell, 2005). Neste contexto, os principais meios físicos afetados são os corpos d'água superficiais e os solos, ambos tendendo a receber diretamente esses contaminantes, todavia o movimento desses elementos pelo meio pode resultar em uma contaminação indireta de outras esferas, como o ar atmosférico, a água subterrânea e os seres vivos, esses pela absorção, em casos de vegetais, ou biomagnificação no contexto faunístico (Salomons, 1995; Zuquette; Rodrigues; Pejon, 2013).

Por demais, no cenário global o ramo da extração intensiva de minérios possui alto valor comercial, pela elevada demanda tecnológica pelos produtos ali oferecidos (Raimondi et al. 2021). Todavia, essas atividades destacam-se pela sua alta geração de resíduos com elevado potencial de geração de impactos socioeconômicos e ambientais (Lima et al., 2023; Li et al., 2022). No entanto, apesar do risco associado à esses empreendimentos é comum que ocorra uma má disposição dos resíduos advindos da mineração, sejam estes os estéreis, provenientes da lavra - retirada do material geológico que está no entorno ou acima do minério - ou os rejeitos, mais perigosos e resultantes do beneficiamento do material - purificação e melhoramento da qualidade do minério -, que quando em contato direto com o solo tendem a causar graves impactos, dependendo do minério que foi extraído (Rodrigues, 2019).



Essas alterações podem ser observadas em diversas formas, a depender dos comportamentos ambientais a serem alterados e as características físico-químicas do fenômeno em questão, para tanto, entende-se que para que tal impacto ocorra é preciso que os contaminantes contidos nos resíduos de mineração alcancem o meio natural, sendo essa via normalmente a lixiviação por água pluvial (Zuquette; Rodrigues; Pejon, 2013; Connell, 2005). Assim, a lixiviação destes metais pode culminar em vários tipos de problemas, sendo os principais a presença de espécies químicas com potencial poluidor, destacando-se as diversas formas dos metais potencialmente tóxicos no meio, a acidificação pela formação da Drenagem Ácida de Mina (DAM), e a modificação de propriedades naturais, como a perda de nutrientes orgânicos e inorgânicos (Adriano, 1986; Campaner; Silva, 2009; Franchi, 2003).

Os metais potencialmente tóxicos (MPT's) podem ser encontrados nas séries de transição e nos grupos IIA, IIIB, IVB, VB e VIB da tabela periódica, todavia, sua definição pode ser feita de diferentes maneiras, pela sua densidade, onde consideram-se aqueles com massa específica maior que  $5 \text{ g cm}^{-3}$ , como o chumbo (Pb), o cádmio (Cd), o zinco (Zn) e o mercúrio (Hg) (Alloway, 1995) ou pela sua toxicidade, mais usada no contexto ambiental, onde são agrupados metais e metalóides com capacidade de causar efeitos negativos ao meio ambiente e à organismos vivos, englobando assim todos os anteriormente citados com a inclusão de outros como berílio (Be), arsênio (As), selênio (Se) e antimônio (Sb) (Adriano, 1986; Connell, 2005).

Esses compostos são considerados de alta periculosidade pela sua toxicidade, como supracitado, que pode ser expressa em diferentes formas, permitindo que os elementos sejam classificados conforme essa condição. Assim, têm-se: os teratogênicos, os mutagênicos e os carcinogênicos (Connell, 2005). Sendo que a contaminação de organismos por esses compostos pode ocorrer pelas chamadas vias de exposição, sendo essas as vias respiratória, digestiva e cutânea, sendo que os efeitos desse contato irão depender diretamente da via de exposição, além de que cada metal tende a ser mais assimilado por uma determinada via (Swanson; Williams; He, 2023; Lima et al, 2023). De forma geral, estes elementos estão diretamente ligados com os resíduos de mineração de minério metálico não ferroso.

Nesse contexto, é de extrema importância que sejam desenvolvidas tecnologias capazes de auxiliar na recuperação de áreas degradadas pela disposição incorreta de resíduos de mineração com esse potencial de contaminação. As turfas, por sua vez, surgem como uma alternativa, uma vez que esses materiais apresentam diversas propriedades capazes de promover a adsorção de metais (Huat et al, 2014; Kiehl, 1985).



## OBJETIVO

O presente trabalho teve como objetivo analisar a eficiência de turfas nacionais em possível aplicação em recuperação e remediação de áreas degradadas pela deposição inadequada de resíduos de mineração, principalmente em relação a adsorção de MPTs provenientes destes resíduos.

## METODOLOGIA

Primeiramente, foi realizada uma revisão bibliográfica envolvendo a aplicação de turfas, exclusivamente nacionais, como alternativa, direta ou indiretamente, para gerenciamento de impactos causados por resíduos de mineração.

Para isso, foram utilizadas as seguintes plataformas de publicação científica: *SciELO*, *Google Scholar*, *ScienceDirect* (Elsevier), *Web of Science* e o banco de testes da Universidade de São Paulo. Nesse contexto, utilizou-se de algumas palavras-chave, tal como suas respectivas traduções em inglês, sendo essas: “Turfa”, “Adsorção”, “Metais Pesados”, “Metais Potencialmente Tóxicos”, “Resíduos de Mineração” e “Áreas Degradadas”. Para tanto, objetivando ampliar a gama de estudos encontrados e avaliados foram utilizados 23 diferentes *strings* de busca envolvendo uma ou mais dessas palavras-chave em diferentes ordens e formas, mantendo exclusivamente sempre a utilização da primeira.

## RESULTADOS

Como resultado da revisão bibliográfica foram selecionados 8 artigos, além de outras publicações nacionais de interesse. Na Tabela 1 encontram-se as pesquisas selecionadas, tal como as aplicações propostas e as turfeiras estudadas.

*Tabela 1 – Artigos selecionados, aplicações e área de coleta das turfas.*

Autor	Localização	Aplicação Proposta
Lima et al., 2023	Bacia Mogi Guaçu (Cravinhos, SP)	Adsorção de Cd, Zn e Pb
Franchi, Sígolo; de Lima, 2003	Bacia Paraíba do Sul (São José dos Campos, SP)	Melhoramento do solo (propriedades físicas e químicas)
Raimondi et al., 2021	Bacia Mogi Guaçu (Luis Antônio, SP)	Adsorção de Cd, Zn e Pb
Lamim et al., 2001	Arraial do Cabo, RJ	Adsorção de Cu e Zn



Carvalho, 2011	Parque Nacional Serra de Itabaiana (Areia Branca, SE)	Complexação de Mn, Pb, Cu e Ni
dos Santos, 1998	Jaconé (Saquarema, RJ)	Adsorção de Pb e Zn
Crescêncio Junior, 2008	Mogi Guaçu, SP	Adsorção de Cu e Cd
Franchi, 2004	Rezende, RJ	Adsorção de Pb, Cd, Cu, Zn e Mn
	Bacia do rio Ribeira de Iguape (São José dos Campos, SP)	

Fonte: Os autores (2025).

De maneira geral, observou-se que, apesar dos estudos terem sido realizados com turfas de diferentes depósitos nacionais, as propriedades físico-químicas são parecidas em alguns aspectos, o que está diretamente ligado com as condições encontradas no Brasil, como temperatura ambiente, pH do meio e composição da biomassa vegetal.

Por demais, de maneira geral os estudos envolvendo adsorção de contaminantes metálicos apresentaram resultados extremamente positivos, indicando uma grande capacidade das turfas de complexar quimicamente esses MPT's, com estudos apontando de 83 a 98% de eficiência de adsorção. Porém, destaca-se que apesar dessas elevadas taxas, estudos que apresentaram ensaios de adsorção competitiva entre metais aponta um decaimento da concentração total adsorvida, resultado do esgotamento dos sítios ativos de adsorção, o mesmo decréscimo pode ser observado em ensaios com pH não ideal, normalmente muito básicos, que dificultam a adsorção por parte da turfa.

Em contrapartida, o mesmo não ocorre com o estudo apresentado por Crescêncio Junior (2008), que encontrou dificuldades na quantificação da adsorção dos metais analisados, especialmente o Cd, concluindo que nas condições propostas para os ensaios realizados com ambas as turfas, não foi possível concluir que essas apresentam potencial para a utilização como adsorvente.

Por fim, para Franchi (2003), onde se avaliou a melhora da qualidade de um solo impactado por mineração de areia no estado de São Paulo pela adequação de propriedades físico-químicas de interesse, as turfas podem ser uma ótima alternativa de recuperação de áreas degradadas por mineração. Nesse destacam-se o aumento de fertilidade, de porosidade total, de capacidade de troca catiônica e diminuição de densidade aparente, porém atenta-se à leve acidificação do meio.



## CONCLUSÕES

Conclui-se que as turfas nacionais citadas neste trabalho tendem a apresentar uma boa capacidade na remediação de áreas impactadas por resíduos de mineração, tanto pela imobilização de MPTs, como pela melhora da qualidade do solo, permitindo assim que compartimentos ambientais possam ser preservados e este solo recupere sua funcionalidade ambiental ou econômica.

Ademais, nota-se que as condições do meio na qual a turfa será empregada, tal como as propriedades naturais dessa podem influenciar diretamente na eficiência de sua aplicação, por exemplo, por possuir naturalmente um pH mais ácido, com isso, é importante a realização de um estudo prévio no solo que será tratado com a turfa, principalmente se tiver MPTs.

Apesar de existirem estudos envolvendo a problemática proposta nota-se ainda que, quando comparado com outras alternativas de recuperação de áreas degradadas por mineração, esse cenário é pouco explorado nacionalmente e deve receber maior atenção.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela bolsa de Iniciação Científica (Processo: 2024/05811-1).

## REFERÊNCIAS

- ADRIANO, D. C. **Trace elements in the terrestrial environments.** New York: Springer-Verlang, 1986. 533p.
- ALLOWAY, B. J. **Heavy Metals in Soils.** 2<sup>a</sup> edição. Springer Science and Business Media, B.V. United Kingdom. 1995.
- CAMPANER, V. P.; SILVA, W. L. Processos físico-químicos em drenagem ácida de mina em mineração de carvão no sul do Brasil. **Química Nova.** v. 32. 2023.
- CARVALHO, V. C. **Caracterização e avaliação da interação entre espécies metálicas e substâncias húmicas de turfa:** uma alternativa para remediação de solos e águas superficiais na região do agreste sergipano. 2011. Dissertação (Mestrando em química) - Universidade Federal de Sergipe, Sergipe, 2011.
- CONNELL, D.W. **Basic Concepts of Environmental Chemistry.** 2<sup>a</sup> edição. CRC PRESS. New York, United States of America 2005.
- CRESCÊNCIO JUNIOR, F. **Estudo de turfas em laboratório como barreira reativa na remediação de aquíferos.** 2008. Tese (Doutorando em ciências em engenharia civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.



dos SANTOS, M. D. C. **Estudo dos mecanismos de adsorção em meio ácido dos metais chumbo e zinco em turfa de Jaconé-RJ.** 1998. Tese (Doutorando em Engenharia) - Dep. de Minas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

FRANCHI, J. G. **A utilização de turfa como adsorvente de metais pesados. O exemplo da contaminação da Bacia do Rio Ribeira de Iguape por chumbo e metais associados.** 2004. Tese (Doutorado em Geoquímica e Geotectônica) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

FRANCHI, J. G.; SÍGOLO, J. B.; de LIMA, J. R. B. Turfa Utilizada na Recuperação Ambiental de Áreas Mineradas: Metodologia para Avaliação Laboratorial. **Revista Brasileira de Geociências.** 2003.

HUAT, B. B. K.; PROSAD, A.; ASADI, A.; KAZEMIAN, S.; **Geotechnics of Organic Soils and Peat.** CRC Press, 265p. 2014.

KIEHL, E. J.; **Fertilizantes orgânicos.** Piracicaba: Editora Agronômica "Ceres" Ltda, 1985, 492p.

LI, Q.; WANG, Y.; LI, Y.; LI, L.; TANG, M.; HU, W.; CHEN, L.; AI, S. Speciation of heavy metals in soils and their immobilization at micro-scale interfaces among diverse soil components. **Science of The Total Environment.** v. 825. 2022.

LIMA, J. Z. et al. Competitive sorption and desorption of cadmium, lead, and zinc onto peat, compost, and biochar. **Journal of Environmental Management.** 2023.

LAMIM, A. P. B. et al. Caracterização química e física de turfa litorânea e avaliação da adsorção competitiva por cobre e zinco. **Química Nova.** v. 24. 2001.

RODRIGUES, V. G. S.. Resíduos de Mineração. In: SCHALCH, V.; LEITE, W. C. A.; CASTRO, M. C. A. A.; CÓRDOBA, R. E.; CASTRO, M. A. S. (Orgs.). **Resíduos Sólidos: Conceitos, Gestão e Gerenciamento.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2019.

RAIMONDI I. M. et al. Assessment of the use of tropical peats as local alternative materials for the adsorption of Pb, Zn and Cd: An equilibrium study. **Earth Sciences Research Journal.** v. 25. 2024.

SALOMONS, W.; Environmental impact of metals derived from mining activities: processes, predictions, prevention. **Journal of Geochimical Exploration**, Elsevier, n.52, p. 5-23, 1995.

SILVA et al. Assessing background levels of trace elements in soils of Mato Grosso (Brazil) for environmental and food security. **Catena.** 2024.

SWANSON, C. S.; WILLIAMS, J. M.; HE, Q. Risks of exposure to microbial contamination in eyewash stations. **American Journal of Infection Control.** 2023.

ZUQUETTE, L. V.; RODRIGUES; V. G. S.; PEJON, O. J.. Recuperação de Áreas Degradadas. In: CALIJURI, M. C.; CUNHA, D. G. F. (Eds.). **Engenharia Ambiental: Conceitos, Tecnologia e Gestão.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2013. p. 589 - 619.



## ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS PLANOS MUNICIPAIS DE GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS - PMGIRS DOS MUNICÍPIOS DE SÃO FÉLIX DO TOCANTINS E PALMAS-TO, UTILIZANDO MATRIZ SWOT

*Vitória Cardoso da Costa<sup>1</sup>, Elaine da Cunha Silva Paz<sup>1\*</sup>, Michelle Ludmila Guedes dos Santos<sup>1</sup>, Luciana Rezende Alves de Oliveira<sup>2</sup>, Marcelo Mendes Pedroza<sup>1</sup>, Cláudia da Silva Aguiar Rezende<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins - campus Palmas;

<sup>2</sup> Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo.

\*Autor correspondente: elaine@ifto.edu.br

### INTRODUÇÃO

O elevado número de resíduos sólidos produzidos no Brasil e no mundo tornou necessária a criação de normas e leis para estabelecer regras sobre procedimentos de caracterização, acondicionamento, transporte, tratamento e disposição final desses resíduos. A Lei 12.305/2010, estabeleceu a Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS, um marco regulatório decisivo para a gestão ambientalmente adequada dos resíduos sólidos no Brasil. A PNRS oferece diretrizes para enfrentar desafios na gestão de resíduos e promove a adoção de ferramentas eficazes (Brasil, 2010).

A elaboração de Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos - PMGIRS surgiu como uma ferramenta da PNRS. O PMGIRS atua de forma integral em todos os aspectos de demanda, manejo, destinação e tratamento dos resíduos sólidos. A gestão eficaz dos resíduos sólidos contribui para a redução da poluição, conservação de recursos naturais e mitigação das mudanças climáticas.

Os municípios que selecionados para a análise de seus PMGIRS foram São Félix do Tocantins e Palmas – TO, o primeiro por estar localizado em uma Área de Proteção Ambiental e o segundo por ser a capital do Estado.

### OBJETIVO

O objetivo geral deste trabalho é realizar uma análise comparativa entre os Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos dos municípios de São Félix do Tocantins e Palmas – TO, utilizando a Matriz SWOT.



## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei 12.305/2010, estabeleceu diretrizes para a gestão ambientalmente adequada dos resíduos sólidos no Brasil. Esta lei classifica os tipos de planos de resíduos sólidos, incluindo o Plano Nacional, Planos estaduais, Planos microrregionais, e os Planos municipais de gestão integrada de resíduos sólidos (PMGIRS). Também determina a ordem de prioridades no gerenciamento dos resíduos: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (Brasil, 2010).

O conteúdo mínimo para os PMGIRS, abrange diagnóstico, identificação de áreas para disposição, soluções consorciadas, resíduos sujeitos a planos específicos ou logística reversa, procedimentos operacionais, indicadores de desempenho, regras de transporte, definição de responsabilidades, programas de capacitação e educação ambiental, participação de catadores, mecanismos para geração de negócios/renda, cálculo de custos, metas, formas de participação pública, controle/fiscalização, ações preventivas/corretivas, identificação de passivos ambientais e periodicidade de revisão. Para municípios com menos de 20.000 habitantes (com exceções), é permitido um Plano Simplificado (Brasil, 2010).

A análise comparativa de planos municipais é importante para a gestão ambiental, pois permite identificar semelhanças, divergências, boas práticas e deficiências, fornecendo *insights* para aprimoramento.

## METODOLOGIA

A pesquisa é qualitativa e documental, com análise dos PMGIRS dos municípios, São Félix do Tocantins e Palmas – TO. Utilizou-se a matriz SWOT para identificar forças, fraquezas, oportunidades e ameaças em cada plano e a matriz GUT para estabelecer prioridades. Os critérios considerados para a seleção dos municípios incluíram representatividade regional e diversidade populacional, bem como a disponibilidade dos planos em formato oficial. A aplicação das matrizes foi feita a partir da leitura crítica dos documentos, categorizando os elementos segundo os parâmetros estabelecidos nas ferramentas.

## RESULTADOS

A análise dos dados obtidos nos documentos dos PMGIRS dos dois municípios foi organizada por meio das matrizes SWOT e GUT, ferramentas que permitem não apenas identificar os aspectos positivos e negativos das políticas adotadas, mas também hierarquizar



as ações mais urgentes com base em critérios objetivos. Esta etapa é essencial para compreender os contextos locais, revelar os fatores que influenciam a eficiência da gestão de resíduos sólidos e propor estratégias específicas para cada realidade municipal. Os quadros 1 e 2 referem-se respectivamente as Matriz SWOT dos municípios São Félix do Tocantins e de Palmas – TO, em conformidade com seus PMGIRS.

*Quadro 1 – Matriz SWOT de São Félix do Tocantins*

Fatores Internos		Fatores Externos	
Forças		Oportunidades	
Fraquezas		Ameaças	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Benefícios econômicos e ambientais dos sistemas agroflorestais</li> <li>• Ênfase em segregação e destinação de resíduos diversos</li> <li>• Procedimentos claros para resíduos de transporte e mineração</li> <li>• Uso de tecnologias sustentáveis para reaproveitamento</li> <li>• Participação comunitária como fonte de emprego e renda</li> <li>• Inclusão de associações de catadores e detalhamento de custos</li> <li>• Cobertura total na zona urbana e variedade de serviços de limpeza</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Campanhas educativas e políticas públicas para manejo de resíduos</li> <li>• Parcerias com empresas para tratamento de resíduos perigosos</li> <li>• Programas educativos para segregação e redução de resíduos</li> <li>• Desenvolvimento de tecnologias de tratamento</li> <li>• Criação de sistemas de informação e controle social</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de coleta seletiva para resíduos agrossilvopastorais</li> <li>• Ausência de especificações técnicas para tratamento de resíduos de mineração</li> <li>• Pouca abordagem em educação ambiental e conscientização</li> <li>• Falta de reciclagem e detalhamento técnico em vários tipos de resíduos</li> <li>• Necessidade de detalhamento em indicadores, fiscalização e implementação prática</li> <li>• Menor percentual de materiais recicláveis e falhas na coleta seletiva urbana</li> <li>• Falta de prognóstico populacional e de planejamento a longo prazo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de coleta seletiva e riscos ambientais e à saúde</li> <li>• Mudanças regulatórias e falta de estrutura para adaptação</li> <li>• Dificuldades na fiscalização e ineficiência de gestão em vários setores</li> <li>• Contaminação do solo e água; desafios na disposição final</li> <li>• Resistência a mudanças e perda de competitividade regional</li> </ul>

Fonte: Os autores (2025).



### Quadro 2 – Matriz SWOT de Palmas - Tocantins

Fatores Internos		Fatores Externos	
Forças		Oportunidades	
Fraquezas		Ameaças	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ênfase na legislação e responsabilidade dos usuários</li> <li>• Diretrizes claras para planos de gerenciamento</li> <li>• Sistema eficiente de segregação e coleta</li> <li>• Participação de empresas privadas e transparéncia nos serviços</li> <li>• Uso de resíduos de podas para compostagem</li> <li>• Sistema de cobrança vinculado ao IPTU</li> <li>• Projeções e diagnóstico detalhado</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estabelecimento de locais para devolução de resíduos especiais</li> <li>• Parcerias público-privadas para tratamento e coleta</li> <li>• Programas educacionais e engajamento comunitário</li> <li>• Exploração de métodos inovadores</li> <li>• Previsão e adaptação rápida a mudanças</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dificuldades na implementação para resíduos agrossilvopastoris e especiais</li> <li>• Falta de infraestrutura e detalhes técnicos para resíduos diversos</li> <li>• Pouca reciclagem de resíduos da construção civil e descarte irregular</li> <li>• Falta de campanhas de sensibilização e detalhes financeiros</li> <li>• Implementação incerta, especialmente em áreas rurais</li> <li>• Falta de adequação legal e financeira</li> <li>• Pouco foco em catadores e população de baixa renda.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Riscos ambientais e de saúde devido a descarte inadequado</li> <li>• Dificuldades em municípios menores para implementação</li> <li>• Aumento de resíduos pode sobrecarregar sistemas existentes</li> <li>• Situações imprevistas podem comprometer prognósticos</li> <li>• Limitações na aplicação e fiscalização das diretrizes</li> </ul>	

Fonte: Os autores (2025).

Essas análises demonstram que São Félix necessita urgentemente atualizar seu PMGIRS, melhorar a coleta e dispor adequadamente os resíduos. Já Palmas deve aperfeiçoar a logística reversa e promover maior transparéncia financeira.

As principais diferenças observadas entre os municípios referem-se à abrangência e atualização dos planos. Palmas apresenta um PMGIRS mais detalhado, com maior cobertura dos serviços de coleta e melhores condições de infraestrutura, além de estar em processo de revisão. Em contrapartida, São Félix do Tocantins possui um plano desatualizado e com menor abrangência de coleta, reflexo de sua menor capacidade administrativa e territorial.



Contudo, ambos os municípios enfrentam dificuldades relacionadas à destinação final dos resíduos e à inclusão de ações de logística reversa. A semelhança mais significativa é o reconhecimento da necessidade de melhorias contínuas na gestão de resíduos sólidos, incluindo a ampliação de programas de coleta seletiva e o fortalecimento da participação da população nos processos de gestão ambiental.

## CONCLUSÕES

A análise comparativa revela que, apesar dos avanços em Palmas, ambos os municípios enfrentam desafios distintos. A matriz SWOT evidenciou as áreas críticas, enquanto a GUT auxiliou na definição de prioridades. A aplicação conjunta das Matrizes SWOT e GUT sublinha a importância de abordar desafios específicos.

Para Palmas, problemas como a ausência de pontos para devolução de resíduos agrossilvopastoris e a falta de detalhes sobre gastos do sistema foram identificados como obstáculos que podem comprometer a gestão, resultando em impactos negativos e custos adicionais.

Enquanto que para o município de São Félix do Tocantins, os desafios como a falta de conscientização sobre acondicionamento domiciliar, ausência de especificações sobre cadastro/fiscalização industrial e a destinação final inadequada dos Resíduos Sólidos Urbanos - RSU foram evidenciados na matriz GUT, gerando impactos ao meio ambiente, saúde pública e custos, o que desvaloriza a imagem institucional. A matriz GUT é orienta para as estratégias de planejamento e gestão ambiental, permitindo priorizar ações com base na gravidade, urgência e tendência dos problemas identificados.

## REFERÊNCIAS

ABNT. NBR 10.004: Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, 2004.

ABNT. NBR 10520:2023: Informação e documentação — Apresentação de citações em documentos. Rio de Janeiro, 2023.

ABNT. NBR 6023: Informação e documentação — Referências — Elaboração. Rio de Janeiro, 2018.

BRASIL. Lei n.º 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, ano CXLVII, n. 148, p. 3-6, 3 ago. 2010.

COSTA, A. M.; OLIVEIRA, P. F.; SILVA, J. R. Gestão de resíduos sólidos: aplicação das



# SIRS

Simpósio sobre  
Resíduos Sólidos

Cidades Inteligentes e Sustentáveis

16 a 19 de setembro de 2025  
São Carlos/SP  
Brasil

Realização



Núcleo de Estudo e Pesquisa em Resíduos Sólidos



matrizes SWOT e GUT. Revista Gestão e Sustentabilidade, São Paulo, v. 4, n. 2, p. 34-48, 2017.

LINS, F. M.; SILVA, T. A.; MOURA, J. A. Gestão integrada de resíduos sólidos: teoria e prática. São Paulo: Manole, 2008.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO FÉLIX DO TOCANTINS. Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos – PMGIRS. São Félix do Tocantins, 2012.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PALMAS. Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos – PMGIRS. Palmas, 2020.

## DESAFIOS ENFRENTADOS POR COOPERATIVAS DE RECICLAGEM NA PROMOÇÃO À ECONOMIA CIRCULAR: UM ESTUDO DE CASO

*Rafaela Bottura Morillo<sup>1</sup>\*, Hillary Nogueira de Carvalho<sup>1</sup>, Amanda Daniele de Carvalho<sup>1</sup>, Janaína Mascarenhas<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Departamento de Engenharia de Produção, Escola de Engenharia de São Carlos,  
Universidade de São Paulo.

\*Autor correspondente: [rafaela.bottura@usp.br](mailto:rafaela.bottura@usp.br)

### INTRODUÇÃO

A gestão de resíduos sólidos urbanos (RSU) representa um dos principais desafios ambientais enfrentados atualmente pelos centros urbanos. O Brasil produz aproximadamente 81 milhões de toneladas de RSU anualmente, segundo o Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil (Abrema, 2024), correspondente a 382 Kg de resíduos per capita ao ano. Contudo, conforme o volume estimado de 80 milhões de toneladas de resíduos gerados no ano de 2022 (Abrelpe, 2022), apenas 4% foi destinado corretamente à reciclagem (Gandra, 2022).

A reciclagem envolve o reaproveitamento de materiais descartados, sendo um dos meios de maior eficiência para a redução do volume de RSU gerados e para sua correta destinação. A partir da valorização dos materiais como insumos incorporados ao ciclo produtivo, esse processo promove a diminuição da extração de recursos naturais, colaborando para a preservação do meio ambiente (ABNT NBR 17100-1/2023).

Nesse contexto, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010) reconhece formalmente as cooperativas e catadores de materiais recicláveis como agentes fundamentais da logística reversa e da inclusão social. Essas cooperativas são essenciais para a transformação da economia linear para a circular, com redução expressiva da quantidade de resíduos destinados aos aterros (Demajorovic; Caires *et al.* 2014). Além disso, promovem a inclusão social, oferecendo oportunidades de trabalho a pessoas em situação de vulnerabilidade (Neto, 2019).

No entanto, a invisibilidade advinda da falta de reconhecimento e colaboração entre a comunidade, o poder público e setor privado limita a eficácia e expansão das operações. Com isso, constroem-se barreiras estruturais que dificultam o aumento da rede de parcerias, essenciais para o fornecimento constante de materiais recicláveis às cooperativas. (Bellacosa,



2020; Santos, 2023). A falta de apoio do poder público negligencia uma infraestrutura adequada, equipamentos apropriados, governança e formação dos trabalhadores (Tirado-Soto; Zamberlan, 2023), agindo com desleixo quanto ao artigo 36º da Lei 12.305/2010, que prevê a priorização da participação de organizações cooperativistas e associações de catadores de materiais recicláveis compostas por pessoas em situação de vulnerabilidade socioeconômica (Brasil, 2010).

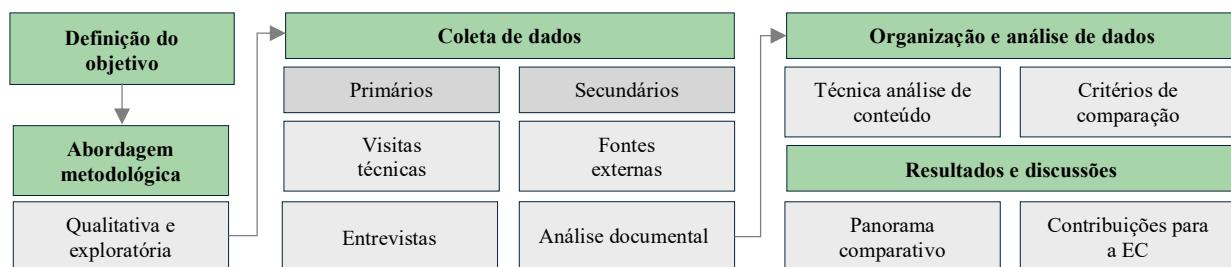
## OBJETIVO

Com base nesse panorama, o presente trabalho teve-se como objetivo analisar e comparar duas cooperativas de reciclagem localizadas no interior de São Paulo, considerando suas características institucionais, as semelhanças e diferenças nas parcerias com o poder público e a forma como a gestão impacta diretamente sua produtividade e organização interna. Espera-se, com isso, identificar ações que contribuam para a maior eficiência na gestão dos RSU recicláveis.

## METODOLOGIA

Para atingir o objetivo proposto, foi conduzida uma pesquisa com abordagem qualitativa e caráter exploratório (Figura 1). O estudo envolveu visitas técnicas às duas organizações, nas quais foram observados o fluxo operacional, a estrutura física, as condições de trabalho dos cooperados e a logística das atividades de coleta e triagem de materiais. A partir dessas observações, foram coletados informações e dados *in loco* sobre os principais aspectos relacionados à gestão e infraestrutura de cada cooperativa.

Figura 1 – Esquema da metodologia aplicada.



Fonte: Os autores (2025).

Além disso, foram realizados entrevistas e diálogos com os responsáveis pela administração e gerenciamento das cooperativas, buscando compreender os principais desafios enfrentados, as estratégias adotadas para a realização dos serviços e as necessidades identificadas para melhorias. Também foi conduzida uma análise documental de cada



organização, que incluiu a leitura e interpretação dos estatutos, dos termos de contrato com as prefeituras municipais, dos relatórios financeiros e do histórico institucional.

Por fim, com o apoio de dados secundários – como reportagens, registros públicos e estudos acadêmicos sobre as respectivas cooperativas –, foi possível construir uma visão panorâmica da evolução dessas organizações ao longo do tempo, considerando mudanças na gestão, inserção em políticas públicas e contribuição para a economia circular no contexto municipal. A comparação entre as cooperativas considerou critérios como a infraestrutura disponível, grau de apoio institucional e práticas de gestão adotadas. Os dados foram organizados e analisados com base na técnica de análise de conteúdo, buscando identificar padrões, convergências e divergências entre os dois casos estudados.

## RESULTADOS

A cooperativa A, fundada em 2002, surgiu para oferecer melhores condições de trabalho a catadores que atuavam no aterro sanitário. Seu modelo de gestão é participativo e transparente, composto por rodas de conversa, assembleias, painéis informativos e controle administrativo rigoroso. Apesar de sua importância socioambiental, a cooperativa enfrentou inúmeros entraves institucionais, como a perda de autonomia nas coletas em 2012 e 2013, a redução de 50% no volume de materiais coletados em 2014 e o encerramento de contratos com a prefeitura em 2022, que comprometeram seu acesso aos materiais da coleta porta a porta e dos ecopontos. Somente em 2023, após duas décadas de atuação, foi formalizado um contrato com o poder público garantindo remuneração pelos serviços prestados.

Frente aos desafios, a cooperativa A buscou alternativas com o apoio de redes, consultorias especializadas e grandes geradores de resíduos. Atualmente, opera com quatro caminhões nas coletas diurnas e noturnas e infraestrutura cedida pela prefeitura, com três galpões equipados com esteiras mecanizadas, empilhadeiras e máquina de Trituração, lavagem e secagem de plásticos. A triagem é realizada de forma segmentada, com separação e recirculação de materiais nas esteiras, de forma a obter o maior percentual de produtividade, além da triagem de plásticos por tipo de cor e resina, a desmontagem de eletrônicos, o armazenamento de vidro e a operação de Trituração de plásticos PEAD – permite maior capacidade de processamento e valor de venda. Os materiais são vendidos diretamente a compradores, enquanto os rejeitos são destinados corretamente.

O contrato atual, no entanto, prevê o pagamento apenas pela triagem (R\$814,00 por tonelada), desconsiderando os demais serviços prestados e limitando a produtividade ao teto de 150 toneladas mensais. Desse modo, o volume excedente de materiais precisa ser armazenado



para contabilização no mês seguinte. Além disso, a cooperativa promove capacitações contínuas, adota normas rigorosas de segurança no trabalho e oferece suporte social aos cooperados, como alimentação diária. Participa também da Rede Solidária, que fortalece a troca de experiências entre cooperativas e investe em melhorias estruturais e operacionais, como a criação de uma sala de capacitação e um projeto de Trituração de Vidro, refletindo seu compromisso com a eficiência, inclusão e sustentabilidade.

A cooperativa B, fundada em 2004 a partir da fusão de três cooperativas que atuavam no antigo aterro sanitário, é atualmente a principal responsável pela coleta seletiva e triagem de resíduos recicláveis do município. Ao longo de sua trajetória, passou por reformulações administrativas e instabilidades contratuais, sendo agravadas em 2023 com a transição da gestão contratual da prefeitura para o SAAE (Serviço Autônomo de Água e Esgoto), o que gerou atrasos nos repasses financeiros, suspensão das atividades e vasão de cooperados, comprometendo a produtividade da organização.

A cooperativa enfrenta sérias limitações de infraestrutura. Conta apenas com duas mesas e uma prensa manual, sem esteiras, empilhadeiras ou balanças industriais, o que obriga os cooperados — majoritariamente mulheres — a realizarem as atividades de forma manual e exaustiva. O galpão cedido pela prefeitura não é bem aproveitado, com desorganização no armazenamento e falta de separação adequada por tipo de material, o que resulta em perdas operacionais, dificuldades para armazenar materiais até a venda e alto índice de rejeito ( $\approx 97\%$ ).

Em termos organizacionais, cooperativa B possui um regimento interno estruturado, com divisão de funções e regras definidas. No entanto, essas diretrizes pouco se refletem na prática, devido à desorganização das tarefas, ausência de supervisão efetiva, descomprometimento de parte dos cooperados e baixa participação nas decisões administrativas e produtivas. A evasão é constante, dificultando a manutenção de uma equipe mínima para atender à demanda da cidade e aos cinco ecopontos vinculados ao contrato com o SAAE.

A rotina operacional envolve o uso de planilhas de pesagem e vendas, além do registro de horas em ecopontos. Entretanto, a cooperativa depende de equipamentos de terceiros, como a balança de uma empresa de papelão, e enfrenta atrasos de até 30 dias no recebimento dos repasses públicos. A venda dos materiais também é afetada: por falta de espaço para armazenamento, muitas vendas são feitas com menor valorização, apenas para liberar área útil ou gerar fluxo de caixa imediato. A gestão dos caminhões de coleta — dois alugados e um próprio — é fragilizada pela ausência de contratos formais, fiscalização ineficiente das rotas, falta de controle de combustível e inexistência de rotas fixas, mesmo com GPS instalado em dois dos veículos. Além disso, não há distinção entre os materiais coletados porta a porta e os

recebidos dos ecopontos, tampouco controle da quantidade de rejeitos gerados na triagem, o que dificulta qualquer diagnóstico preciso da eficiência operacional.

Ainda que mantenha parcerias com o SAAE, secretarias municipais e programas estaduais, a continuidade e expansão da cooperativa B dependem de investimentos urgentes em infraestrutura, valorização dos serviços prestados e fortalecimento da gestão interna. A modernização das instalações, a adoção de mecanismos de controle e a reestruturação organizacional são indispensáveis para garantir a sustentabilidade das atividades e melhorar as condições de trabalho dos cooperados.

Apesar de atuarem em contextos semelhantes, as cooperativas apresentam diferenças marcantes em sua estrutura e desempenho (Figura 2). De modo que a cooperativa A possui gestão participativa, controle eficiente das operações e infraestrutura adequada, com esteiras, maquinários e organização setorial, o que contribui para maior produtividade e engajamento dos cooperados. Em contrapartida, a cooperativa B enfrenta sérias limitações operacionais, como estrutura física precária, ausência de controle sobre a produção e baixa participação dos cooperados. Apesar de um regimento formal, a gestão cotidiana é fragilizada, o que compromete a eficiência e a capacidade de expansão da cooperativa.

*Figura 2 – Algumas das principais diferenças entre as cooperativas.*

	Cooperativa A	Cooperativa B
Infraestrutura e Organização	Esteiras mecanizadas, empilhadeiras, triturador de plástico; galpões setorizados e organizados	Duas mesas de triagem e prensa manual, ausência de esteira e balança; sem organização
Controle Operacional	Monitoramento de rotas, indicadores de desempenho, fiscalização externa	Falta de controle de rotas, triagem e rejeitos; dependência de equipamentos de terceiros

Fonte: Os autores (2025).

Assim, para que a cooperativa B melhore seu desempenho produtivo, é necessário adotar medidas já implementadas pela cooperativa A, como a organização física do galpão com setores delimitados e sinalizados, a separação de materiais por tipo e cor em bags identificadas, a instalação de painéis informativos com dados operacionais, o controle básico e periódico das rotas e do consumo de combustível dos veículos e firmar parcerias com instituições técnicas para capacitações contínuas para os cooperados.

## CONCLUSÕES

A análise comparativa entre as cooperativas evidenciou que, embora ambas estejam inseridas em contextos urbanos semelhantes e atuem sob modelos cooperativistas vinculados ao poder público, apresentam desempenhos operacionais e níveis de organização significativamente distintos. As diferenças estruturais, gerenciais e administrativas revelam que



a existência de um contrato público não garante a efetividade das atividades, tampouco a valorização plena dos catadores como agentes da política nacional de resíduos sólidos.

Dessa forma, conclui-se que o fortalecimento da gestão interna, aliado a investimentos em infraestrutura, monitoramento das atividades e valorização efetiva dos serviços prestados, é essencial para garantir a sustentabilidade e seu protagonismo na cadeia da reciclagem e da inclusão social. Espera-se que os achados deste estudo possam subsidiar futuras ações de apoio técnico e político às cooperativas, contribuindo para o aprimoramento da gestão integrada de RSU no âmbito municipal.

## REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). *Panorama do saneamento no Brasil*. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/saneamento-basico/a-ana-e-o-saneamento/panorama-do-saneamento-no-brasil-1>. Acesso em: 6 jun. 2024.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *ABNT NBR 17100-1: Gerenciamento de resíduos. Parte 1: Requisitos gerais*. Rio de Janeiro, 2023.
- BELLACOSA, C. *Os desafios na gestão dos resíduos sólidos por cooperativas em São Paulo e os efeitos do Decreto nº 58.701/2019 na coleta de grandes geradores: o caso da Cooperativa Vira Lata*. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020. Disponível em: <https://bdta.abcd.usp.br/directbitstream/5884a887-aae8-47ea-a2cb-4585f9081d3a/CarolineBellacosa%20TCCPRO20.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2024.
- BRASIL. *Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010*. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, 3 ago. 2010. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm). Acesso em: 11 maio 2025.
- DEMAJOROVIC, J. et al. Integrando empresas e cooperativas de catadores em fluxos reversos de resíduos sólidos pós-consumo: o caso Vira-Lata. *Cadernos EBAPE.BR*, Rio de Janeiro, v. 12, n. spe, p. 513–532, ago. 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cebape/a/wQCHDtvrwB9rKZp3gZVDjNQ/>. Acesso em: 10 jun. 2024.
- GANDRA, A. Índice de reciclagem no Brasil é de 4%, diz Abrelpe. *Agência Brasil*, Rio de Janeiro, 6 jun. 2022. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2022-06/indice-de-reciclagem-no-brasil-e-de-4-diz-abrelpe>. Acesso em: 7 jun. 2024.
- NETO, R. C. L. *Levantamento socioeconômico de profissionais catadores de resíduos sólidos: a coleta seletiva/reciclagem como fator de inclusão social*. 2019. 51 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/24585/1/TCC%20%20RENATO%20LINS.pdf>. Acesso em: 5 jun. 2024.
- SANTOS, D. A. *Cooperativas de resíduos sólidos na logística reversa: desafios e estratégias para aumentar a eficácia na promoção da sustentabilidade*. 2023. 69 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Administração) – Universidade Federal de São Paulo, Osasco, 2023. Disponível em: <https://repositorio.unifesp.br/server/api/core/bitstreams/0c6ecbc4-161f-4e65-acfc-aedd1a89eb36/content>. Acesso em: 8 jun. 2024.
- TIRADO-SOTO, M. M.; ZAMBERLAN, F. L. Networks of recyclable material waste-picker's cooperatives: an alternative for the solid waste management in the city of Rio de Janeiro. *Waste Management*, v. 33, p. 1004–1012, 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956053X12005491?via%3Dihub>. Acesso em: 10 jun. 2024.



## IMPACTOS DAS COOPERATIVAS DE RESÍDUOS SÓLIDOS RECICLÁVEIS NO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

*Cristiane Aparecida da Silva Panari<sup>1</sup>, Luan Vitor Pereira Trecossi<sup>1</sup>, Isadora Alves Lovo Ismail<sup>1,2</sup>, Marlília Vasconcellos Agnesini<sup>1\*</sup>*

<sup>1</sup>Universidade de Ribeirão Preto – UNAERP

<sup>2</sup>Escola de Engenharia de São Carlos – EESC – USP

\*Autor correspondente: magnesini@unaerp.br

### INTRODUÇÃO

A crescente urbanização e o aumento da população mundial têm intensificado a geração de resíduos sólidos urbanos (RSU), apresentando-se como um dos maiores desafios ambientais atualmente. Segundo o UNEP (*United Nations Environment Programme*) 2024, mais de 2 bilhões de toneladas de resíduos sólidos são gerados anualmente no mundo, com previsão de crescimento para 3,8 bilhões de toneladas até 2050, caso práticas inadequadas de gestão e consumo persistam. No Brasil, esse problema é ainda mais evidente, com cerca de 77,1 milhões de toneladas de resíduos sólidos gerados em 2022, dos quais aproximadamente 38,9% tiveram destinação inadequada, como aterros controlados ou lixões (ABREMA, 2022). Essa situação contribui para impactos ambientais significativos, como a contaminação de solos e recursos hídricos, além da emissão de gases de efeito estufa provenientes da decomposição anaeróbica de matéria orgânica em aterros sanitários.

A reciclagem surge como uma das principais estratégias para mitigar os impactos ambientais dos RSU. Além de reduzir a demanda por matérias-primas virgens, a reciclagem contribui para a diminuição dos volumes de resíduos destinados aos aterros, prolongando sua vida útil e reduzindo os custos associados ao manejo de resíduos (GHISELLINI *et al.*, 2016). Nesse contexto, as cooperativas de reciclagem desempenham um papel central. Formadas por trabalhadores organizados de maneira autogestão, essas cooperativas promovem não apenas a coleta e triagem de materiais recicláveis, mas também a inclusão social e melhoria das condições de trabalho para populações historicamente marginalizadas. Sendo assim as cooperativas representam um modelo inovador de gestão de resíduos que combina sustentabilidade ambiental e justiça social (BESEN, 2011).

A relevância das cooperativas de reciclagem é amplificada no âmbito dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU),

particularmente os ODS 11 (Cidades e Comunidades Sustentáveis), 12 (Consumo e Produção Responsáveis) e 13 (Ação Contra a Mudança Global do Clima). Além disso, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº 12.305/2010 no Brasil, reconhece e incentiva a atuação das cooperativas no sistema de logística reversa, evidenciando sua importância como agentes transformadores na gestão integrada de resíduos sólidos.

Sendo assim, a sistematização do processo de criação de cooperativas de reciclagem é crucial para garantir que elas funcionem de maneira eficiente e sustentável, servindo como modelos replicáveis em diferentes contextos socioeconômicos. Segundo Besen *et al.* (2017), cooperativas bem estruturadas não apenas desempenham um papel fundamental na gestão de resíduos sólidos, mas também promovem a inclusão social de catadores e geram impactos ambientais positivos, como a redução do desperdício e a diminuição da extração de recursos naturais.

É fundamental que sejam estimulados estudos às cooperativas, para que não apenas fortaleça as cooperativas existentes, mas também incentive a criação de novas organizações, ampliando a rede de gestão de resíduos recicláveis no Brasil. O objetivo é transformar as cooperativas em vetores de mudança estrutural, contribuindo para uma sociedade mais sustentável e inclusiva.

## OBJETIVO

Analizar os impactos gerados nas atividades de uma cooperativa de resíduos sólidos recicláveis.

## METODOLOGIA

A análise dos impactos das cooperativas de reciclagem ocorreu através do mapeamento das principais atividades realizadas por cooperativas recicláveis. Os dados foram obtidos por meio de visitas de campo e revisão de documentos institucionais, em análise qualitativa. O estudo foi realizado na Cooperativa de Reciclagem de Ribeirão Preto, fundada em 2023, no município de Ribeirão Preto.

As áreas de impacto envolveram as três grandes dimensões do desenvolvimento sustentável: sustentabilidade ambiental; inclusão social; e economia. Foi utilizado um quadro de referência para relacionar as atividades da cooperativa às práticas de gestão de resíduos, sustentabilidade e econômicas.



## RESULTADOS

No Quadro 1 foram descritos os possíveis impactos identificados em cooperativas, divididos de acordo as dimensões da sustentabilidade ambiental.

*Quadro 1 – Descrição dos possíveis impactos locais na cooperativa e as dimensões da sustentabilidade ambiental envolvidas*

Dimensão	Impactos positivos identificados	Impactos negativos potenciais
Ambiental	<ul style="list-style-type: none"> <li>A segregação, triagem e comercialização de recicláveis promove o reaproveitamento de materiais e diminui a pressão sobre os sistemas públicos de coleta e disposição final de resíduos.</li> <li>A atuação da cooperativa contribui para o fortalecimento da consciência ambiental na comunidade, estimulando práticas sustentáveis e o descarte adequado de resíduos.</li> <li>A cooperativa integra a cadeia produtiva da reciclagem, favorecendo o retorno de materiais ao ciclo produtivo, reduzindo a extração de recursos naturais e fomentando a economia local.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>A falta de infraestrutura ou de organização no armazenamento temporário dos materiais recicláveis pode gerar acúmulo excessivo, favorecendo a proliferação de vetores (ratos, baratas, mosquitos) e mau cheiro.</li> <li>Em locais onde não há impermeabilização adequada do piso, materiais líquidos (óleos, produtos químicos presentes em embalagens, etc.) podem infiltrar e contaminar o solo ou os lençóis freáticos.</li> <li>Armazenamento desorganizado ou exposição de grandes volumes de resíduos à vista pode causar degradação paisagística e rejeição social por parte da comunidade vizinha.</li> </ul>
Social	<ul style="list-style-type: none"> <li>A cooperativa oferece oportunidades de trabalho formalizado a ex-catadores, pessoas em situação de vulnerabilidade e moradores da comunidade, promovendo dignidade, autonomia e melhoria da qualidade de vida.</li> <li>Ações sociais internas, envolvendo doações de roupas, materiais de higiene, cafés da tarde para a comunidade.</li> <li>Ações de conscientização com palestras educativas envolvendo não só os cooperados, mas família e comunidade local próxima.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Apesar do avanço na formalização, os cooperados ainda podem enfrentar preconceito e discriminação social, especialmente em contextos urbanos onde a atividade de reciclagem é pouco valorizada.</li> <li>A operação de caminhões pode gerar ruídos, partículas em suspensão e atrapalhar o trânsito local, afetando negativamente a qualidade do ar, bem-estar dos trabalhadores e da vizinhança.</li> </ul>
Econômica	<ul style="list-style-type: none"> <li>Trabalhadores que antes atuavam na informalidade passam a integrar uma estrutura legalmente constituída, com acesso a direitos sociais, previdenciários e trabalhistas, e salário fixo.</li> <li>Venda dos resíduos coletados, gerando lucro a cooperativa.</li> <li>Possibilidade de parcerias e incentivos públicos e privados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Em algumas situações, a sustentabilidade da cooperativa pode depender do apoio de empresas ou entidades externas, o que pode limitar sua autonomia e planejamento de longo prazo.</li> <li>A falta de equipamentos adequados, infraestrutura precária e ausência de apoio contínuo podem comprometer a eficiência operacional e a qualidade do serviço prestado.</li> </ul>

Fonte: Os autores (2025).



No que tange a dimensão ambiental, a cooperativa atua diretamente na redução do volume de resíduos destinados a aterros sanitários, uma vez que realiza a segregação, triagem e comercialização de materiais recicláveis. Esse processo permite o reaproveitamento de resíduos que, de outra forma, seriam descartados, aliviando a pressão sobre os sistemas públicos de coleta e disposição final. Outro impacto relevante é o estímulo à economia circular, pois a cooperativa integra a cadeia produtiva da reciclagem, viabilizando o retorno dos materiais ao ciclo produtivo. Com isso, contribui para a redução da extração de recursos naturais, fomenta a economia local e promove uma alternativa mais sustentável de desenvolvimento econômico.

Em relação à educação ambiental e na sensibilização social, as atividades da cooperativa contribuem para o fortalecimento da consciência ambiental na comunidade. Por meio do contato direto com a população e ações educativas, são estimuladas práticas sustentáveis e o descarte correto dos resíduos, promovendo mudanças de comportamento que impactam positivamente o meio ambiente.

Em relação aos impactos sociais, a cooperativa de reciclagem promove inclusão social ao oferecer oportunidades de trabalho formalizado para ex-catadores, pessoas em situação de vulnerabilidade e moradores da comunidade, contribuindo para a dignidade, autonomia e melhoria da qualidade de vida dos envolvidos. Além disso, desenvolve ações sociais internas, como doações de roupas, materiais de higiene e cafés da tarde, e realiza atividades de conscientização ambiental por meio de palestras educativas voltadas aos cooperados, suas famílias e a comunidade local.

Apesar de os impactos ambientais positivos de uma cooperativa de reciclagem serem significativos, podem ocorrer alguns potencialmente negativos, se não houver planejamento e gestão adequados.

No entanto, apesar dos avanços na formalização dessas cooperativas, os cooperados ainda enfrentam preconceito e discriminação social, reflexo da baixa valorização da atividade de reciclagem por parte da sociedade. Além das questões sociais, há impactos ambientais e urbanísticos a serem considerados. A operação de caminhões para coleta e transporte de recicláveis pode vir a causar transtornos, de trânsito e com ruídos.

Um dos principais problemas refere-se à falta de infraestrutura ou organização no armazenamento temporário dos materiais recicláveis, o que pode ocasionar o acúmulo excessivo de resíduos. Essa situação cria um ambiente propício à proliferação de vetores, como ratos, baratas e mosquitos, além de contribuir para a liberação de odores desagradáveis, afetando a qualidade de vida dos trabalhadores e da comunidade no entorno. Para isso, foi inserido dentro das atividades recorrentes da cooperativa o controle periódico de vetores.



Do ponto de vista econômico, a venda dos resíduos recicláveis coletados representa uma fonte de receita para a cooperativa, o que pode gerar lucro e favorecer a sustentabilidade financeira da organização. Ainda, a formalização abre caminho para parcerias institucionais e incentivos públicos e privados, ampliando as possibilidades de fortalecimento e expansão das atividades.

Impactos semelhantes foram relatados em diversos estudos. Ludwig *et al.* (2021) analisaram o sistema de resíduos sólidos do município de Pato Branco, no Paraná, e identificaram uma inovação na gestão dos resíduos com o envolvimento da cooperativa, resultando em desenvolvimento social e sustentável. As cooperativas são uma forma de fortalecer a classe dos catadores de recicláveis, que se caracterizam por pessoas de baixa renda, com necessidades sociais e econômicas, e para a inserção no mercado de trabalho (Ludwig *et al.*, 2021).

Machado *et al.* (2018), a partir de um estudo de caso em uma cooperativa de reciclagem localizada na região do Vale dos Sinos - Rio Grande do Sul, ilustrou a importância da implantação da cooperativa nas esferas sociais. De acordo com a percepção dos envolvidos, foram verificadas ações de inclusão social, apoio ao empreendedorismo social e à gestão de resíduos, pois o empreendimento trouxe benefícios sociais, econômicos e ambientais. Vale ressaltar que tais vantagens foram verificadas não apenas para seus cooperados, mas também para a cidade e para o entorno. De acordo com os autores, a inclusão social dos catadores pode ser verificada pela inserção formal no mercado de trabalho; pelo aumento da qualidade de vida; pela diminuição da vulnerabilidade social; pela elevação do nível de qualificação profissional; e pela ampliação da renda. Foi identificado, também, que os cooperados não se sentem empreendedores, mas sim funcionários, deixando claro a necessidade de redes de cooperação, parceria com a prefeitura e com outros centros de ensino, que visam o desenvolvimento e a visão de pertencimento e empoderamento da cooperativa.

## CONCLUSÕES

Com base na análise apresentada, conclui-se que as cooperativas de reciclagem desempenham um papel fundamental na promoção da sustentabilidade ambiental, social e econômica. Sua atuação vai além da simples destinação adequada de resíduos, contribuindo para a redução da pressão sobre os sistemas públicos, estímulo à economia circular, geração de renda e inclusão social de populações vulneráveis. Apesar dos impactos positivos evidenciados, é essencial reconhecer os desafios enfrentados, como a falta de infraestrutura adequada, os



riscos ambientais associados ao armazenamento indevido de resíduos e o preconceito ainda presente na sociedade em relação ao trabalho dos catadores. Para maximizar os benefícios e mitigar os impactos negativos, torna-se imprescindível o fortalecimento institucional dessas cooperativas, com apoio técnico, financeiro e políticas públicas que valorizem sua atuação. Assim, é possível consolidar esses empreendimentos como agentes de transformação social e ambiental nas comunidades onde estão inseridos.

## REFERÊNCIAS

ABREMA – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RESÍDUOS E MEIO AMBIENTE.

*Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2023.* 2023. Disponível em:

<https://www.abrema.org.br/panorama/>. Acesso em: 06 mai. 2024.

BESEN, Gina Rizpah. *Coleta seletiva com inclusão de catadores: construção participativa de indicadores e índices de sustentabilidade.* 2011. Tese (Doutorado em Saúde Pública) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

BESEN, Gina Rizpah; GÜNTHER, Wanda Maria Risso; RIBEIRO, Helena; JACOBI, Pedro Roberto; DIAS, Sonia Maria. *Gestão da coleta seletiva e de organizações de catadores: indicadores e índices de sustentabilidade.* São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Saúde Pública, 2017. Disponível em:  
[<www.livrosabertos.abcd.usp.br/portaldelivrosUSP/catalog/book/159>](http://www.livrosabertos.abcd.usp.br/portaldelivrosUSP/catalog/book/159). Acesso em: 06 mai. 2024.

BRASIL. Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.

Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm). Acesso em: 06 mai. 2024.

LUDWIG, Caroline; PERONDI, Miguel Angelo; MARINI, Marcos Junior; DA SILVA, Christian Luiz. Desenvolvimento local e sustentável por meio das iniciativas de gestão de resíduos sólidos no município de Pato Branco – PR. *Revista Brasileira de Planejamento e Desenvolvimento*, Curitiba, v. 10, n. 02, p. 197-213, 2021.

MACHADO, Raquel Engelmann; RAFAEL, Daniele Hilger; CABRAL, Sueli Maria; FIGUEIRÓ, Paola Schmitt. O empreendedorismo social como oportunidade de inclusão social: o caso de uma cooperativa de reciclagem. *Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 1-18, 2019. Disponível em:  
<https://doi.org/10.5585/geas.v8i1.13761>.



## TRANSFORMANDO MORADIAS: AÇÕES SUSTENTÁVEIS NO COTIDIANO

*Júlia Oliveira Spedini<sup>1</sup>; Evaristo Marzabal Neves<sup>2</sup>; Kelly M. Schmidt<sup>3</sup>; Ana Maria Meira de Lello<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> Estudante de Graduação da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo; <sup>2</sup> Docente Sênior da ESALQ/USP; <sup>3</sup> Programa USP Recicla/PUSP-LQ/USP

\*Autor correspondente: [julia.oli.spedini@usp.br](mailto:julia.oli.spedini@usp.br)

### INTRODUÇÃO

Embora esteja presente cotidianamente nas mídias, às práticas acerca da sustentabilidade, das mudanças climáticas e dos resíduos sólidos ainda estão, em sua maioria, distantes do cotidiano da população e a maioria dos cidadãos ainda subestima ou não vê a sua importância como agente multiplicador de boas práticas ambientais e a sua influência na construção de políticas públicas.

Em 2017 a ONU lançou os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que são um apelo global à ação para acabar com a pobreza, proteger o meio ambiente e o clima e garantir que as pessoas, em todos os lugares, possam desfrutar de paz e de prosperidade (Organização das Nações Unidas, 2017). Sendo o ODS número 11 criado justamente para incentivar Cidades e Comunidades Sustentáveis.

Segundo uma pesquisa mais voltada para a engenharia civil, realizada na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, fatores econômicos e medidas governamentais são impulsionadores ou barreiras para a adoção de moradias sustentáveis. Já os fatores culturais e a falta de conhecimentos sobre o assunto tem influência negativa (FONTOLAN et al., 2023).

A sustentabilidade sempre é lembrada pela sua relação com os aspectos ambientais, mas ela é muito mais abrangente que isso, já que leva em conta três pilares: social, econômico e ambiental. Ambos são igualmente importantes para a sua aplicação (BOFF, 2016; SACHS, 2002).

O Programa USP Recicla, do campus Luiz de Queiroz, reconhecendo a importância da temática, criou diversos projetos que abrangem resíduos sólidos, compostagem, educação ambiental e pesquisas na área. O projeto “Incentivo a Moradias Sustentáveis” está ativo desde 2008, e está focado na aplicação da sustentabilidade em espaços do dia-a-dia.



## OBJETIVO

O principal objetivo do projeto “Incentivo a Moradias Sustentáveis” é divulgar, compartilhar e orientar sobre práticas sustentáveis e acessíveis, atendendo às demandas sociais e ambientais dos alunos da graduação, pós-graduação, funcionários do campus e moradores da região de Piracicaba, fomentando a reflexão, a troca de saberes e a compreensão sobre o papel civil de cada cidadão em relação ao meio ambiente.

Cada cidadão brasileiro gera, em média, 1,047 kg de resíduos sólidos urbanos (RSU) por dia em 2023. Ao multiplicar esse valor pela população estimada para o Brasil em 2023, obtém-se uma geração anual de aproximadamente 81 milhões de toneladas de RSU, o que equivale a mais de 221 mil toneladas de resíduos geradas todos os dias, ou cerca de 382 kg de RSU por habitante durante o ano (ABREMA, 2023). Um dos pilares do projeto é conscientizar a população sobre esses dados, expor que uma porcentagem que ultrapassa os 50% desses resíduos gerados dentro das moradias são orgânicos e podem ser compostados, que os recicláveis, se destinados corretamente, podem voltar à cadeia produtiva e como se deve reduzir a geração de resíduos comuns, já que vão direto para os aterros.

A mudança que o “Incentivo a Moradias Sustentáveis” busca, começa no individual e passa para o coletivo, transformando pensamentos, práticas e estilo de vida. Com uma conscientização em massa se torna mais efetiva a pressão popular sobre políticas e fiscalizações envolvendo temáticas ambientais, além da diminuição das gerações de resíduos como um todo.

## METODOLOGIA

O projeto é desenvolvido por meio de ciclos de palestras e oficinas denominados “Transformando Moradias”, realizados semestralmente, que abordam diversos temas importantes, como: compostagem; consumo consciente; abelhas sem ferrão; sabão ecológico; horta orgânica; uso da água; mudanças climáticas; separação de resíduos, entre muitos outros.

Cada ciclo conta com uma carga horária de doze horas, sendo divididas em dois encontros semanais de uma hora cada, no horário do almoço para alcançar o maior número de interessados. Os encontros são ministrados por bolsistas do programa USP Recicla, membros de grupos de extensão do campus, especialistas de diferentes áreas, bem como convidados externos e valoriza conhecimentos empíricos, como práticas desenvolvidas por lideranças



comunitárias da cidade, membros de cooperativas de reciclagem etc, estimulando a troca de saberes.

Figura 1 - Cronograma das atividades do ciclo do segundo semestre de 2024



Fonte: Júlia Oliveira Spedini (2025)

Um trabalho contínuo de atividades é realizado, para que todo semestre ocorra um ciclo que seja melhor que o anterior. Os próprios participantes dão sugestões de melhorias, temas que caberiam nos encontros futuros e suas demandas individuais.

Figura 2. Cronograma das atividades do ciclo do primeiro semestre de 2024.1



**Programação:**

- 15/04 (segunda) - Moradias Sustentáveis
- 17/04 (quarta) - Coexistindo com a Fauna do Campus
- 22/04 (segunda) - Compostagem (teórico)
- 24/04 (quarta) - Compostagem (prático)
- 29/04 (segunda) - Horta em casa (teórico)
- 01/05 (quarta) - Horta em casa (prático)
- 06/05 (segunda) - Como o Campus lida com os Resíduos de Podas
- 08/05 (quarta) - Consumo Consciente
- 13/05 (segunda) - Visita a Coperatária do Reciclagem Solidária
- 15/05 (quarta) - Trilha sobre as árvores do parque
- 20/05 (segunda) - Sabão caseiro
- 22/05 (quarta) - Encerramento e entrega dos brindes!

Às segundas e quartas-feiras das 13h às 14h

Fonte: Alissa Gabas (bolsista anterior do projeto)

## RESULTADOS

O ciclo “Transformando Moradias” realizado no primeiro semestre de 2024, contou com a participação de cerca de 25 pessoas por encontro, incluindo alunos da graduação, pós-graduação, funcionários do campus e visitantes de outros municípios como São Pedro. Ao todo, 19 certificados para aqueles que tiveram presença superior a 75% foram enviados.

*Figura 2. Encontro de Encerramento 2024.1*



Fonte: Autores, 2024

Já no segundo semestre, os encontros contaram com a participação média de 20 pessoas por dia, e aproximadamente 10 certificados foram entregues ao final do ciclo para aqueles com presença superior a 75%.

*Figura 3. Oficina Sobre Compostagem 2024.2*



Fonte: Vinícius Caeiro, 2024

## CONCLUSÕES

O ciclo de oficinas e palestras “Transformando Moradias”, tem possibilitado vivenciar

**Portal de Eventos Científicos da Escola de Engenharia de São Carlos**

Anais eletrônicos do 9º Simpósio sobre Resíduos Sólidos  
Disponível em: <http://eventos.eesc.usp.br/sirs2025>



trocas de experiências e conhecimentos durante todas as dinâmicas envolvidas. Verifica-se especial atenção dos participantes sobre o tema horta e compostagem, ações que empoderam as pessoas, possivelmente, por conseguirem verificar a transformação dos resíduos e produção de insumo para uso nas plantas e canteiros e por terem a possibilidade de produzir e incrementar a própria alimentação.

Outro tema muito provocador nos participantes são as visitas à cooperativa de reciclagem onde verificam a importância da separação adequada dos recicláveis e dos envolvidos ao longo dessa cadeia.

Durante e após os ciclos de atividades, os participantes também sugerem temas para próximos ciclos e novos temas têm sido sugeridos como mobilidade ativa; banheiro seco, forno solar; plantas medicinais, entre outros. A riqueza dos encontros também se dá pela troca de experiências e vivências trazidas pelos participantes, como reuso e conserto de materiais, tecnologias de baixo custo já implementadas, etc. O processo tem se constituído também como um espaço de formação para os estudantes bolsistas envolvidos ao longo dos anos.

As avaliações realizadas pelos participantes por meio de formulários enviados posteriormente ao encerramento, indicam que os participantes levarão as experiências e saberes adquiridos adiante, buscando sempre colocá-los em prática e o contínuo aprendizado sobre novas tecnologias e práticas na temática ambiental.

## REFERÊNCIAS

FONTOLAN, Beatrice Lorenz *et al.* Fatores críticos para adoção de habitações sustentáveis. **Revista Projetar - Projeto e Percepção do Ambiente**, v. 8, n. 3, p. 105-120, 23 set. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.21680/2448-296x.2023v8n3id31853>. Acesso em: 18 abr. 2025.

FONTOLAN, B. L.; ESPERIDIÃO, A. R.; PUNHAGUI, K. R. G.; IAROZINSKI NETO, A. Fatores críticos para adoção de habitações sustentáveis: revisão integrativa entre 2018 e 2022. **Revista Projetar - Projeto e Percepção do Ambiente, [S. l.]**, v. 8, n. 3, p. 105–120, 2023. DOI: 10.21680/2448-296X.2023v8n3ID31853. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/revprojetar/article/view/31853>. Acesso em: 18 abr. 2025.

ABREMA. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2023**. Disponível em: [https://www.abrema.org.br/wp-content/uploads/dlm\\_uploads/2024/03/Panorama\\_2023\\_P1.pdf](https://www.abrema.org.br/wp-content/uploads/dlm_uploads/2024/03/Panorama_2023_P1.pdf). Acesso em: 18 abr. 2025.

Organização das Nações Unidas. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs> Acesso em: 30 de abr. de 2025.

## VIVÊNCIAS EM EDUCAÇÃO AMBIENTAL – A UNIVERSIDADE PÚBLICA COMO UM ESPAÇO PLURAL

*Yasmin Alves Pereira<sup>1</sup>\*, Tatiana Brunelli Camargo Rodrigues<sup>1</sup>\*, Vinicius Caiero<sup>1</sup>,  
Lorena Andrade Araujo<sup>1</sup>, Ana Maria Meira de Lello<sup>2</sup>, Taitiâny Karita Bonzanini<sup>3</sup>.*

<sup>1</sup> Estudantes de graduação da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”;

<sup>2</sup> Educadora Programa USP Recicla/PUSP-LQ/USP; <sup>3</sup> Docente da ESALQ/USP.

\*Autores correspondentes: [yasmin.alves.agb@usp.br](mailto:yasmin.alves.agb@usp.br); [tatiana.brunelli@usp.br](mailto:tatiana.brunelli@usp.br)

### INTRODUÇÃO

A educação ambiental vai além da transmissão de conteúdo sobre Meio Ambiente – ela aborda a construção de uma relação afetiva, crítica e participativa com a natureza e com a resolução dos problemas socioambientais, empoderando o sujeito e sua potência de ação. No âmbito vivencial o projeto proporciona e prioriza o contato direto com o ambiente, promove visitas e interações entre universidade e escolas desde 2001.

As vivências incluem temas como resíduos sólidos, sistemas de composteiras, consumo e desperdícios, estudos do meio, entre outros, que promove interações práticas e o desenvolvimento dos sentidos. Essas vivências buscam despertar o interesse, o cuidado, e a responsabilidade socioambiental, especialmente quando conectada ao cotidiano e a realidade da comunidade envolvida. Mais do que informar, busca-se a formação de sujeitos conscientes, para que cresçam com a habilidade de questionar, agir e transformar sua realidade de forma crítica e democrática.

Além disso, o desenvolvimento de atividade educativas voltados às questões ambientais para a formação de professores se torna indispensável para atingir um maior resultado de conscientização ambiental. Atingindo professores de Ensino Básico de Educação de redes públicas, a formação promove autonomia que tange o trabalho educativo com questões ambientais locais, para que assim possam potencializar transformações junto à comunidade escolar a qual pertencem, aprimorando a qualidade de suas aulas e a implementação de projetos socioambientais nas escolas.

Essa perspectiva está fortemente relacionada com a proposta da *educação do oprimido* de Paulo Freire, que destaca a importância de uma educação que reconheça e confronte as



desigualdades sociais, permitindo que os sujeitos oprimidos compreendam a sua realidade e se tornem protagonistas da transformação. Dentro de ações de educação ambiental com escolas públicas, essa abordagem se faz presente ao valorizar o saber local, promover o diálogo e incentivar a leitura crítica dos problemas ambientais locais. Ao invés de impor conteúdos, busca-se construir, junto com participantes, uma consciência socioambiental que permita questionar as estruturas que geram exclusão, degradação ambiental e injustiça. Dessa forma, a vivência ambiental se torna também um ato político, de empoderamento e emancipação.

## OBJETIVO

O presente artigo tem como objetivo relatar e analisar as vivências em educação ambiental realizadas pelo Projeto Vivências em Educação Ambiental e Resíduos Sólidos, que é implementado para a formação de estudantes, professores e demais interessados. Visa desenvolver vivência que vá além da transmissão de conteúdo, estimulando nos participantes o desenvolvimento de uma relação afetiva, crítica e participativa com a natureza e seus recursos, com ênfase na temática dos resíduos sólidos, por meio de práticas sensoriais, interativas e dialógicas, conduzidas de forma didática, contextualizada e reflexiva.

No eixo voltado à formação de professores, buscou-se contribuir com a ampliação da autonomia docente para o trabalho com questões ambientais locais, fortalecendo sua capacidade de implementar projetos socioambientais nas escolas e de estimular transformações no interior da comunidade escolar.

## METODOLOGIA

O projeto vivências em educação ambiental é desenvolvido em três linhas de atuação, sendo: a) formação de estudantes do ensino infantil ao fundamental da rede pública de ensino, que realizam visitas ao campus da ESALQ/USP; b) formações destinadas a professores da educação básica, compreendendo a universidade pública como um espaço plural e acessível, envolvendo pelo menos quatro escolas por semestre, em horários de formação pedagógica fixos durante a semana; c) realização de cursos online abertos a educadores e profissionais interessados em educação ambiental e resíduos sólidos, com apoio de docentes especialistas da Esalq e convidados realizado um vez por semestre, pela plataforma *moodle*.

O projeto é desenvolvido com apoio e parceria da secretaria municipal de educação de Piracicaba, GMEA - Grupo Multidisciplinar de Educação Ambiental de Piracicaba, curso de licenciatura da ESALQ e Programa USP Recicla, por meio do Programa Unificado de Bolsas e



mais recentemente com apoio do PROIAD, Programa da Pró-Reitoria de Graduação que busca o fortalecimento da licenciatura.

As ações relatadas foram desenvolvidas entre os anos de 2023 e 2024, por meio da recepção de escolas públicas no campus da ESALQ/USP, com foco na promoção de vivências em educação ambiental. As atividades foram planejadas para proporcionar experiências formativas com estudantes da Educação Básica, abrangendo diferentes faixas etárias e etapas escolares, entre fundamental I, fundamental II e ensino médio, a partir da articulação entre a universidade, município e unidades escolares participantes.

As visitas com escolas foram organizadas com roteiros pedagógicos previamente definidos, compostos por estações temáticas localizadas em diferentes espaços do campus, sala de aula para introdução ao conteúdo teórico, minhocário e a área de compostagem do USP Recicla para as atividades práticas, além das áreas verdes e espaços de convivência para maior conhecimento do campus. Em cada estação, os estudantes e professores eram convidados a participar de atividades voltadas a temas como resíduos sólidos, consumo consciente, compostagem, alimentação saudável e reaproveitamento de materiais, sempre por meio de dinâmicas sensoriais, jogos, rodas de conversa e oficinas práticas.

Os cursos online tiveram carga horária de 30 horas, realizados por meio da plataforma Moodle USP. Os conteúdos abordaram temas como: consumo consciente, compostagem, 3Rs, classificação de resíduos, logística reversa e legislação ambiental.

Já os encontros presenciais de formação dos professores priorizaram metodologias participativas, com dinâmicas como o “kit lixo” e visitas técnicas às escolas para análise da gestão de resíduos no ambiente escolar. O transporte às escolas foi concedido pela secretaria municipal de educação.

## RESULTADOS

As ações do projeto possibilitaram o envolvimento de diferentes públicos em diversos formatos, contribuindo para educação ambiental crítica, contribuindo para a educação ambiental crítica e a reflexão sobre a problemática dos resíduos sólidos.

No âmbito das atividades com as escolas, foram realizadas dinâmicas com alunos desde o 1º ano do Ensino Fundamental até o último ano do Ensino Médio de escolas públicas do município de Piracicaba. Como atividade, foi desenvolvida a dinâmica do “kit lixo” como recurso pedagógico em diversas formações e vivências e desenvolvimento de materiais lúdicos



# SIRS

Simpósio sobre  
Resíduos Sólidos

Cidades Inteligentes e Sustentáveis

16 a 19 de setembro de 2025  
São Carlos/SP  
Brasil

Realização

**neper**  
Núcleo de Estudo e Pesquisa em Resíduos Sólidos

**EESC - USP**  
**UFSCar**

e educativos, como o “jogo dos resíduos”, oficinas de papel reciclado, brinquedos feito com CDs reutilizados, entre outros (figuras 1 e 2).

Figura 1 – dinâmica do “kit lixo”



Figura 2 – Pião feito com CD



Fonte: Os autores.

Entre 2024, participaram das atividades: 11 escolas, sendo 10 de unidades públicas, e um total de 23 turmas atendidas, assim, essas turmas variaram em faixa etária e número de estudantes (maior turma de 32 alunos e menor de 14 alunos) o que exigiu adaptações metodológicas específicas para cada grupo, respeitando seus interesses, ritmos e contextos. A seleção das escolas ocorreu com base em demandas das próprias instituições e interesse nos temas abordados.

Figura 3 – Atividades práticas com as escolas



Fonte: Os autores (2023/2024).

Figuras 4 a 7 – Formação de professores da rede pública municipal



Portal de Eventos Científicos da Escola de Engenharia de São Carlos

Anais eletrônicos do 9º Simpósio sobre Resíduos Sólidos

Disponível em: <http://eventos.eesc.usp.br/sirs2025>



Fonte: Os autores

Em relação ao projeto relacionado com a formação de professores, foram realizadas formações diretamente em horários de tempo pedagógicos nas escolas envolvendo em 2024, cerca de 80 professores, com discussão de textos, estudo do meio e entorno das escolas e elaboração e proposta para melhoria socioambiental das escolas.

Já o curso “Educação Ambiental e Resíduos Sólidos: fortalecendo as ações da escola e comunidade” (EARSEC), realizado de forma online contou com 210 inscritos de diversas regiões do Brasil, incluindo participantes de Piracicaba, São Paulo, Rio de Janeiro, Ceará e Pernambuco. Os encontros abordaram temas como compostagem, logística reversa, legislação ambiental, reutilização de resíduos, entre outros, com destaque para a troca de experiências entre os participantes. A partir das formações, professores relataram o desenvolvimento de ações nas escolas como: instalação de composteiras, hortas escolares, oficinas de reaproveitamento de resíduos e criação de projetos interdisciplinares.

Todas as ações realizadas estão diretamente conectadas com os objetivos de desenvolvimento sustentável organizadas pela ONU, em especial os ODS 04 referente a educação de qualidade e ODS 12, que se refere a assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis.

## CONCLUSÕES

As experiências descritas neste artigo demonstram que a educação ambiental, quando aplicada ao contexto escolar e universitário por meio de práticas participativas e interativas, podem contribuir significativamente para a formação de sujeitos críticos e para o fortalecimento da consciência socioambiental. A articulação entre teoria e prática, junto ao diálogo entre diferentes saberes, favorece a construção de aprendizagens contextualizadas, capazes de



incentivar mudanças no cotidiano escolar (consequentemente, ultrapassando os muros escolares e alcançando as casas) e nas relações com o meio ambiente, com a reciclagem e com o coletivo, pois a abordagem adotada valoriza a experiência como elemento formativo e didático. Como afirma Freire (1997 apud GADOTTI, 2005, p.2), “se estivesse claro para nós que foi aprendendo que aprendemos ser possível ensinar, teríamos entendido com facilidade a importância das experiências informais nas ruas, nas praças, no trabalho, nas salas de aula das escolas, nos pátios dos recreios, em que variados gestos de alunos, pessoal administrativo e pessoal docente se cruzam cheios de significação.” Essa perspectiva reforça a relevância dos espaços não formais e das interações cotidianas como componentes legítimos e eficazes do processo educativo.

Assim, as ações analisadas contribuem para a consolidação de práticas educativas mais integradas à realidade dos sujeitos, possibilitando a ampliação da autonomia docente e o desenvolvimento de projetos socioambientais contextualizados. A reflexão sobre essas experiências reforça o papel da universidade pública como espaço de formação, diálogo e cooperação com a escola básica, especialmente no enfrentamento de desafios socioambientais contemporâneos.

## REFERÊNCIAS

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA LUIZ DE QUEIROZ. Programa USP Recicla. Disponível em: <https://www.esalq.usp.br/usprecicla/projetos-desenvolvidos>. Acesso em: 20 de abr. de 2025.

FREIRE, Paulo. *Professora sim, tia não: cartas a quem ousa ensinar*. São Paulo: Olho D'Água, 1997.

Organização das Nações Unidas. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/12>. Acesso em: 20 de abr. de 2025.



## APLICAÇÃO DE COMPOSTO ORGÂNICO ASSOCIADO COM SUBPRODUTO DE MINERAÇÃO PARA RECUPERAÇÃO DE SOLO DEGRADADO

Thayna Bezerra do Carmo<sup>1</sup>\*

Marcus Cesar Avezum Alves de Castro<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho

\*Autor correspondente: thayna.carmo@unesp.br

### INTRODUÇÃO

No estado de São Paulo e no Brasil a cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum L.*), é uma das principais culturas agrícolas produzidas nas últimas décadas, contudo a produção intensiva causa degradação significativa no solo, como a erosão hídrica, devido a falta de cobertura vegetal, o que leva a lixiviação e acidificação do meio, acarretando em perda de nutrientes (CORREA et al., 2018) e de matéria orgânica (EMBRAPA, 1999).

Como alternativa a esses impactos, a incorporação de composto, oriundo da técnica de compostagem da fração orgânica dos resíduos domiciliares, agrupa nutrientes e matéria orgânica, além de aumentar a capacidade de retenção de água no solo e crescimento de plantas (KÖRNER, 2008).

Em âmbito nacional estima-se cerca de 63,8 milhões de toneladas de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) foram coletados no ano de 2022 destes 43,5%, em peso, são resíduos orgânicos (SNIS, 2023). Porém, apenas 0,18 milhões de toneladas, cerca de 0,6%, passa por processo de reaproveitamento, via compostagem (PLANARES, MMA, 2022).

Assim, a transformação da fração orgânica de resíduos domiciliares em composto orgânico, contribui para a redução das emissões de gases de efeito estufa e aumenta a vida útil dos aterros sanitários, contribuindo para a economia circular e ciclagem de nutrientes.

Outro resíduo que representa um desafio para a manutenção da qualidade ambiental são os gerados nas atividades de mineração, como pó de rocha de calcário dolomítico e diabásio. Os resíduos como o pó de diabásio, não possuem demanda (TOSCAN et al., 2002), ficando estocados em pilhas ao ar livre.

Nesse sentido, a aplicação de compostos orgânico associado ao pó de calcário dolomítico e diabásio para a recuperação de solos degradados apresenta-se como solução



potencial para a recuperação da fertilidade dos solos, e contribui para a redução dos impactos ambientais associados a disposição final dos resíduos urbanos e de mineração.

## OBJETIVOS

O objetivo geral é avaliar os benefícios da aplicação de composto orgânico associado ao pó de calcário dolomítico e diabásio nas propriedades físicas de solo degradado e na cultura do milho *Zea Mays L.*

## METODOLOGIA

As amostras de solo foram coletadas na profundidade de 0,0 - 0,20 m, totalizando 120 kg,. Na Pedreira Partecal Partezani foram coletadas amostras de folhelho com frações de calcário dolomítico, diretamente da pilha de estéril. O pó de diabásio foi coletado na mineração Stavias. O composto orgânico foi coletado no pátio de compostagem da empresa Ciclo Vida, onde foi desenvolvido o projeto de extensão “Compostagem como geração de emprego e renda para cooperativas de catadores de material reciclável” em parceria com a UNESP de Rio Claro. As amostras foram segregadas e identificadas em sacos plásticos e levadas para o laboratório.

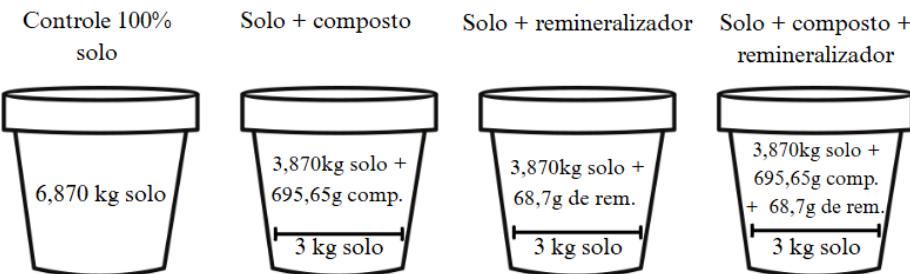
As amostras de folhelho com calcário dolomítico foram passadas primeiramente no britador modelo BM 2010, seguido pelo britador modelo BM002-000, após o processo de britagem foram peneiradas em uma malha de 2mm e levadas para o moinho modelo Pistilo MA590, por fim passou por um conjunto de peneiras para obter uma granulometria filler < 0,3mm, a fim de aumentar a superfície de contato e reação com o meio, conforme proposto por Locatelli (2024). A amostra de diabásio que encontrava-se na granulometria pó, ou seja, entre 2,0 e 0,3 mm passou apenas por peneiramento. O composto foi peneirado em uma malha de 4 mm.

Os experimentos foram montados em vasos plásticos com capacidade de 8 litros. Foram montados 4 experimentos (todos em triplicata): Experimento 1 - 100% solo (controle) 6,870 kg de solo; Experimento 2 - solo (6,870kg) + composto (695,65g); Experimento 3 - solo (6,870kg) + remineralizador (68,7 g); Experimento 4 - solo (6,870kg) + composto (695,65g) + remineralizador (68,7 g), conforme figura 1. Os experimentos foram montados adicionando-se inicialmente 3kg de solo, formando uma primeira camada na base do vaso. Em seguida, o volume restante dos vasos foi preenchido com mais 3,870 kg de solo e adicionados nesta última camada o remineralizador e o composto. A quantidade de composto foi adicionada na proporção



equivalente a 160t/ha, conforme recomenda Rodrigues., et al, (2009), e a quantidade de remineralizador, correspondente a 20 t/ha, conforme proposto por Locatelli, (2024).

*Figura 1 – Esquema da montagem dos vasos e suas composições*



Fonte: Autor (2025).

O milho (*Zea Mays*) foi utilizado no experimento como planta teste, pois possui ciclo curto e resistência a pragas (Rodrigues, et al., 2009). Após 35 dias da montagem dos vasos foi realizado a semeadura de 5 sementes por vaso, nos primeiros 5 centímetros de solo e após 12 dias fez o desbaste, deixando uma planta por vaso.

Os vasos foram dispostos ao ar livre e diariamente foram realizadas medidas de umidade do solo, temperatura e incidência solar, com o auxílio do medidor de solo modelo PHD-3000. Em todos os vasos a umidade era mantida entre 40% ~ 65%, quando necessário era realizada a irrigação com o auxílio de uma proveta, e anotado os volumes adicionados em cada vaso.

As plantas foram cultivadas por 74 dias e colhidas em seu tempo máximo de crescimento vegetativo. As análises morfológicas das plantas foram número de folhas e altura das plantas, medindo da base até o seu topo. Das triplicatas foram selecionadas as melhores plantas de cada experimento, estas foram separadas em folhas, colmos e raízes e levadas para o laboratório em embalagens plásticas identificadas para determinação da massa seca.

Para determinação da massa seca das folhas/colmos e raízes o material foi secado em uma estufa modelo ESTF-6120-0062, a uma temperatura de 75°C, até atingirem peso constante.

Para o cálculo da densidade do solo foram retiradas duas amostras de solo indeformadas por vaso, com o auxílio do anel volumétrico, posteriormente as amostras foram secas por 24 horas a 60°C em uma estufa modelo 315 SE. Assim, o cálculo se deu pela relação entre a massa de sólidos secos do solo e o volume do anel volumétrico ( g/cm<sup>3</sup>).

Para o cálculo de Índice de Estabilidade do Agregado (IEA), foi retirado uma amostra indeformada de cada experimento, posteriormente foram secas e passadas por um conjunto de peneiras (2mm, 1,19mm, 0,5mm, 0,25mm e 0,1mm) e realizada a pesagem de cada fração para o cálculo do IEA (Equação 1).

$$\text{IEA} = \{(\text{Peso dos agregados} - \text{fração} < 0,25\text{mm}) / \text{Peso total da amostra}\} * 100 \text{ (Equação 1)}$$



## RESULTADOS

Nas análises morfológicas das plantas (tabela 1), o uso de composto orgânico isoladamente proporcionou o maior número de folhas, seguido pelo tratamento com composto + remineralizador. O controle e o remineralizador isolado apresentaram os menores valores. O tratamento solo + composto + remineralizador resultou nas plantas mais altas, seguido por solo + composto.

*Tabela 1 – Análises morfológicas das plantas*

Experimento	Número de folhas (quantidade máxima)	Altura média das plantas (cm)
Controle	12	80,83
Solo + composto	16	100,36
Solo + Remineralizador	13	76,00
Solo + comp. + Rem.	15	100,52

*Fonte: Autor (2025).*

Os resultados de matéria seca (tabela 2), demonstraram que o uso de composto orgânico foi o tratamento mais eficaz para o desenvolvimento das plantas, promovendo um aumento expressivo na parte aérea da planta e nas raízes. Por outro lado, o uso isolado do remineralizador resultou no pior desempenho, com valores inferiores ao controle. Já o tratamento de composto e remineralizador também apresentou melhora em relação ao controle, porém com resultados inferiores ao uso exclusivo do composto.

*Tabela 2 – Matéria seca das folhas/colmos e raízes*

Amostra	Folhas e colmos (g)	Raiz (g)
Controle	13,125	7, 632
Solo + composto	43,372	91, 273
Solo + remineralizador	10, 667	4, 962
Solo + comp. + rem.	36, 214	75, 125

*Fonte: Autor (2025).*

Os resultados de densidade (tabela 3), mostrou que o tratamento controle apresentou a maior densidade ( $1,4202 \text{ g/cm}^3$ ), indicando um solo mais compactado e com menor porosidade. A adição de composto reduziu essa densidade para  $0,5540 \text{ g/cm}^3$ , evidenciando uma melhoria na estruturação do solo. O uso exclusivo do remineralizador também promoveu uma redução na densidade em comparação ao controle, embora ainda seja maior que o tratamento solo + composto. Já a combinação do composto e remineralizador resultou em uma densidade de  $0,5582 \text{ g/cm}^3$ , semelhante à do solo tratado apenas com o composto.

*Tabela 3 – Média da densidade dos vasos*

Experimento	Média da densidade dos vasos (g/cm <sup>3</sup> )
Controle	1,4202
Solo + composto	0,5540
Solo + remineralizador	0,9643
Solo + comp. + rem.	0,5582

*Fonte: Autor (2025).*

A análise de dados do IEA (tabela 3) evidencia que a adição de composto orgânico proporciona ao solo melhores resultados em termos de estrutura física. O tratamento solo + composto apresentou o maior valor de IEA (62,82%) e a maior porcentagem de agregados retidos na malha de 2 mm (63,39%), indicando uma estrutura mais estável e resistente a erosão. Já o tratamento solo + composto + Remineralizador manteve resultados semelhantes, com IEA de 61,96% apresentando efeitos mais discretos. Por outro lado, o solo controle e o solo + Remineralizador apresentaram IEA inferiores (40,4% e 36,71% respectivamente), com maior presença de partículas finas e menor agregação, demonstrando uma estrutura mais frágil e suscetível a erosão.

*Tabela 3 – Índice de Estabilidade dos Agregados*

100% solo - Controle: Dados da porcentagem de massa seca e IEA				Solo + composto: Dados da porcentagem de massa seca e IEA			
Abertura da malha (mm)	Peso retido (g)	Porcentagem do peso retido (%)	IEA (%)	Abertura da malha (mm)	Peso retido (g)	Porcentagem do peso retido (%)	IEA (%)
2	31,13	44,66	40,4	2	44,06	63,39	62,82
1,19	8,39	12,04	7,78	1,19	9,17	13,19	12,63
0,5	13,05	18,72	14,46	0,5	7,96	11,45	10,89
0,25	13,47	19,33	15,06	0,25	7,91	11,38	10,82
0,1	2,62	3,76	-0,5	0,1	0,22	0,32	-0,24
<0,1	0,35	0,50	-3,76	<0,1	0,17	0,24	-0,32
Solo + remineralizador: Dados da porcentagem de massa seca e IEA				Solo + composto + remineralizador: Dados da porcentagem de massa seca e IEA			
Abertura da malha (mm)	Peso retido (g)	Porcentagem do peso retido (%)	IEA (%)	Abertura da malha (mm)	Peso retido (g)	Porcentagem do peso retido (%)	IEA (%)
2	33,16	47,60	36,71	2	44,06	62,99	61,96
1,19	5,93	8,51	-2,37	1,19	20,27	28,98	27,95
0,5	10,29	14,77	3,89	0,5	2,7	3,86	2,83
0,25	12,34	17,71	6,83	0,25	1,26	1,80	0,77
0,1	6,33	9,09	-1,79	0,1	0,6	0,86	-0,17
<0,1	1,25	1,79	-9,08	<0,1	0,12	0,17	-0,86

*Fonte: Autor (2025).*

## CONCLUSÕES

Os resultados mostraram que a incorporação do composto orgânico colabora para recuperação de solo degradado, diminuindo os valores de densidade, deixando uma estrutura menos compactada e consequentemente com maior porosidade, o que contribui também para



um melhor enraizamento das plantas. O composto também contribuiu na estabilidade dos agregados, propiciando maior infiltração de água e menor suscetibilidade à processos erosivos.

O uso combinado de composto e remineralizador apresentou resultados positivos, embora em alguns aspectos tenha se mostrado ligeiramente inferior ao uso exclusivo do composto. O remineralizador isolado, por sua vez, apresentou baixo desempenho, isso pode ser explicado pelo curto período de tempo em que o experimento foi conduzido. Dessa forma, evidencia-se o potencial do composto orgânico como principal agente na recuperação do solo e desenvolvimento das plantas, o uso desses resíduos também representa uma alternativa sustentável a destinação de resíduos orgânicos e de mineração.

## REFERÊNCIAS

- BRASIL. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Diagnóstico Temático: Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). Brasília, 2023.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria da Qualidade Ambiental. Plano Nacional de Resíduos Sólidos – Planares. Brasília: MMA, 2022.
- CORRÊA, E. A.; MORAES, I. C.; CUNHA, C. M. L.; PINTO, S. dos A. F. Influência do cultivo de cana-de-açúcar nas perdas de solo por erosão hídrica em cambissolos no Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 19, n. 2, 2018.
- HERNANI, L. C. Perdas de nutrientes e matéria orgânica por erosão: Dez anos de pesquisa. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 1999. (Embrapa Agropecuária Oeste. Coleção Sistema Plantio Direto,2).
- KÖRNER, I.; SABORIT S. I.; AGUILAR C. Y. Proposal for the integration of decentralised composting of the organic fraction of municipal solid waste into the waste management system of Cuba. *Waste Management*, v. 28, n. 1, p. 64 – 72, 2008.
- LOCATELLI, B. F. Luís. Avaliação da mistura de pó de diabásio, folhelho e calcário dolomítico em latossolo incubado e dinâmica da liberação de nutrientes. 2024. 162 f. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Rio Claro.
- MARCHI, A.; SANCHES, L. S. Impactos ambientais da mineração no Estado de São Paulo. *Estudos Avançados*, v. 24, n. 68, p. 209-222, 2010.
- RODRIGUES, N. F. P.; ROLIM, M. M.; NETO B. E.; PEDROSA, E. M. R.; OLIVEIRA, V.S. Crescimento e composição mineral do milho em função da compactação do solo e da aplicação de composto orgânico. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 13, n. 1, p. 94-99, 2009.



## AVALIAÇÃO DA PERMEABILIDADE DE FILTRO GÊOTEXTIL EM SISTEMA FILTRO-SEPARADOR UTILIZANDO PERMEÂMETROS INSTALADOS EM ATERRO SANITÁRIO

*Ramon F. Santos<sup>1</sup>\*, Guilherme A. Lopes<sup>2</sup>, Francisco Pantaleão<sup>2</sup>, Fernando H. M. Portelinha<sup>1</sup>, Thiago V. B. Zanon<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Universidade Federal de São Carlos; <sup>2</sup> Grupo Solví;

\*Autor correspondente: ramon.santos@estudante.ufscar.br

### INTRODUÇÃO

Aterros sanitários são essenciais para o descarte seguro de resíduos sólidos urbanos, protegendo o meio ambiente e a saúde pública. Isso é feito com barreiras de fundo e cobertura, usando materiais como geotêxteis, solo, geomembranas e geocompósitos bentoníticos (GCLs) (Palmeira, 2020). A biodegradação de constituintes orgânicos nos RSUs resulta na produção de quantidades substanciais de lixiviado, necessitando de protocolos de tratamento adequados para evitar a contaminação do solo e dos recursos hídricos (Tang et al., 2018; Wu et al., 2018; Li et al., 2021; Wang et al., 2023).

Nesse contexto, os sistemas de drenagem tornam-se componentes críticos para o funcionamento eficiente dos aterros, sendo os filtros uma parte fundamental para o controle do fluxo e da qualidade do lixiviado gerado. Tradicionalmente, materiais granulares como areia, cascalho e brita têm sido utilizados como meio filtrante; no entanto, apresentam limitações como impactos ambientais, redução da capacidade de drenagem e custo elevado. Como alternativa, os geossintéticos — incluindo geotêxteis, geotubos e geocompósitos de drenagem — têm se destacado por sua sustentabilidade, eficiência hidráulica, facilidade de instalação e menor impacto ambiental (Palmeira, 2020; Goycochea et al., 2025).

Geotêxteis de poliéster (PET) ou polipropileno (PP) destacam-se por suas propriedades mecânicas e hidráulicas, oferecendo resistência e durabilidade em ambientes agressivos. Contudo, sua eficiência em relação a colmatação é pouco investigada, o que pode comprometer a condutividade e gerar falhas na impermeabilização das barreiras de fundo (Parameswari et al., 2021). A avaliação e mitigação das falhas são essenciais para preservar a eficiência dos sistemas de filtragem e a estabilidade dos aterros sanitários, demandando estratégias de projeto e manutenção adequadas (Verbist et al., 2019).



## OBJETIVO

Este trabalho tem por objetivo, investigar o desempenho funcional de um filtro geotêxtil tecido, utilizando permeâmetros construídos com o intuito de investigar a permeabilidade ao longo do tempo.

## METODOLOGIA

### Materiais

Para a execução do programa experimental, foram construídos dois permeâmetros, os quais se diferenciaram pela inclusão de resíduos sólidos em suas estruturas. A construção dos permeâmetros demandou o emprego de tubos de PVC de diâmetro de 200 mm, tampas de fundo para PVC de 200 mm, hastes metálicas de 8 mm de diâmetro, material granular, além de bases e tampas rígidas para a acoplagem e conexão dos tubos, conforme ilustrado na Fig. 1. As propriedades do geotêxtil utilizado é descrito na Tabela 1.

Figura 1 - Permeâmetros utilizados na investigação

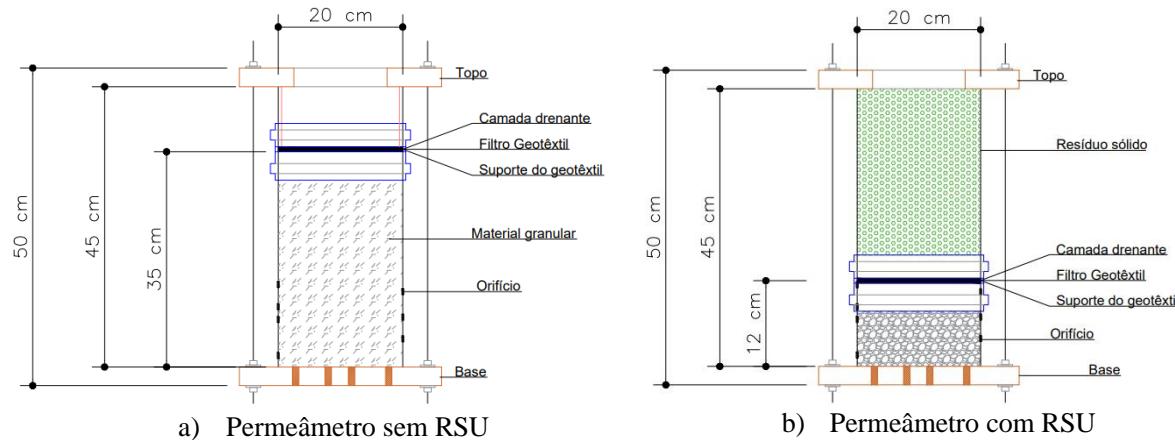


Tabela 1 – Propriedades de projeto do Geotêxtil Tecido

Propriedade	Valor (UN)	Norma
Massa por unidade de área	140,00 (g/m <sup>2</sup> )	ASTM D5261
Espessura Nominal	0.74 (mm)	ASTM 5199
Abertura de Filtração	0.40 (mm)	ASTM D4751
Tração Faixa Larga	L: 31.78 (kN/m) T: 16.67 (kN/m)	ASTM D4595
Permissividade	0.13 (s <sup>-1</sup> )	ASTM D4491
Punção	3146.20 (N)	ASTM D6241

L: Direção longitudinal; T: Direção Transversal.



## Métodos

O experimento foi realizado no aterro sanitário de São Carlos, que tem aproximadamente 106 mil m<sup>2</sup> e recebe cerca de 200 toneladas diárias de RSUs advindas da cidade São Carlos cuja população é de 255 mil habitantes (IBGE, 2022). O experimento foi realizado em uma caixa de inspeção localizada no próprio aterro, onde os permeâmetros foram instalados e conectados aos condutos de captação do lixiviado, considerando as vazões internas do sistema. Além disso, foram cedidos os dados de pluviometria, no qual foram organizados e serão apresentados.

*Figura 1 - a) Aterro sanitário de São Carlos; b) Caixa de passagem*



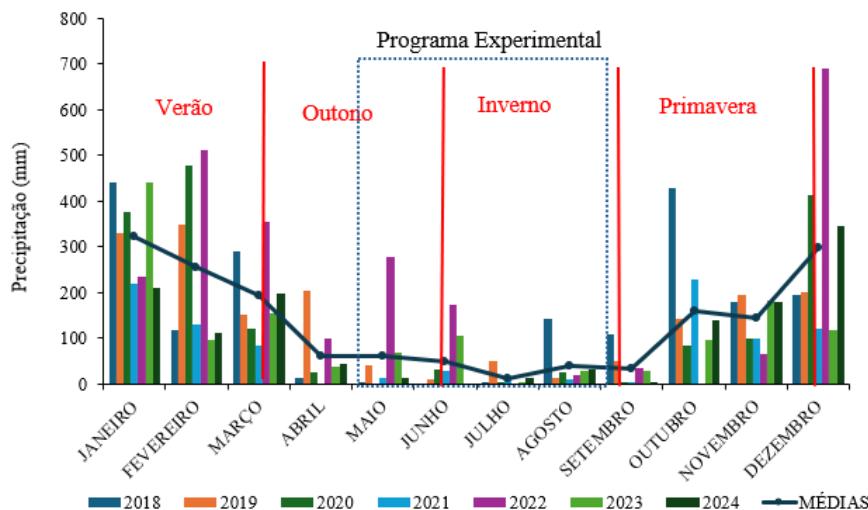
Para a coleta de dados, foram registrados a permeabilidade ao longo das medições. Esses dados foram obtidos de forma direta através de variação de volume dos permeâmetros, visando assegurar a realidade de campo e a confiabilidade das informações coletadas para a análise do desempenho do sistema.

## RESULTADOS

Períodos de altas na precipitação são registradas durante o período de verão até o início do outono, enquanto períodos de estiagem são marcas das estações inverno até o fim da primavera. Figura 3, mostra o registro das precipitações dos últimos anos e o período do ensaio de campo.



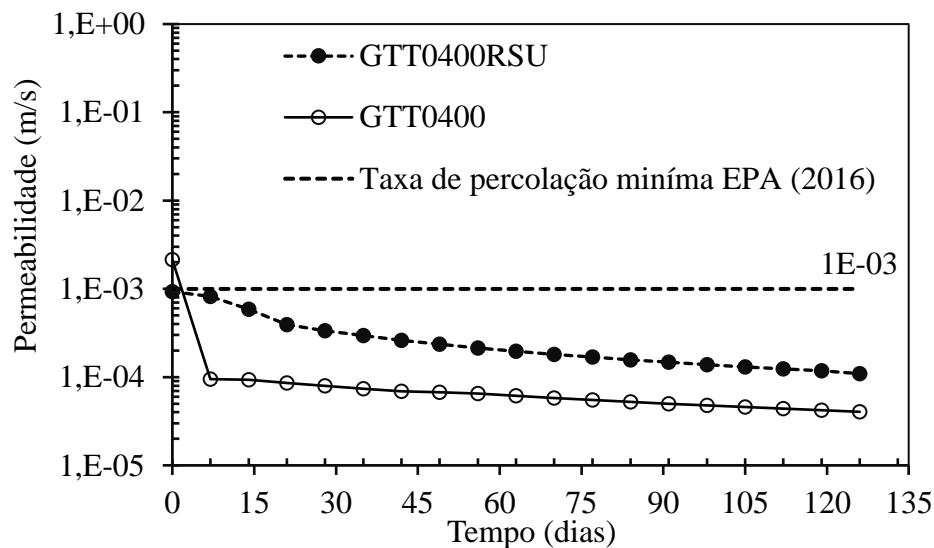
Figura 3 – Registro de precipitações e coleta de dados. (Dados do Aterro Sanitário da Cidade São Carlos; Cortesia Grupo Solvi).



Cabe destacar que, em função das mudanças climáticas, eventos extremos têm sido frequentemente registrados, tanto em decorrência de períodos de estiagem quanto em virtude de precipitações pluviométricas intensas, os quais impactam diretamente na formação e produção do lixiviado.

Devido a heterogeneidade dos resíduos e do lixiviado gerado, a permeabilidade, sofreu significativas diminuições, como ilustra a Figura 4, o que não se observa com a separação de partículas grosseiras.

Figura 4 – Permeabilidade. (GTT0400 – permeímetro sem adição de resíduo; GTT0400RSU – permeímetro com adição de resíduo).



A Figura 4 ilustra a variação temporal da permeabilidade para os dois permeímetros equipados com geotêxtil tecido. Uma das configurações do permeímetro incorporou resíduos



sólidos urbanos (GTT0400RSU), enquanto a configuração alternativa era desprovida desses resíduos (GTT0400). Durante as fases iniciais, ambos os sistemas exibiram taxas de percolação comparáveis, significando que o geotêxtil executou efetivamente suas funcionalidades de filtração e separação.

No entanto, com o passar do tempo, um declínio pronunciado na taxa de percolação foi observado, particularmente evidente no permeâmetro sem resíduos sólidos (GTT0400). Esse padrão observado implica que a incorporação de resíduos sólidos na configuração GTT0400RSU contribuiu significativamente como meio de pré-filtragem, mitigando assim o efeito de preenchimento no geotêxtil. Essa análise é convergente com pesquisas anteriores conduzidas por Koerner (2012) e Palmeira (2009), que ressaltam o papel crítico dos materiais sobrepostos na proteção contra o preenchimento e na preservação da permeabilidade dos sistemas geotêxteis em aplicações de filtração e drenagem, além da sinalização de parâmetros essenciais em dimensionamentos de projetos como a abertura de filtração.

Além disso, os resultados sugerem que, na configuração sem resíduos sólidos (GTT0400), a obstrução ocorreu em uma taxa acelerada, potencialmente atribuível à deposição direta de partículas finas na superfície do geotêxtil, conforme articulado por Cazzuffi et al. (2016). Esse comportamento acentua a importância de empregar materiais sobrepostos como pré-filtro, particularmente em cenários de aterros sanitários, onde o lixiviado é caracterizado por uma carga substancial de sólidos e constituintes orgânicos.

## CONCLUSÕES

Este trabalho avaliou a aplicação de geotêxtil como filtro-separador em camada drenante de aterros sanitários, evidenciando seu papel na manutenção da permeabilidade ao longo do tempo. A presença de resíduos sólidos atuou como um pré-filtro natural, reduzindo o acúmulo de partículas no geotêxtil e prevenindo a obstrução que comprometeria a eficiência do sistema de drenagem. Esses aspectos reforçam a necessidade de projetar e operar aterros sanitários considerando tanto as características dos materiais utilizados quanto as condições ambientais, visando garantir a eficácia e a sustentabilidade do manejo dos resíduos sólidos urbanos.

## REFERÊNCIAS

- Cazzuffi, D.; Mandaglio, Maria Clorinda; Moraci, N. Hydraulic properties, behavior, and testing of geotextiles. In: Geotextiles. Woodhead Publishing, 2016. p. 151-176.
- Goycochea, Julieta et al. Biological clogging of geotextiles under discontinuous fermentation scenario. Geotextiles and Geomembranes, v. 53, n. 1, p. 188-202, 2025.



# SIRS

Simpósio sobre  
Resíduos Sólidos

Cidades Inteligentes e Sustentáveis

16 a 19 de setembro de 2025  
São Carlos/SP  
Brasil

Realização



IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. População. 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/sao-carlos/panorama>. Acesso em: 17 dez. 2024.

Koerner, Robert M. Designing with geosynthetics-Vol. 1. Xlibris Corporation, 2012.

Li, Ning et al. Catalytic membrane-based oxidation-filtration systems for organic wastewater purification: A review. *Journal of Hazardous Materials*, v. 414, p. 125478, 2021.

New South Wales. Environment Protection Authority. *Environmental Guidelines: Solid Waste Landfills*. 2nd ed. Sydney: NSW Environment Protection Authority, 2016.

Palmeira, Ennio Marques. Soil-geosynthetic interaction: Modelling and analysis. *Geotextiles and geomembranes*, v. 27, n. 5, p. 368-390, 2009.

Palmeira, E. (2020). A review on some factors influencing the behaviour of nonwoven geotextile filters. *Soils and Rocks*. 43. 351. 10.28927/SR.433351.

Parameswari, K. et al. Sustainable landfill design for effective municipal solid waste management for resource and energy recovery. *Materials Today: Proceedings*, v. 47, p. 2441-2449, 2021.

Tang, Min et al. Filtration efficiency and loading characteristics of PM2. 5 through composite filter media consisting of commercial HVAC electret media and nanofiber layer. *Separation and Purification Technology*, v. 198, p. 137-145, 2018.

Verbist, Maxime et al. Service life design of timber structures. In: *Long-term performance and durability of masonry structures*. Woodhead Publishing, 2019. p. 311-336.

Wang, Qian et al. Spatial-temporal clogging development in leachate collection systems of landfills: Insight into chemical and biological clogging characteristics. *Waste Management*, v. 171, p. 163-172, 2023.

Wu, Huikai et al. Fast end-to-end trainable guided filter. In: *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. 2018. p. 1838-1847.



## DESENVOLVIMENTO DE UMA PROPOSTA ALTERNATIVA PARA COBERTURA DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM PERÍODO DE CHUVAS PARA ATERROS SANITÁRIOS DE PEQUENO E MÉDIO PORTE, VISANDO A DIMINUIÇÃO DA GERAÇÃO DE CHORUME

Guilherme Lopes\*<sup>1</sup>, Luciana Rezende Alves de Oliveira<sup>1</sup>, Valdir Schalch<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo;

\*Autor correspondente: guimelopes@usp.br

### INTRODUÇÃO

Os maiores desafios da operação de aterros sanitários se concentram nos períodos de chuva, pois acarretam no aumento dos custos operacionais. O recebimento diário de resíduos sólidos (RS) no aterro sanitário, resulta na geração de área exposta, a qual deve ser coberta com solo, visando impedir a entrada de água da chuva e emissão de gases de efeito estufa. Em época de elevada precipitação, a cobertura diária é interrompida, visto que o solo se torna saturado com a água de chuva e consequentemente a escavação é comprometida. Em semanas consideradas críticas, as quais chove por mais de 7 ou mais dias consecutivos, a área exposta de resíduos sólidos no aterro cresce proporcional ao volume de RS de cada dia recebido sem cobertura. Os resíduos sólidos expostos sem cobertura estão sujeitos a entrada de água da chuva, que irá contribuir para a geração de chorume, e consequentemente com o aumento nos custos do tratamento do lixiviado. Para mitigar impactos e garantir a operação adequada, aterros sanitários devem seguir normas técnicas e regulamentações, das quais são cruciais nesse contexto:

- **ABNT NBR 13896:** Essencial para o setor, estabelece **critérios para projeto, implantação e operação de aterros sanitários**, incluindo diretrizes sobre impermeabilização de base, sistemas de drenagem de fluídos lixiviados e **cobertura diária de resíduos**.
- **ABNT NBR 10004:** Norma de fundamentos para a **classificação de resíduos**. Ao categorizar os resíduos de acordo com seus riscos e características, impacta diretamente a forma como são destinados e dispostos em aterros.

### OBJETIVO

Esse projeto tem por objetivo propor uma alternativa visando reduzir a geração de chorume em aterros sanitários de pequeno e médio porte durante períodos chuvosos.



## METODOLOGIA

Para o desenvolvimento da proposta alternativa para a diminuição da geração de chorume em aterros sanitários de pequeno e médio porte nos períodos de elevado índice pluviométrico, foram construídas três células piloto no aterro sanitário em uma cidade do interior paulista conforme as etapas descritas a seguir:

### 1. Etapas do Desenvolvimento do Cenário das 3 Células Piloto

- Foram projetadas e construídas as 3 células piloto em volume e dimensões controladas para simulação das condições de aterro sanitário;
- As 3 células piloto foram construídas nas seguintes condições: **Célula 1**: célula com resíduo sólido exposto; **Célula 2**: célula com resíduo sólido coberto com manta de sacrifício; **Célula 3**: célula com resíduo coberto com solo seco armazenado em silo;
- Foram avaliados os cenários e as eficiências dos diferentes tipos de coberturas com: a- solo seco armazenado em silo e cobertura com manta de sacrifício, b- com acompanhamento pluviométrico, deterioração da manta e geração de chorume, durante o período de 90 dias;
- Foi elaborado um estudo de viabilidade financeira para a construção de um silo para armazenagem de solo.

### 2. Projeto das 3 Células Piloto para a Simulação do Aterro Sanitário

As três células piloto para a simulação do aterro sanitário foram construídas de forma a representar a técnica construtiva de aterros sanitário, seguindo os mesmos mecanismos de construção como: 1) selo mecânico, 2) geomembrana PEAD (Polietileno de Alta Densidade) 2mm, 3) geotêxtil 300g/cm<sup>2</sup>, 4) material britado, 5) tubo coletor para drenagem do chorume e 6) contêiner de volume 1m<sup>3</sup> para coleta de chorume (Figura 1). Observa-se na Figura 1 todas as faces do projeto das células, desenhada através do software CAD, ilustrando a parte interna das células, bem como o tubo PEAD 190mm para drenagem de chorume.

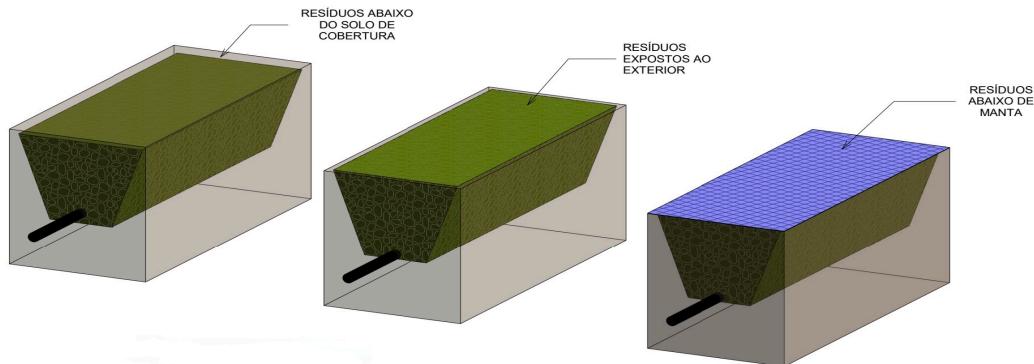
#### 2.1. Operação das 3 Células Piloto para a Simulação do Aterro Sanitário

Após finalizar a construção, as três células foram controladas e observadas durante 90 dias, onde foram realizadas coletas de informações de pluviometria na área. As informações pluviométrica foram medidas através de uma estação metereológica fixa no local, a qual fornece dados em tempo real das condições climáticas. A coleta de chorume foi feita semanalmente, sendo observada a gradação do contêiner, sempre drenado e o volume medido



quando a capacidade chegava a 1000L; exceto pela célula 3, onde o volume coletado foi inferior a capacidade máxima do contêiner.

**FIGURA 1 - Projeto das células piloto para a simulação do aterro sanitário**



Fonte: O autor, 2025.

As três células foram construídas no mesmo perímetro, com espaço de 2 metros de uma para a outra (Figura 2). Seguindo os modos construtivos citados no item 1, a mudança de cada célula em sua construção está no tipo de cobertura aplicada, sendo Célula 1: célula com resíduo sólido exposto; Célula 2: célula com resíduo sólido coberto com manta de sacrifício; Célula 3: célula com resíduo coberto com solo seco armazenado em silo.

**FIGURA 2 - Vista Frontal das três células piloto construídas no platô do aterro sanitário**  
Fonte: O autor, 2025.

A Figura 2 representa a vista frontal do aterro. A construção feita em talude simula a frente operacional do aterro, onde a camada de resíduos é compactada no formato 3:1 (cada 3





metros de altura, 1 metro de base).

A Figura 3 apresenta a parte superior das células já construídas. Observa-se nas imagens diferentes tipos de cobertura e como servem para proteger o resíduo da água da chuva, simulando cenários comumente vividos em aterros sanitários.

**FIGURA 3 - Configuração das três células piloto no platô do aterro sanitário: vista superior das células construídas**



Fonte: O autor, 2025.

## RESULTADOS

Os testes realizados em cada uma das três células foram desenvolvidos em campo com o intuito de identificar a melhor cobertura para o aterro sanitário durante a operação diária de cobertura de resíduos.

Em períodos de seca, o solo é amplamente utilizado, porém, quando ocorre a chuva, a indisponibilidade de solo instaurado torna-se necessário o uso de manta de sacrifício. Os resultados identificaram uma taxa de contribuição pluviométrica determinada em litros de chorume por milímetros de chuva por metro quadrado da área. Os valores obtidos para cada célula foram: Célula 1 - 1,35L/mm<sup>2</sup>; Célula 2: 0,61L/mm<sup>2</sup>; Célula 3: 0,44L/mm<sup>2</sup>.

Os resultados da Tabela 1 detalham a taxa de contribuição de chorume (litros/mm<sup>2</sup>·m<sup>2</sup>) para diferentes cenários de cobertura em aterros sanitários.

**Célula 1:** Resíduo Exposto. Nesta célula, foram coletados 3.650 litros de chorume em uma área de 8 m<sup>2</sup>, com uma medição pluviométrica de 2.712 litros. A taxa de geração de chorume foi de 1,35 L/mm<sup>2</sup>·m<sup>2</sup>. A exposição direta do resíduo à chuva converte toda a precipitação em lixiviado, elevando os custos de transporte e tratamento.



**Célula 2:** Resíduo Coberto com Manta de Sacrifício. Com a aplicação de uma manta de sacrifício, a coleta de chorume foi de 1.420 litros em 8 m<sup>2</sup>, sob uma medição pluviométrica de 2.321,6 litros. A taxa de contribuição foi de 0,61 L/mm·m<sup>2</sup>. Embora a manta tenha atuado como barreira mecânica, reduzindo a infiltração esperada, ainda houve uma contribuição pluviométrica significativa.

**Célula 3:** Resíduo Coberto com Solo Armazenado em Silo. Esta célula apresentou os melhores resultados. Foram coletados 850 litros de chorume em 8 m<sup>2</sup>, com uma medição pluviométrica de 1.926,4 litros. A taxa de contribuição foi a menor entre as testadas, de 0,44 L/mm\*m<sup>2</sup>.

A tabela 1 mostra os dados coletados nos testes experimentais das células:

**Tabela 1 - Dados de precipitação, contribuição e volume de chorume coletado**

	Célula 1	Célula 2	Célula 3
Precipitação (mm)	339	290,2	240,8
Área m <sup>2</sup>	8	8	8
Volume de contribuição na área (L)	2.712	2.321,6	1.926,4
Volume coletado (L)	3.650	1.420	850
Taxa de contribuição (L/mm*m <sup>2</sup> )	1,35	0,61	0,44

Fonte: O autor; 2025.

Visto que o solo mostra-se mais eficiente como barreira mecânica contra infiltração de água da chuva, o estudo seguirá para viabilidade financeira de construção do silo versus cobertura com manta de sacrifício.

A Tabela 2 apresenta os custos reais de aplicação de cobertura com manta de sacrifício e cobertura com solo armazenado em silo, levando em consideração a aplicação da manta versus a construção e operação do silo de armazenagem de solo. Observa-se na Tabela 2 o levantamento de custos de CAPEX e OPEX comparando as duas modalidades de cobertura: Silo e Manta de Sacrifício.

**TABELA 2** – Comparativo dos custos para um mês de operação do aterro sanitário em épocas de elevada incidência de chuva entre manta sacrifício e construção e operação do silo



	Silo (1 mês)	Manta (1 mês)
CAPEX	R\$ 11.263,70	R\$ 5.904,00
OPEX	R\$ 4.263,32	R\$ 27.903,16
Chorume (1000mm de chuva)	R\$ 37.063,95	R\$ 51.378,56
Total	R\$ 52.590,97	R\$ 85.185,72
Economia	R\$ 32.594,75	

Fonte: O autor, 2025.

## CONCLUSÕES

Após análises e testes em campo, pode-se concluir que a cobertura de resíduos sólidos em aterro sanitário com solo é mais eficiente na prevenção da geração de chorume, visto que a geração na célula 3 foi a menor perante as três, pois o solo impermeabilizou a área de resíduos de maneira mais eficiente, visto que a menor taxa de contribuição pluviométrica foi a cobertura de solo, com 0,44 L/mm\*m<sup>2</sup> de área.

A cobertura do RS com o solo conseguiu mostrar-se como opção mais viável, devido a formação de uma barreira mecânica para infiltração da água de chuva. Embasado pelo estudo da Tabela 2 pode-se concluir que as economias de OPEX e de geração de chorume devida a constante cobertura com solo geradas pode ser considerada uma opção de construção do silo. Observa-se que o projeto é viável financeiramente, pois traz uma economia de R\$ 32.594,75/mês e R\$130.379,00/ano reduzindo consideravelmente o retrabalho com manta de sacrifício e posteriormente cobertura com solo, também diminuindo os custos com máquinas e diesel.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13896**: Aterros sanitários - Critérios para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**: Resíduos sólidos - Classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.



## DESTINAÇÃO DE RESÍDUOS DA ARBORIZAÇÃO URBANA - USOS SUSTENTÁVEIS ADOTADOS PELO PROJETO YBIRÁ

*Luisa Lopes de Mello<sup>1</sup>; Adriana Maria Nolasco<sup>2</sup>; Ana Maria Meira de Lello<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Estudante de Graduação da ESALQ/Universidade de São Paulo; <sup>2</sup>Docente Sênior/ESALQ/USP e <sup>3</sup>Educadora Programa USP Recicla/PUSP-LQ/USP

Autor correspondente: [luisa.mello@usp.br](mailto:luisa.mello@usp.br)

### INTRODUÇÃO

Florestas urbanas apresentam diversos benefícios à comunidade, como maior qualidade do ar, adequação do microclima, refúgio da fauna e fatores relacionados à sensação de bem-estar. Entretanto, o manejo dessas áreas gera grandes volumes de resíduos orgânicos, como o material proveniente da poda e supressão das espécies vegetais, além de folhas, flores e frutos sazonalmente liberados pelas plantas.

O campus da Universidade de São Paulo em Piracicaba, *Luiz de Queiroz*, apresenta 15 hectares de florestas urbanas que formam o Parque Phillip Westin Cabral de Vasconcelos (Parque da ESALQ), que diariamente recebe não apenas a comunidade do campus, mas também visitantes da cidade de Piracicaba e região, somando mais de 5.000 visitantes diários.

Os resíduos da arborização urbana, no contexto do campus da ESALQ, têm como principal destinação a disposição “in natura”, sobre o solo, em um local aberto que serve como depósito do material dentro do campus. Esse destino, que é o mais comumente adotado também pelos municípios, não aproveita o material e gera riscos relacionados a incêndios, acidentes e propagação de animais sinantrópicos. No ano de 2024, três incêndios ocorreram nessa área e, por mais que esses incêndios tenham sido controlados rapidamente, sem grandes danos ao campus, eles reforçam e chamam atenção para a necessidade de desenvolvimento e implantação de alternativas mais adequadas para a destinação sustentável e valorização desses resíduos.

De forma a promover o uso sustentável dos resíduos da arborização urbana, o projeto Ybirá foi criado em 2021 através de uma parceria entre o Departamento de Ciências Florestais (LCF/ESALQ/USP) e a Prefeitura do Campus Luiz de Queiroz (PUSP/LQ)/ Programa USP Recicla. Este projeto busca desenvolver, explorar e transferir diferentes alternativas tecnológicas e de gestão e gerenciamento de resíduos, visando a valorização dos materiais



madeireiros e não madeireiros gerados, assim como a redução dos impactos ambientais negativos relacionados ao seu manejo.

Por meio de atividades desenvolvidas por alunos da graduação, o projeto funciona como um laboratório e projeto piloto no qual são desenvolvidas atividades de aproveitamento dos resíduos para diversos usos, como a produção de Pequenos Objetos de Madeira (POMs), mobiliário urbano, atividades de educação ambiental, compostagem, cobertura de solo para agricultura e modelos de economia circular aplicados à gestão e gerenciamento desses resíduos. O trabalho busca, também, a implementação dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, em especial a ODS 12, que visa assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis.

## OBJETIVO

Este trabalho teve por objetivo desenvolver e explorar algumas formas de valorização dos resíduos da arborização urbana, com potencial de aplicação na realidade e de acordo com as características e necessidades do Campus “Luiz de Queiroz”, servindo como um projeto piloto utilizado para a formação dos alunos de graduação e demonstração para as prefeituras municipais da região.

## METODOLOGIA

Os resíduos foram segregados em resíduo madeireiro (lenhoso), composto por galhos com diâmetro acima de 5 cm e fuste; e não madeireiro, composto por galhos finos, frutos e folhas caídas.

Os resíduos madeireiros foram classificados em função do diâmetro e destinados para diferentes fins. Galhos com diâmetro entre 5 e 20 cm foram usados em POMs; fustes com diâmetro acima de 40 cm foram utilizados para produção de mobiliário urbano (bancos); já os materiais com diâmetro entre 20 e 40 cm foram destinados para energia, como lenha.

A produção de POMs e mobiliário urbano envolveu diversas etapas: definição do conceito do produto; análise de similares; produção dos protótipos; fabricação em escala para atendimento das demandas do Campus. A produção dos protótipos e a fabricação dos produtos foram realizadas no Laboratório de Processamento Mecânico da Madeira do LCF e na Seção de Marcenaria e Carpintaria da PUSP/LQ.

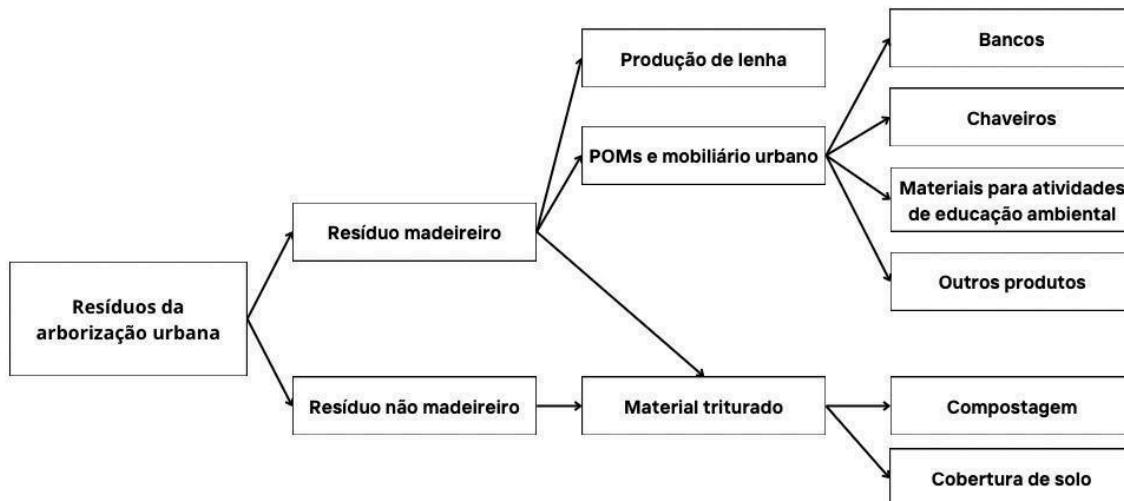
Os resíduos madeireiros não utilizados para a fabricação de produtos sólidos (POM e mobiliário urbano), foram destinados como lenha para oarias do município.



Os resíduos não madeireiros foram triturados pela empresa prestadora de serviços de poda à PUSP/LQ e destinados aos programas internos de compostagem, como o do Centro de Convivência Infantil “Ermelinda Ottoni de Souza Queiroz”, programa piloto de compostagem da PUSP/LQ e Grupo CEPARA – Centro de Estudos e Pesquisa para o Aproveitamento de Resíduos Agroindustriais; a ao projeto TrituraPira, desenvolvido através da parceria de várias ONGs com a ESALQ/USP e SEMA (Secretaria de Agricultura da Prefeitura Municipal de Piracicaba), que distribui resíduos de poda para os agricultores orgânicos e familiares do município de Piracicaba para uso como cobertura de solo.

A Figura 1 mostra as linhas de aproveitamento dos resíduos da arborização urbana adotadas neste projeto.

*Figura 1 - Fluxograma dos usos empregados para destinar os resíduos de poda*



Fonte: Os autores (2025)

## RESULTADOS

Os principais produtos madeireiros desenvolvidos e fabricados pelo Projeto Ybirá, até agora, foram: (i) bancos para as áreas de bem estar do Parque da ESALQ, melhorando as áreas voltadas ao lazer ou descanso; (ii) chaveiros, utilizados nas atividades oficiais de integração dos alunos ingressantes nos cursos de graduação da ESALQ/USP, visando sensibilizar para as questões ambientais do campus; (iii) materiais/brinquedos educativos para atividades de educação ambiental, como jogos da memória, discos de madeira para pintura e outros, destinados às atividades de educação ambiental do Programa USP Recicla com crianças que visitam os diferentes setores do Campus.



Os POMs foram distribuídos em eventos promovidos pela ESALQ e o mobiliário urbano disposto nas áreas de bem estar do Parque da ESALQ (Figura 2). Nos dois casos, informações sobre o projeto e a importância do aproveitamento desses resíduos foram disponibilizadas ao público alvo através de panfletos, painéis informativos, informações nas redes sociais, entre outras formas de educomunicação.

*Figura 2. Pequenos Objetos de Madeira desenvolvidos para atividades de educação ambiental a partir de resíduos da arborização urbana*



Fonte: Os autores (2025)

Na produção de bancos foram utilizadas toras provenientes dos fustes de árvores que caíram em função das suas condições fitossanitárias ou da ação de intempéries, ou aquelas que foram suprimidas em função de riscos de acidentes. Foram árvores de espécies nativas, como Pau-marfim e Angico, e exóticas, como o eucalipto, com comprimentos superiores a 4 metros e diâmetro superior a 40 cm. No total, já foram produzidos 36 bancos e ainda serão fabricados outros 25, a serem distribuídos em locais já demandados pela própria comunidade do campus e visitantes (Figura 3).

*Figura 3. Produção e instalação de mobiliário urbano produzido com resíduo da arborização urbana*



Fonte: Os autores (2025)

A destinação do material residual de podas para olarias foi bastante relevante, se mostrando uma alternativa eficiente e que demanda pouco esforço e investimento por parte da



PUSP/LQ. Foi estimado, pelo serviço de gestão ambiental do campus, que mais de trezentos metros cúbicos desse material foram destinados por meio de doações para olarias.

Os resíduos não madeireiros foram triturados pela empresa prestadora de serviços de poda à PUSP/LQ e destinados aos programas internos de compostagem, como o do Centro de Convivência Infantil “Ermelinda Ottoni de Souza Queiroz”, programa piloto de compostagem da PUSP/LQ e Grupo CEPARA – Centro de Estudos e Pesquisa para o Aproveitamento de Resíduos Agroindustriais; a ao projeto TrituraPira, desenvolvido através da parceria de várias ONGs com a ESALQ/USP e SEMA (Secretaria de Agricultura da Prefeitura Municipal de Piracicaba), que distribui resíduos de poda para os agricultores orgânicos e familiares do município de Piracicaba para uso como cobertura de solo (Figura 4).

*Figura 4. Uso agrícola do resíduo da arborização urbana como cobertura de solo e compostagem*



Fonte: A autora (2025)

## CONCLUSÕES

Por meio das atividades desenvolvidas pelo projeto Ybirá, tem-se a promoção da Economia Circular, baseada no modelo de uso em cascata, integrando diferentes alternativas de aproveitamento em função das características dos materiais, com destinação ambientalmente adequada de 100% dos resíduos gerados.

Essas soluções demonstram a possibilidade de valorização desses resíduos e promoção de atividades econômicas com benefícios econômicos, sociais e ambientais, como o fortalecimento de práticas agroecológicas e agricultura local; o aproveitamento do material como fonte energética; e ainda o desenvolvimento de atividades de educação.

Como laboratório e projeto piloto, o Ybirá, é um importante espaço e instrumento demonstrativo para formação complementar dos alunos da ESALQ/USP; para o desenvolvimento de atividades de educação ambiental; e para demonstração do modelo e das



técnicas de aproveitamento para as prefeituras municipais e outras instituições/empreendimentos geradores desse tipo de resíduo.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Yuri Rommel Vieira et al. Carbon footprint associated with four disposal scenarios for urban pruning waste. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 25, p. 1863-1868, 2018.

MEIRA, Ana Maria de. **Gestão de resíduos da arborização urbana**. 2010. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-19042010-103157/>. Acesso em: 28 abr. 2025.

TORRES, I. F. et al. The effects of fresh and stabilized pruning wastes on the biomass, structure and activity of the soil microbial community in a semiarid climate. **Applied Soil Ecology**, v. 89, p. 1-9, 2015.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/12>. Acesso em: 28 abr. 2025.



## EFFECTOS DEL LIXIVIADO DEL BIORREACTOR (SIMULACIÓN DE UN RELLENO SANITARIO SEMI-AERÓBICO) COMO FERTILIZANTE EN PLANTAS DE MAÍZ (*ZEA MAYS L.*)

*Garay Santa Cruz Mayva*<sup>1\*</sup>, *Aguilar Ortiz Dannie*<sup>2</sup>, *Callalli Torres Cesar*<sup>3</sup>, *Requena Sánchez Norvin*<sup>4</sup>

<sup>1, 2,3 y 4</sup> Grupo de Investigación en Residuos para el Desarrollo Sostenible (GIRDS),  
Facultad de Ingeniería Ambiental, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.

\*Mayva.garay.s@uni.pe

### INTRODUCCIÓN

A nivel global y en el Perú, la gestión inadecuada de residuos orgánicos constituye un desafío ambiental significativo. En los rellenos sanitarios, estos residuos generan lixiviados, líquidos tóxicos derivados de la descomposición de desechos sólidos, que representan un riesgo para la salud pública y el medio ambiente al contaminar aguas superficiales y subterráneas. Factores como el aumento de precipitaciones y la deficiente recolección de escorrentías agravan este problema, por lo que se recomienda mitigar sus impactos negativos [1].

Aunque los lixiviados contienen nutrientes y compuestos orgánicos aprovechables como fertilizantes, su gestión inadecuada genera contaminación [2]. La aplicación directa de lixiviados diluidos en agua podría ser una solución sostenible para cultivos como las flores, evitando su uso puro, que podría dañar las plantas [3]. De esta manera, el aprovechamiento de lixiviados no solo reduciría los problemas asociados a los vertederos, sino que también ofrecería una alternativa económica y ecológica frente a los fertilizantes químicos, cuyo uso excesivo ha contaminado suelos y aguas, además de afectar la economía de los agricultores.

El empleo de lixiviados como fertilizantes podría disminuir la dependencia de productos químicos, permitiendo a los agricultores ahorrar costos, adquirir más semillas y ampliar sus áreas de cultivo [4]. Estudios previos han evaluado el uso de lixiviados en diversos cultivos mediante análisis fisicoquímicos, pruebas de toxicidad y ensayos experimentales. En este contexto, la presente investigación se centra en evaluar el impacto del lixiviado en el crecimiento del maíz (*Zea mays L.*), buscando un método sostenible que minimice el impacto ambiental y reduzca el uso de fertilizantes químicos.



## OBJETIVO

El presente estudio evalúa el potencial del lixiviado generado en un biorreactor, que simula un relleno sanitario semi-aeróbico, como fertilizante orgánico para plantas de maíz (*Zea mays L.*). Además, incluye la determinación del efecto del lixiviado en la tasa de germinación y el crecimiento en altura de las plantas.

## METODOLOGIA

**Zona de estudio:** El experimento se llevó a cabo en la facultad de ingeniería ambiental de la Universidad Nacional de Ingeniería en el tercer piso, en la parte externa del laboratorio GIRDS. Como materiales se usaron platos descartables (5 und), algodón (100 gr), semillas de maíz (250 gr), baldes de plástico de 4 litros (16 und), lixiviado (500 ml), tierra negra, compost (10 kg).

### Componentes del estudio:

**Planta estudiada:** Maíz (*Zea Mays L.*)

**Lixiviado:** Las características del lixiviado fueron proporcionados por Bianca Reyes, quien investiga sobre lixiviados en rellenos sanitario semi-aeróbicos. Las características principales fueron: pH de 9.62, conductividad eléctrica de 44 240  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , turbidez de 291 NTU, demanda química de oxígeno de 8 141 mg/L, demanda biológica de oxígeno de 350 mg/L, sólidos totales de 33.69 mg/l y sólidos volátiles de 7.52 mg/l

### Variables

**Variable independiente:** tratamientos con diferentes concentraciones de lixiviado.

*Tabla 1 – Composición de lixiviado y agua en los tratamientos*

Tratamiento	Composición	
	Lixiviado (ml)	Agua (ml)
1	0	1 000
2	50	950
3	100	900
4	150	850

Fuente: Los autores (2023).

**Variable dependiente:** altura de la planta, % de emergencia y % de germinación.

## PROCEDIMIENTO



## Preparación de las muestras

Se preparó una mezcla homogénea de tierra negra y compost, la cual se colocó en baldes de plástico. Estos fueron regados con lixiviados en distintas concentraciones, organizados por tratamientos y distribuidos aleatoriamente. La Figura 1a muestra una fotografía de la mezcla de lixiviados.

Tabla 2 – Distribución de los tratamientos

Bloques			Tratamiento	
I	T4	T3	T2	T1
II	T1	T4	T3	T2
III	T2	T1	T4	T3
IV	T3	T2	T1	T4

Fuente: Los autores (2023).

## Prueba de germinación y siembra

La prueba de germinación consiste en colocar semillas en un sustrato húmedo, en condiciones controladas de temperatura, humedad y luz para que germinen y alcancen un nivel de desarrollo. De esta manera, se puede evaluar las estructuras esenciales de la planta, y determinar si son aptas para continuar con su crecimiento normal. (SNICS, s.f.) Para determinar el porcentaje de germinación de la especie *Zea Mays L.*, se colocaron 20 semillas en 5 platos descartables con algodón, se regó durante una semana. Se obtuvo un porcentaje de germinación de 33%, es decir, aproximadamente 6 o 7 de cada 20 semillas de maíz son aptas para continuar su normal crecimiento. En la Figura 1b, se muestra fotografía de semillas de maíz para la germinación. La siembra de *Zea Mays L.* fue de manera directa colocando las semillas en 4 puntos separadas de forma homogénea, el total de semillas en cada balde fue de 12, finalmente se cubrieron a una profundidad de 1 cm. En la Figura 1c, se muestra fotografía de la siembra de maíz.

Figura 1 – a) Mezcla de lixiviados, b) semillas de maíz para la germinación y c) siembra de maíz



Fuente: Los autores (2023).



## Medición de tallos, riego y estimulación con lixiviado

Los principales factores para el crecimiento del maíz fue la humedad del suelo y el microclima que presenta la zona de estudio. Se estableció un calendario de riego. Para la estimulación del maíz se regaba semanalmente con una concentración de lixiviado para cada tratamiento y de igual forma se medía su crecimiento de manera semanal hasta finalizar el estudio. En la Figura 2 se presenta imágenes del proceso de estimulación y medición de la altura del maíz.

Figura 2 – Estimulación de tratamiento y Medición de la altura del maíz



Fuente: Los autores (2023).

## RESULTADOS

### Porcentaje de germinación

En cada tratamiento y en cada bloque experimental se utilizaron 12 semillas por recipiente, manteniendo así una uniformidad en la densidad de siembra.

Tabla 3 – Porcentaje de germinación en los 4 tratamientos

Bloques	Porcentaje de germinación (%)			
	Semillas Germinadas			
	T1	T2	T3	T4
I	50.00	41.67	8.33	16.67
II	16.67	33.33	33.33	41.67
III	8.33	25.00	16.67	16.67
IV	16.67	16.67	16.67	8.33
Promedio	22.92	29.17	18.75	20.83

Fuente: Los autores (2023).

### Porcentaje de emergencia

El porcentaje de emergencia del maíz en el tiempo del estudio para cada tratamiento se detalla en la tabla 4.

Tabla 4 – Porcentaje de plantas emergidas en los 4 tratamientos

### Portal de Eventos Científicos da Escola de Engenharia de São Carlos



Bloques	Porcentaje de emergencia (%)			
	T1	T2	T3	T4
I	33.33	25.00	0.00	8.33
II	8.33	25.00	25.00	25.00
III	0	16.67	8.33	0.00
IV	8.33	8.33	0.00	0.00
Promedio	12.5	18.75	8.33	8.33

Fuente: Los autores (2023).

## ALTURA DE PLANTAS

Se realizaron las mediciones de las alturas de las plantas de manera semanal durante, la primera medición se realizó el 20 de mayo y la última medición el 13 de junio del año 2023.

### Tratamientos

Los valores de las mediciones de las plantas de maíz para los tratamientos se observarán en la tabla 5.

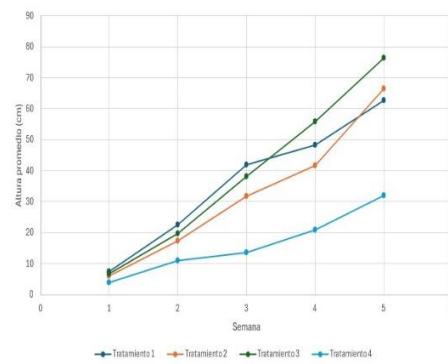
Tabla 5 – Altura para los tratamientos semana 5

Bloque	tratamiento 1				tratamiento 2				tratamiento 3				tratamiento 4			
	(cm)				(cm)				(cm)				(cm)			
	P1	P2	P3	P4												
I	80	94	79	4	67	70	65	-	-	-	-	-	13	-	-	-
II	51	-	-	-	70	73	60	-	89	57	70	-	51	-	-	-
III	-	-	-	-	72	56	-	-	90	-	-	-	-	-	-	-
IV	68	-	-	-	69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Promedio	62.67				66.44				76.50				32.00			

Fuente: Los autores (2023).

## Comparativo de alturas promedio de cada tratamiento en cada semana

Figura 3 – Gráfico comparativo de alturas por tratamiento



Fuente: Los autores (2023).



semana 5. El análisis estadístico mediante ANOVA (InfoStat) reveló que no hubo diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) en el crecimiento en altura del maíz entre los tratamientos con diferentes concentraciones de lixiviado. No obstante, el tratamiento con 10% mostró una tendencia de mayor crecimiento. Se recomienda aumentar el número de repeticiones y emplear semillas con alta tasa de germinación para reducir la variabilidad y confirmar posibles efectos del lixiviado como fertilizante.

## CONCLUSIONES

El presente estudio evaluó el uso de lixiviado de un biorreactor como fertilizante orgánico en el cultivo de maíz (*Zea mays L.*). Los análisis estadísticos indicaron que no hubo diferencias significativas en la altura de las plantas entre tratamientos. Sin embargo, se observó una tendencia de mayor crecimiento en el tratamiento con 10% de lixiviado (T3), lo que sugiere un posible efecto positivo a bajas concentraciones. En cambio, el tratamiento con 15% mostró efectos adversos, posiblemente asociados a la salinidad y carga orgánica del lixiviado. La baja tasa de germinación (33%) limitó la robustez de los resultados. Se recomienda utilizar semillas con alta viabilidad y ajustar la concentración del lixiviado, que presenta potencial como fertilizante orgánico alternativo en sistemas agrícolas sostenibles.

## REFERENCIAS

- [1] Pozo Bejerano, J., García Gutiérrez, J. A., & Vázquez Pérez, Y. (10 de enero de 2020). Estimación del caudal medio de lixiviados generados en el vertedero de Viñales, Pinar del Río. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/6378/637869117002/html/>
- [2] Alonso, R. G. (17 de agosto de 2022). Sembrar 100. ¿Qué es el Lixiviado? ¿Para qué se utiliza? ¿En qué se puede beneficiar mi Huerto y la Agricultura? Obtenido de <https://www.sembrar100.com/lixiviado/>
- [3] Cordova Baldeon, J. J., Taype Ichpas, A., & Capcha Perez, Y. R. (2023). Aprovechamiento de lixiviados generados por los residuos orgánicos en el relleno sanitario Ccatun Huaycco en Paltamachay -Yauli - Huancavelica. Huancayo: Universidad Coninental.
- [4] Granada Torres, C. A., & Prada Millán, Y. (2015). Caracterización del lixiviado agroecológico a partir de residuos orgánicos de cultivos. Manizales: Revista de Investigación Agraria y Ambiental.



## INVENTÁRIO DE EMISSÕES DE GASES NO CAMPUS "LUIZ DE QUEIROZ"/USP/PIRACICABA – IMPLEMENTAÇÃO DAS DIRETRIZES PROPOSTAS PELO PLANO DIRETOR PARTICIPATIVO

*Mirela Aparecida Cogo<sup>1</sup>, Carlos Eduardo Pellegrino Cerri<sup>2</sup>, Ana Maria Meira de Lello<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> Estudante de Graduação ESALQ/Universidade de São Paulo; <sup>2</sup> Docente ESALQ/Universidade de São Paulo; <sup>3</sup> Serviço de Gestão Ambiental PUSP/LQ

[mirelacogo@usp.br](mailto:mirelacogo@usp.br)

### INTRODUÇÃO

A Universidade tem papel fundamental no desenvolvimento de tecnologias, criação de metodologias e processos educativos que permitam a sociedade adoção da práticas que levem a melhorias ambientais, sociais, culturais e econômicas,

De acordo com os Objetivos de Desenvolvimento sustentável proposta pela ONU é imprescindível que se consiga num trabalho conjunto desenvolver os objetivos pactuados em para 2030, dentre eles o “Objetivo 13, que consiste em tomar medidas urgentes para combater a mudança climática e seus impactos”.

Espera-se uma gestão sustentável dos recursos naturais e medidas urgentes sobre a mudança climática que já afetam e forma significativa o planeta, para que possa suportar as necessidades das gerações presentes e futuras. Em níveis mundiais tem-se buscado evitar que a temperatura média global aumente na média global 1,5°, o que estaria acima dos níveis pré-industriais (COP21).

### OBJETIVO

Os objetivos do projeto são elaborar inventários de emissões de gases do efeito estufa do campus referentes aos anos de 2022 e 2023 baseados no GHG Protocol; monitorar e aperfeiçoar bancos de dados do campus referentes aos gases do efeito estufa; desenvolver alternativas sustentáveis para diminuir emissões de gases do efeito estufa e gases poluentes no campus, e que possam ser aplicados em outras instituições e implementar diretrizes propostas no Plano Diretor Participativo do campus “Luiz de Queiroz”.

## METODOLOGIA

A metodologia consiste em coletar dados de todos os Departamentos do Campus USP Luiz de Queiroz/Piracicaba, referente aos fatores de emissões de gases do efeito estufa, entre eles estão: insumos fertilizantes e químicos, combustíveis de veículos, animais e energia elétrica, que de acordo com o GHG Protocol divide as fontes de emissões em escopo 1, escopo 2 e escopo 3. No caso dessa pesquisa foram considerados os escopo 1, considerados emissões diretas, ou seja, aquelas produzidas no campus, e escopo 2 chamadas de emissões indiretas são utilizadas mas não produzem.

### Escopo 1:

- combustão móvel;
- fermentação entérica de animais;
- manejo de dejetos;
- uso de fertilizantes;
- corretivos agrícolas.

### Escopo 2:

- Energia elétrica;
- Transporte.

O projeto também está baseado em execução de ações para redução de gases de efeito estufa: promover diálogos, estratégias e práticas que contribuam para redução de GEE a serem adotadas pelo campus.

## RESULTADOS

As emissões de gases do campus segundo os cálculos realizados dos anos de 2022 e 2023 mostraram que os insumos agrícolas representaram a maior porcentagem de emissões, em que nos anos anteriores as maiores fontes eram advindas dos animais utilizados para as atividades de pesquisa e ensino no campus.



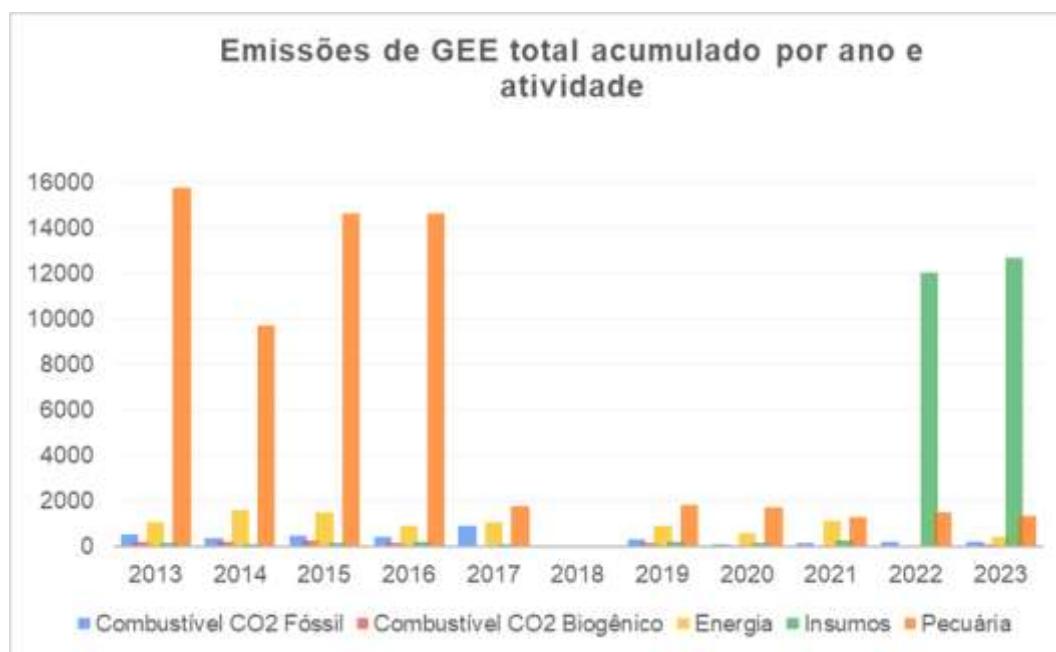
Figura 1 – Emissões por categoria do ano de 2022 (toneladas de CO2)

2022	
Combustível CO2 Fóssil (toneladas)	200,20
Combustível CO2 Biogênico (toneladas)	44,78
Energia (toneladas)	
Insumos (toneladas)	12.041,84
Animais (toneladas)	1.493,67

Figura 2 - Emissões por categoria do ano de 2023 (toneladas de CO2)

2023	
Combustível CO2 Fóssil (toneladas)	217,26
Combustível CO2 Biogênico (toneladas)	88,66
Energia (toneladas)	408,01
Insumos (toneladas)	12.654,42
Animais (toneladas)	1.334,69

Figura 03 – Emissões totais do campus “Luiz de Queiroz” de 2013 a 2023



A mudança no padrão de emissões do campus, se deve a redução drástica do número total de animais de pesquisa do campus dos últimos anos. Sendo assim, em 2022 a quantidade de CO2 equivalentes emitidos foi de 13.780,49 toneladas e em 2023 a quantidade de CO2 equivalente foi de 14.703,04 toneladas. Em 2022, apesar de todos os esforços, infelizmente não foram disponibilizados dados de consumo de energia elétrica, que eram rotineiramente enviados pela SEF – Superintendência do Espaço Físico, por isso esse fator não foi contabilizado.

Com a revisão do plano director participativo do campus realizado entre 2024 e 2025, foram desenvolvidos em conjunto com os grupos de trabalho de mobilidade sustentável, uso e ocupação territorial e educação ambiental, metas e ações para mitigação e redução das emissões de GEE no campus.

Como resultado foi estabelecido duas diretrizes para os próximos quatro anos:

- Acompanhamento do balanço de emissões no campus Luiz de Queiroz
- Redução de emissões no setor de transportes

## CONCLUSÕES

A obtenção de dados é uma das etapas cruciais para o trabalho como um dado. Quanto mais condizentes com a realidade melhor a aplicabilidade de ações para reduzir a quantidade de emissões e capacidade de remediação dentro do campus. Sendo assim existe uma maior necessidade de sinergia entre outros projetos que buscam ações semelhantes como por exemplo a comissão de mobilidade, para assim alcançar uma melhor eficiência do resultado desejado.

O projeto ainda vai ao encontro da necessidade de possibilitar o cumprimento das políticas públicas e legislações federais, estaduais e municipais onde se insere o campus da Universidade de São Paulo relativo à redução de emissões de GEE (Política Ambiental da USP, 2018). Além de promover à Universidade o papel na missão de proporcionar a preservação do meio ambiente e da qualidade dos recursos naturais frente à comunidade universitária e à sociedade.



## REFERÊNCIAS

CERRI, C. E. P.; DE CAMPOS, N. J. Estimativa das emissões de gases de efeito estufa para a revisão do Plano Diretor Socioambiental Participativo do campus Luiz de Queiroz/USP/Piracicaba. Piracicaba, 2018. Disponível: <https://www.esalq.usp.br/gestao-socioambiental/sites/default/files/Plano-Diretor-Ambiental-LQ-2a-revisao-2018.pdf>. Disponível em: 20 de abr. de 2025.

GHG Protocol. Guia para a elaboração de inventários corporativos de emissões de gases do efeito estufa/ realização GVces Centro de Estudos em Sustentabilidade da Fundação Getúlio Vargas. Programa Brasileiro GHG Protocol. São Paulo: FGV, 2009.

CETESB. Inventário de emissões antrópicas de gases de efeito estufa diretos e indiretos do Estado de São Paulo, 1.: comunicação estadual / CETESB; coordenação João Wagner Silva Alves, Josilene Ticianelli Vannuzini Ferrer; Equipe Mariana Pedrosa Gonzalez ... [et al.]. - 2.ed. - São Paulo: CETESB, 2011. Acesso em: [https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/34/2014/01/Primeiro\\_Inventario\\_GEE\\_WEB\\_Segunda-Edicao-v1.pdf](https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/34/2014/01/Primeiro_Inventario_GEE_WEB_Segunda-Edicao-v1.pdf) Acesso em 20 de abril de 2025

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Acordo de Paris. Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/clima/convancao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris.html>. Acesso em: 20 de abr. de 2025.

ONU. Objetivos de desenvolvimento sustentável. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 20 de abr. de 2025.



# SIRS

Simpósio sobre  
Resíduos Sólidos

Cidades Inteligentes e Sustentáveis

16 a 19 de setembro de 2025

São Carlos/SP

Brasil

Realização



Núcleo de Estudo e Pesquisa em Resíduos Sólidos

EESC - USP



**Portal de Eventos Científicos da Escola de Engenharia de São Carlos**

Anais eletrônicos do 9º Simpósio sobre Resíduos Sólidos  
Disponível em: <http://eventos.eesc.usp.br/sirs2025>



EESC - USP



SBi

Serviço de Biblioteca  
Prof. Dr. Sérgio Rodrigues Fontes

Página 6 de 6



## INVENTÁRIO DE GASES DO EFEITO ESTUFA (IGEE) EM INSTITUIÇÕES DE ENSINO SUPERIOR: APORTE METODOLÓGICOS INICIAIS

*Gustavo Henrique Ribeiro de Araujo<sup>1</sup>\*, Cristine Diniz Santiago<sup>2</sup>, Érica Pugliesi<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> Universidade Federal de São Carlos;

2 Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada / Universidade Federal de São Carlos;

3 Universidade Federal de São Carlos;

\*Autor correspondente: gusta.ribeiroaraujo@gmail.com

### INTRODUÇÃO

A urgência climática surge como um interesse comum internacional e de perfil planetário, resultando de ações humanas que culminam na intensificação das mudanças climáticas que se tornaram uma realidade global. Dentre seus aspectos mais importantes, a urgência climática ultrapassa fronteiras políticas, de modo a impor riscos ao equilíbrio ambiental e à sobrevivência humana (POMPEU e GOUVEIA, 2022). No Brasil, o setor ‘resíduos’ encontra-se em quarto lugar quanto fonte emissora de Gases do Efeito Estufa (GEE) nacional (SEEG, 2023), indicando a relevância e integração desta pauta com discussões climáticas.

Mediante o cenário atual, o Programa Brasileiro *GHG [Greenhouse gas] Protocol* surgiu como uma ferramenta fundamentada em metodologias internacionais e reconhecidas, garantindo a transparência, cujo o intuito é a contabilização e quantificação de emissões de GEE para empresas privadas elaborarem inventários de emissões de caráter voluntário. Inspirado no padrão internacional do *Greenhouse Gas Protocol*, desenvolvido pelo *World Resources Institute* (WRI) em parceria com o *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD), o programa foi implementado no Brasil em 2008 por meio de uma colaboração entre o Centro de Estudos em Sustentabilidade da Fundação Getulio Vargas (GVces), o próprio WRI, o Ministério do Meio Ambiente, o Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS) e o WBCSD (FGV e WRI, 2011).

A *tropicalização* de metodologias internacionais para o contexto brasileiro consiste em um avanço necessário para a padronização, para a formatação de uma plataforma nacional para a contabilização de emissões e para o reporte público. Nesse sentido, a elaboração de um inventário de GEE, conforme preconizado pelas diretrizes do Programa Brasileiro *GHG*



*Protocol*, oferece um conjunto robusto de vantagens que contribuem para o fortalecimento da gestão ambiental corporativa. O inventário configura-se como diagnóstico das emissões, o primeiro passo para a organização estabelecer metas de redução e iniciar uma jornada de descarbonização (FGV e WRI, 2011).

Em que pese o fato de que a construção do GHG Protocol tenha como foco o setor empresarial, é relevante pontuar a busca da administração pública brasileira por práticas que apresentem maior articulação com a sustentabilidade. Nesse sentido podem ser citados o Programa Agenda Ambiental na Administração Pública (A3P), do Ministério do Meio Ambiente, ou mesmo o Plano de Logística Sustentável (PLS), instrumento de planejamento que visa implementar práticas de sustentabilidade e racionalização de gastos em organizações públicas.

Dentre os atores da administração pública que tem se destacado na busca pela sustentabilidade podemos citar as Instituições de Ensino Superior (IES). Estas organizações têm se organizado para a adoção de estratégias que contribuem para a redução de seus impactos ambientais (Pardal et al., 2020), o que pode refletir não apenas na gestão das próprias IES, mas também na reestruturação de currículos, na mudança de programas de pesquisa e no maior engajamento da comunidade com a pauta da sustentabilidade (Fissi et al., 2021).

## OBJETIVO

Elaborar o primeiro Inventário de Gases de Efeito Estufa (IGEE) da Universidade Federal de São de Carlos (UFSCar), campus São Carlos/SP, com foco na quantificação das emissões diretas e indiretas de GEE das principais fontes de emissão, identificando dificuldades e gargalos para o diagnóstico de emissões de uma Instituição de Ensino Superior (IES).

## METODOLOGIA

Para a elaboração do Inventário de Gases do Efeito Estufa (IGEE) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), campus São Carlos/SP, a metodologia de contabilização e quantificação de emissões será respaldada pelos conceitos e diretrizes do Programa Brasileiro *GHG Protocol* e em conformidade com a ABNT NBR ISO 14064:2007 – Gases de efeito estufa – Parte 1: Especificação com orientações, no nível da organização, para quantificação e relato de emissões e remoções de gases de efeito estufa.



Nesse percurso, as etapas para determinar o escopo do inventário e as metodologias de cálculo aplicadas serão: I) Limite Organizacional: determinação da abordagem quanto à responsabilidade da organização inventariante sobre as fontes emissoras; II) Definição do Limite Operacional: momento no qual são estabelecidas as fronteiras do IGEE, identificando as fontes emissoras distribuídas pelos escopos 1 (emissões diretas), 2 (emissões indiretas do consumo de eletricidade) e 3 (emissões indiretas da cadeia produtiva); III) Seleção de metodologias e fatores de emissões em diretrizes e protocolos, preferencialmente nacionais e específicos ao contexto em que a organização está inserida; IV) Coleta dos dados necessários para a contabilização; V) Cálculo das emissões e elaboração do memorial de cálculo indicando as metodologias e premissas consideradas.

Após a elaboração do IGEE da UFSCar, campus São Carlos/SP, será realizada uma análise das emissões reportadas por outras instituições públicas e universidades federais, com base em estudos correlatos. Paralelamente, serão conduzidas análises comparativas envolvendo organizações privadas de porte equivalente à UFSCar, utilizando dados disponíveis em plataformas públicas de inventários corporativos de emissões. Essa etapa visa contextualizar o perfil de emissões da instituição estudada frente ao cenário de emissões atuais no Brasil.

## RESULTADOS

Os resultados iniciais correspondem ao processo de planejamento para elaboração do IGEE da UFSCar, campus São Carlos/SP e foram estruturados a partir de processos e da experiência relacionados à elaboração de inventários corporativos do setor privado. Para o diagnóstico de emissões da instituição pública, foram definidas as diretrizes apresentadas a seguir.

**Limite Organizacional:** neste caso utiliza-se a abordagem de Controle Operacional, na qual assumimos que a UFSCar possui autoridade total sobre as fontes emissoras por ser uma instituição pública; adicionalmente, considera-se que ela possui controle de 100% sobre as fontes emissoras, não considerando a participação societária para a organização, uma vez que não é o caso da IES em questão. Sendo importante avaliar a diferença entre as duas abordagens, segundo as Diretrizes do Programa Brasileiro GHG Protocol, a Tabela 1 sintetiza tais informações.

Tabela 1 – Diferenças entre abordagens definidas pelo GHG Protocol

Controle Operacional	Autoridade para introduzir e implementar políticas	Se possuir controle operacional: 100% Se não possuir controle
----------------------	--	--



	de funcionamento	operacional: 0%
Participação Societária	Porcentagem de posse	Porcentagem da propriedade

Fonte: Os autores (2025), com base em FGV e WRI (2011).

O **Limite Operacional** define as fronteiras das emissões que serão contabilizadas, avaliando o contexto da organização e as possíveis fontes mais materiais. No contexto do Programa Brasileiro *GHG Protocol*, as emissões são classificadas como diretas (emitidas por operação da organização e sob seu controle) e indiretas (emissões incluídas no inventário, mas que são oriundas de fontes pertencentes/controladas por outras organizações), as quais devem ser alocadas pelos escopos:

- Escopo 1 (emissões diretas);
- Escopo 2 (emissões indiretas relacionadas ao consumo e transmissão de energia exclusivamente); e
- Escopo 3 (emissões indiretas relacionadas às fontes de organizações terceirizadas, pertencentes a cadeia produtiva da inventariante).

Para o objeto de estudo, considerando que trata-se do primeiro inventário para emissões de GEE e as informações necessárias para a realização dos cálculos de emissões de diferentes fontes emissoras não estão submetidas a um sistema centralizado, será considerado para o Escopo 1 as categorias: Combustão Estacionária; Combustão Móvel; Emissões Fugitivas; Atividades Agrícolas; Mudança do Uso do Solo; e Resíduos Sólidos (tratamento de resíduos feito pela própria Universidade, a qual pratica a compostagem). O Escopo 2 abordará o consumo de eletricidade diretamente da rede e estipulará as emissões indiretas de GEE pelo consumo de energia do Sistema Interligado Nacional (SIN). O Escopo 3, por sua vez, tratando-se das emissões indiretas da organização relacionadas à sua cadeia produtiva, o IGEE para a UFSCar dedicará esforços para as categorias que, pelo contexto, representam maior contribuição de emissões, sendo ela Resíduos Gerados pelas Operações (este devido à grande variedade de resíduos gerados pela Instituição e destinada para tratamento por terceiros, sejam resíduos sólidos ou efluentes).

É interessante observar a relevância dos resíduos sólidos e emissões relacionadas no cenário de elaboração do IGEE de uma instituição. Tal relevância aponta para a necessidade de observar as práticas relativas à gestão de resíduos sólidos na UFSCar também como fator-chave para redução de suas emissões de GEE. Nesse sentido, estudos como o de Marotti et al. (2023), contribuem nesse campo com a proposição de diretrizes para uma política de gestão de resíduos sólidos de uma IES.



A princípio, em atenção às operações da Universidade não serem de ramo setorial específico, em comparação a setores privados de manufatura e construção ou energia, avalia-se que as diretrizes de metodologia do Programa Brasileiro *GHG Protocol*, somadas às especificações de cálculo do *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), serão suficientes para estimar as emissões das fontes consideradas do limite operacional com grau de confiabilidade.

Para a coleta de dados, é planejada a busca dos dados e evidências diretamente com os setores/departamentos administrativos e operacionais da UFSCar, seguindo pela sistematização e tratamento das informações (consolidação em planilhas como base de dados) e análise dos documentos sobre as fontes emissoras, a fim de propiciar a transparência e a avaliação da alocação da emissão dentre os escopos. É fundamental a elaboração do memorial de cálculo, indicando as metodologias utilizadas, bem como premissas adotadas frente aos dados coletados, com o intuito de documentação e banco de dados para possíveis verificações futuras.

Além disso, o estudo contribuirá para compreender o papel da instituição pública, no caso uma IES, como organização emissora no contexto da urgência climática no Brasil. O diagnóstico de emissões da UFSCar também permitirá comparar a contribuição de uma Instituição de Ensino Superior com as contribuições de organizações do setor privado de equidade de porte, de modo a abrir espaço para discussão interna sobre políticas de descarbonização e/ou redução de emissões.

## CONCLUSÕES

O cenário atual de intensificação das mudanças climáticas indica a necessidade de abordagens interdisciplinares inovadoras. Ao mesmo tempo, trata-se de uma pauta que diz respeito aos mais diversos atores da sociedade, inclusive instituições públicas.

Nesse sentido, a proposição da elaboração de um inventário de gases de efeito estufa para uma IES brasileira, no caso a UFSCar, revela-se como estratégia interdisciplinar alinhada à busca pela sustentabilidade da instituição.

Complementarmente, o planejamento do IGEE revelou que a gestão de resíduos sólidos constitui uma temática relevante no campo das emissões da universidade, o que indica a necessidade de despender esforços no sentido de uma gestão de resíduos mais alinhada à ordem de prioridade estabelecida pela PNRS.



Assim, estudos que articulem distintos campos do conhecimento, como este, tem o potencial de efetivamente transversalizar a gestão de resíduos sólidos, revelando suas diversas interfaces com a sustentabilidade.

## REFERÊNCIAS

FGV; WRI. Especificações do Programa Brasileiro GHG Protocol: contabilização, quantificação e publicação de inventários corporativos de emissões de gases de efeito estufa. 2. ed. São Paulo: Fundação Getulio Vargas, 2011.

Fissi, S., Romolini, A., Gori, E. Contri, M. (2021). The path toward a sustainable green university: The case of the University of Florence. *Journal of Cleaner Production*, 279, 123655. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123655>

Marotti, A. C. B., Santiago, C. D., de Sousa, I. C. N., Aleixo, M., Sanches, R., Pugliesi, E. Proposição de diretrizes para a política de gestão de resíduos sólidos de uma universidade pública brasileira. *AUGM DOMUS*, 10, 005. pp. 1-30. 2023. <https://doi.org/10.24215/18522181e005>.

Pardal, A., Romeira, T. Durão, A. (2020). Eco Green Campus: Challenges and Opportunities. The Study Case of Polytechnic Institute of Beja. In: 9th International Scientific-Technical Conference on Environmental Engineering, Photogrammetry, Geoinformatics - Modern Technologies and Development Perspectives (EEPG Tech 2019), Poland.

POMPEU, Gina Marcílio Vidal; GOUVEIA, Alessandro Samartin de. O escopo do Ministério Público diante da urgência climática e o desflorestamento da Amazônia. *Revista de Direito Econômico e Socioambiental*, Curitiba, v. 13, n. 2, p. 432-463, maio/ago. 2022. doi: 10.7213/revdireconsoc.v13i2.2900

SEEG (Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa). Série Histórica das Emissões Totais por Setor de emissão. 2023. Disponível em: <https://plataforma.seeg.eco.br/>. Acesso em 30 mai 2025.



## PIRÓLISE DE RESÍDUOS INDUSTRIALIS PARA PRODUÇÃO DE BIOCHAR

*Julia Couri Trevizan<sup>1</sup>, Daniel Colombari Filho<sup>1</sup>, Marília Vasconcellos Agnesini<sup>1</sup>,  
Valdir Schalch<sup>2</sup>, Isadora Alves Lovo Ismail<sup>1,2\*</sup>*

<sup>1</sup> Universidade de Ribeirão Preto – UNAERP.

<sup>2</sup> Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

\*Autor correspondente: [isadora\\_ismail@usp.br](mailto:isadora_ismail@usp.br)

### INTRODUÇÃO

Os resíduos sólidos são provenientes de atividades humanas na sociedade e, devido ao crescimento populacional aliado ao incremento de atividades industriais, houve um aumento considerável em sua geração. Há décadas a problemática dos resíduos sólidos vem sendo discutida, evidenciando a necessidade de sua reutilização ou reciclagem, aplicando-se o conceito de valorização de resíduos sólidos.

A valorização de resíduos busca reutilizar e dar um destino mais nobre a estes materiais que, dependendo das suas composições, podem substituir as matérias-primas tradicionais comumente comercializadas. Em escala industrial, engloba a capacidade de processar e valorizar materiais que, a princípio, eram considerados inservíveis, como óleos pós-consumo, plásticos, metais, borrachas e vidro, trazendo inúmeros benefícios para a sociedade, para o meio ambiente e para as próprias indústrias (MARTINS et al., 2007).

O biocarvão é um material obtido pela pirólise da biomassa para uso em práticas agrícolas e ambientais sustentáveis. A pirólise é o processo de decomposição térmica da biomassa na ausência ou em condições limitadas de oxigênio, que produz compostos nas fases gasosa, líquida e sólida. Devido à limitação do oxigênio nesse processo, não há combustão do carbono da biomassa e, dentre os materiais formados, está o biocarvão, material sólido e de coloração preta. O biocarvão pode ser considerado uma tecnologia de captura e armazenamento de carbono, que desempenha papel importante na redução dos níveis de CO<sub>2</sub> na atmosfera. Além disso, devido à sua capacidade de melhorar a produtividade e a adsorção de poluentes, esse material tem se tornado bastante popular nos últimos anos, como substituto para compostos de carbono fóssil em diversas aplicações. Dessa forma, vários grupos de pesquisa têm se dedicado à valorização da biomassa residual por meio da conversão em biocarvão. No entanto, ainda que seu principal elemento seja o carbono, a composição elementar do biocarvão é



formada de acordo com a matéria-prima e as características do processo de pirólise que são adotadas (LEHMANN, J. 2007; CERNANSKY, R., 2015; FÉLIX, et al, 2017; MULABAGAL, et al, 2021; WANI, et al, 2021; KÄTTERER, et al, 2022; LOPES, et al, 2022; DING, et al, 2023; DWIVEDI, et al, 2023; JING, et al, 2023; LIU, et al, 2023; SILVA, et al, 2023).

## OBJETIVO

Aproveitamento de resíduos sólidos provenientes de indústrias madeireiras e do setor sucroenergético para produção de biocarvão por meio de processos unitários da Engenharia Química, visando benefícios para o meio ambiente e valor agregado ao produto gerado.

## METODOLOGIA

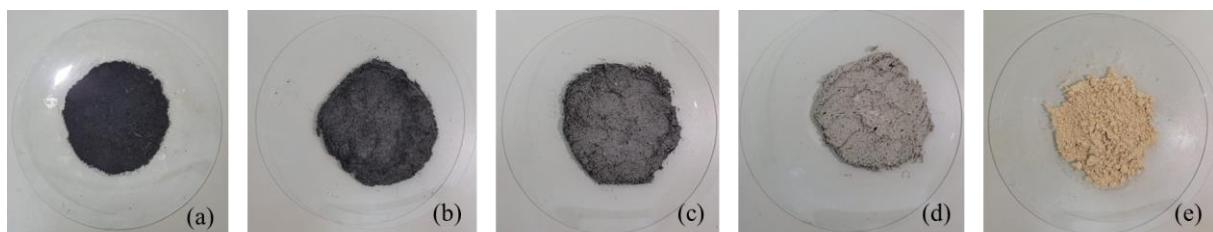
Utilizaram-se resíduos provenientes das indústrias moveleiras (“Fabricando Arte” de Ribeirão Preto – SP) e do setor sucroenergético (“Usina São Martinho” de Pradópolis – SP).

Os ensaios foram realizados em forno tipo mufla equipado com fluxo de nitrogênio, nas temperaturas de 500 °C e 600 °C, com três tempos de residência (15, 30 e 60 minutos), possuindo volume aproximado de 9,0 L. Foram avaliadas diferentes proporções de pó de madeira e fuligem para sua produção. Em cada ensaio foram utilizados 10 g de amostra e, ao final, avaliaram-se as características do biocarvão obtido, bem como seu rendimento médio.

## RESULTADOS

Os resíduos sólidos utilizados para realização dos ensaios estão apresentados na Figura 1 de acordo com as proporções adotadas.

*Figura 1: Resíduos utilizados nos ensaios de pirólise: (a) 100% fuligem, (b) 75% fuligem e 25% pó de madeira, (c) 50% fuligem e 50% pó de madeira, (d) 25% fuligem e 75% pó de madeira e (e) 100% pó de madeira.*

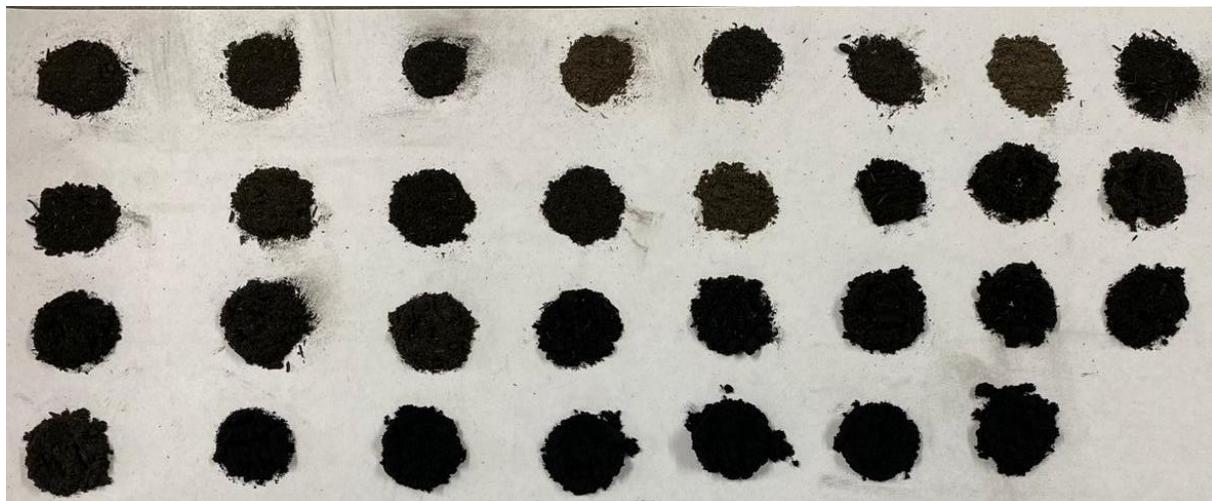


Fonte: Os autores (2025).

O biocarvão obtido nos ensaios de pirólise está apresentado na Figura 2.



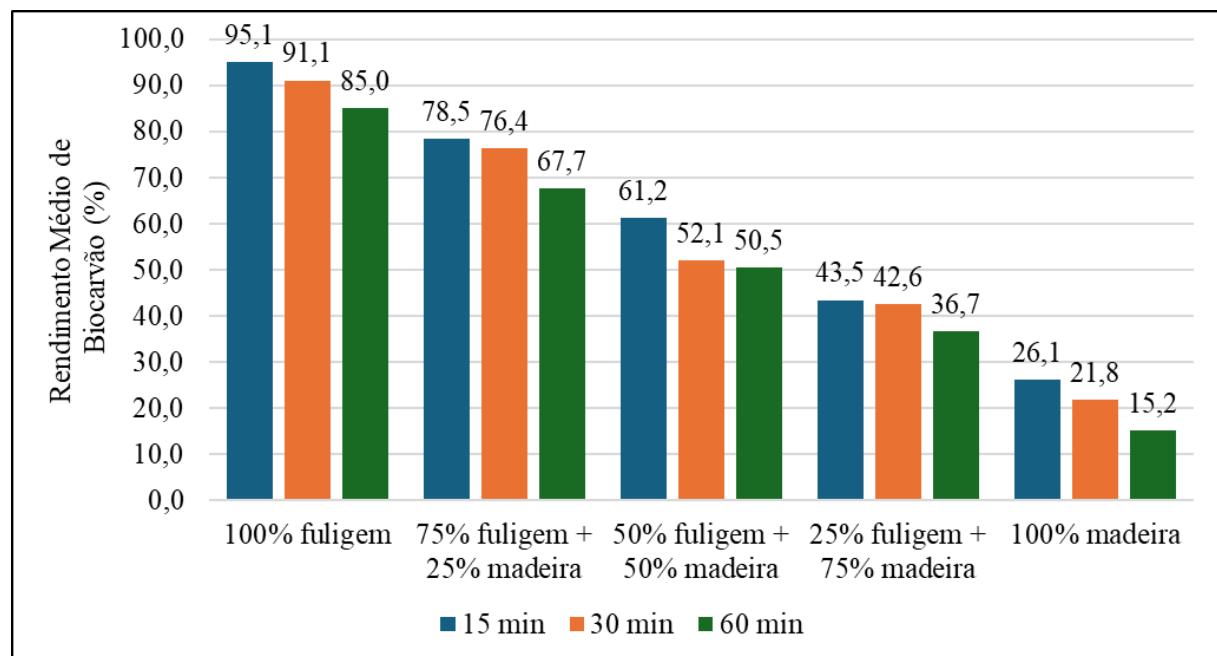
Figura 2: Biocarvão obtido nos ensaios de pirólise.



Fonte: Os autores (2025).

Os resultados obtidos nos ensaios de pirólise para o rendimento médio de biocarvão estão apresentados nas Figuras 3 e 4, para as temperaturas de 500 °C e 600 °C, respectivamente, com diferentes tempos de residência. Alguns resultados obtidos para MEV estão apresentados na Figura 5.

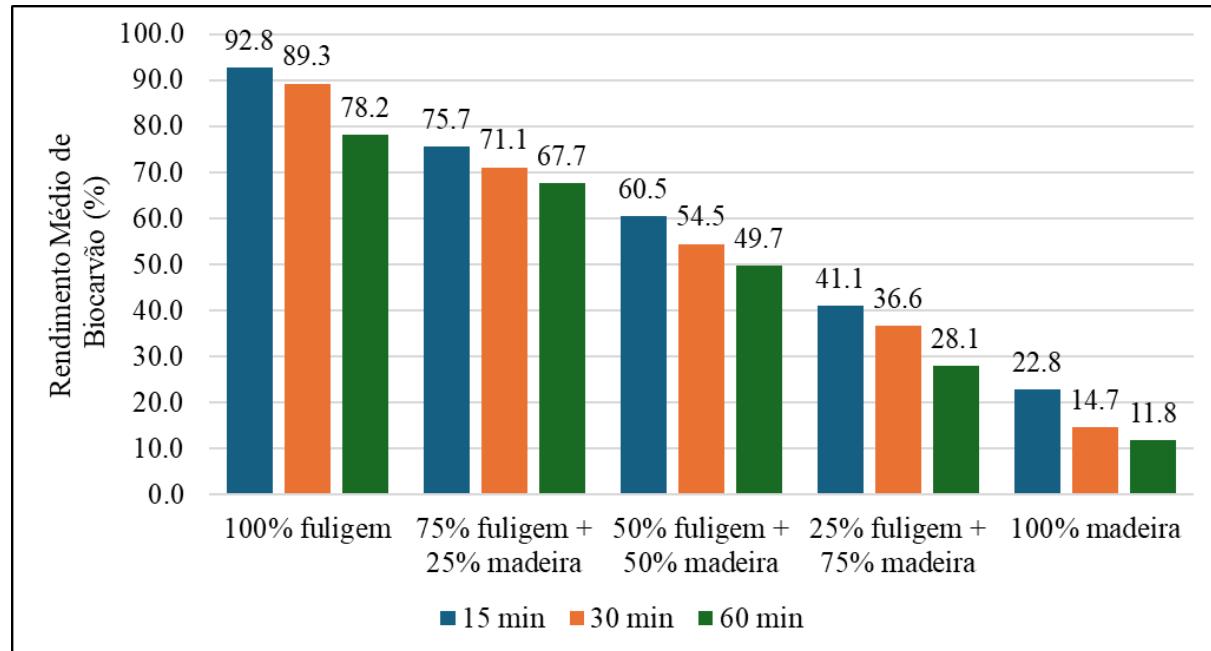
Figura 3: Rendimento Médio de Biocarvão obtido nos ensaios de pirólise para diferentes composições de biomassa na temperatura de 500 °C.



Fonte: Os autores (2025).

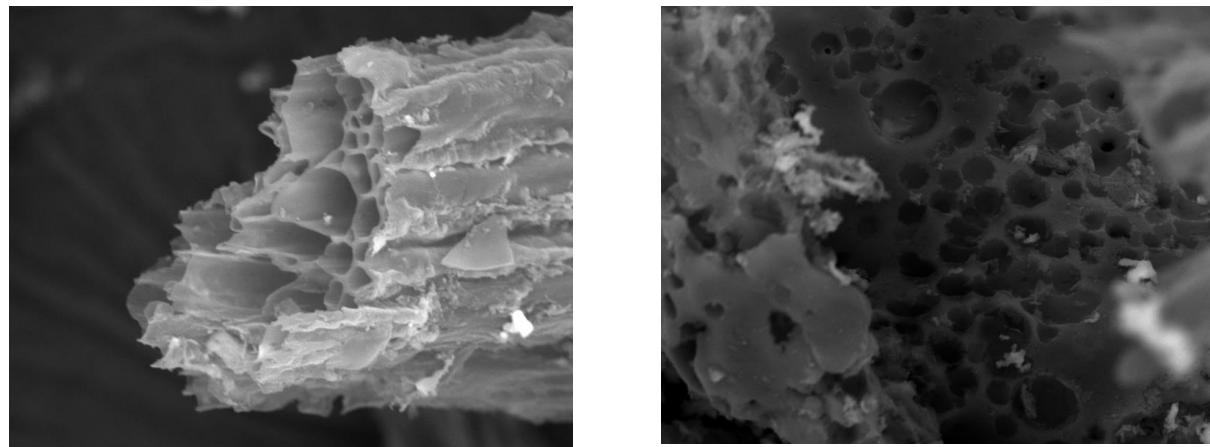


*Figura 4: Rendimento Médio de Biocarvão obtido nos ensaios de pirólise para diferentes composições de biomassa na temperatura de 600 °C.*



Fonte: Os autores (2025).

*Figura 5: Exemplos de resultados obtidos para MEV para diferentes tipos de biocarvão produzidos.*



Fonte: Os autores (2025).

## CONCLUSÕES

Os resultados obtidos mostram que a amostra composta somente por fuligem apresentou um rendimento maior para produção de biocarvão e que quanto menor o tempo de reação, maior esse rendimento, o que já era de se esperar devido às características da fuligem. Temperaturas mais elevadas e tempos de reação maiores não foram satisfatórios para produção do biocarvão. Portanto, no estudo em questão, o tempo de reação de 15 minutos a 500 °C produziu um biocarvão com um rendimento médio de 95,08%.

Sendo assim, a necessidade de valorização desses resíduos torna-se essencial e indispensável, atingindo metas que fazem parte dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável estabelecidos pela Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas.

## REFERÊNCIAS

CERNANSKY, Rachel. Agriculture: state-of-the-art soil. **Nature**, v. 517, n. 7534, p. 258–260, jan. 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/517258a>. PubMed PMID: 25592517.

DING, Xinyu; LI, Guitong; ZHAO, Xiaorong et al. Biochar application significantly increases soil organic carbon under conservation tillage: an 11-year field experiment. **Biochar**, v. 5, p. 28, 2023. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s42773-023-00226-w>.

DWIVEDI, Shyamli; DEY, Soumen. Review on biochar as an adsorbent material for removal of dyes from waterbodies. **International Journal of Environmental Science and Technology**, v. 20, n. 8, p. 9335–9350, 2023. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s13762-022-04364-9>.

FÉLIX, Camila Ribeiro de Oliveira; AZEVEDO JÚNIOR, Aroldo Félix de; FREITAS, Carolina Costa et al. Pirólise rápida de biomassa de eucalipto na presença de catalisador Al-MCM-41. **Matéria**, v. 22, e-11915, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1517-707620170005.0251>.

JING, Hua; JI, Lili; LI, Zilong et al. Zn/Fe bimetallic modified Spartina alterniflora-derived biochar heterostructure with superior catalytic performance for the degradation of malachite green. **Biochar**, v. 5, p. 29, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42773-023-00227-9>

KÄTTERER, Thomas; ROOBROECK, Dries; KIMUTAI, Geoffrey et al. Maize grain yield responses to realistic biochar application rates on smallholder farms in Kenya. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 42, n. 63, p. 63, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s13593-022-00793-5>

LEHMANN, Johannes. A handful of carbon. **Nature**, v. 447, n. 7141, p. 143–144, 2007. DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/447143a>. PubMed PMID: 17495905.

MARTINS, Fernanda Machado; MARTINS, Joaniel Munhoz; FERRACIN, Luiz Carlos; DACUNHA, Carlos Jorge da. Mineral phases of green liquor dregs, slaker grits, lime mud and wood ash of a Kraft pulp and paper mill. **Journal of Hazardous Materials**, v. 147, n. 1–2, p. 610–617, ago. 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.JHAZMAT.2007.01.057>

LIU, Fenglei; WANG, Shanshan; ZHAO, Chaofeng et al. Constructing coconut shell biochar/MXenes composites through self-assembly strategy to enhance U(VI) and Cs(I) immobilization capability. **Biochar**, v. 5, p. 31, 2023. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s42773-023-00231-z>

LOPES, Renata Pereira; GUIMARÃES, Tiago; MORO, Marta Martinez et al. Magnetic biochar-supported Pd nanoparticles as a peroxidase-like catalyst. **Waste and Biomass Valorization**, v. 13, n. 8, p. 3629–3637, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s12649-022-01740-x>



# SIRS

Simpósio sobre  
Resíduos Sólidos

Cidades Inteligentes e Sustentáveis

16 a 19 de setembro de 2025  
São Carlos/SP  
Brasil

Realização



Núcleo de Estudo e Pesquisa em Resíduos Sólidos



MULABAGAL, Vanisree; BAAH, David; EGIEBOR, Nosa et al. Biochar from biomass: a strategy for carbon dioxide sequestration, soil amendment, power generation, CO<sub>2</sub> utilization, and removal of Perfluoroalkyl and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS) in the environment.

**Handbook of climate change mitigation and adaptation**, p. 1023-1085, 2021. DOI: [http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4614-6431-0\\_80-2](http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4614-6431-0_80-2).

SILVA, Halax Duart Martins; ALCANTARA, Giovanni Uema; DE SOUZA, Lorrana Zelia Martins et al. Produção e caracterização do biocarvão obtido de palha de cana-de-açúcar. **Revista Matéria. (Rio J.)** 28 (4), 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/1517-7076-RMAT-2023-0218>

WANI, Insha; RAMOLA, Sudipta; GARG, Ankit et al. Critical review of biochar applications in geoengineering infrastructure: moving beyond agricultural and environmental perspectives. **Biomass Conversion and Biorefinery**, v.14, p. 5943-5971, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s13399-021-01346-8>



## PROPOSTA DE FERRAMENTA DE GESTÃO DE RESÍDUOS PARA CANTEIROS DE CONSTRUÇÃO DE GALPÕES INDUSTRIAIS

*Pedro Luiz Ferreira Gomes<sup>1</sup>\*, José da Costa Marques Neto<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Universidade Federal de São Carlos;

<sup>2</sup>Universidade Federal de São Carlos;

\*Autor correspondente: [pedroluizfgomes@hotmail.com](mailto:pedroluizfgomes@hotmail.com)

### INTRODUÇÃO

A história humana sempre utilizou intensamente os recursos naturais para produção e expansão urbana. Contudo, com o surgimento do desenvolvimento sustentável e da economia circular, esse modelo tradicional vem sendo questionado, incentivando um uso mais consciente dos recursos e a melhoria na qualidade de vida (SCHAMNE; NAGALI, 2018; ABRELPE, 2020).

No Brasil, mais de 84% da população vive em áreas urbanas. Neste contexto, a gestão de Resíduos da Construção Civil (RCC) é crucial devido aos seus impactos ambientais e sociais, representando cerca de 67% dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) e correspondendo a 50%-70% da massa total de RSU no país (SCHAMNE; NAGALI, 2018; ABRELPE, 2020). A falta de dados atualizados destes resíduos reforça a necessidade de gestão eficiente, tornando os canteiros de obras ambientes essenciais para monitoramento e verificação da eficiência no consumo de materiais (MARQUES *et al.*, 2017).

Além dos dados mencionados acima, cabe destacar que a utilização de indicadores em obras pode melhorar a gestão de RCC em diferentes escalas, além de reduzir gastos públicos (SÁNCHEZ, 2013).

Apesar do crescimento do setor de galpões industriais, especialmente durante a pandemia, ainda se nota carência de pesquisas focadas na gestão de resíduos nesses projetos.

### OBJETIVOS

Pensando no contexto descrito acima, a tese em que este artigo se baseia propôs uma "Ferramenta de Gestão de RCC" baseada em questionários e indicadores, utilizando documentos como legislação nacional, diretrizes internacionais, certificações ambientais e



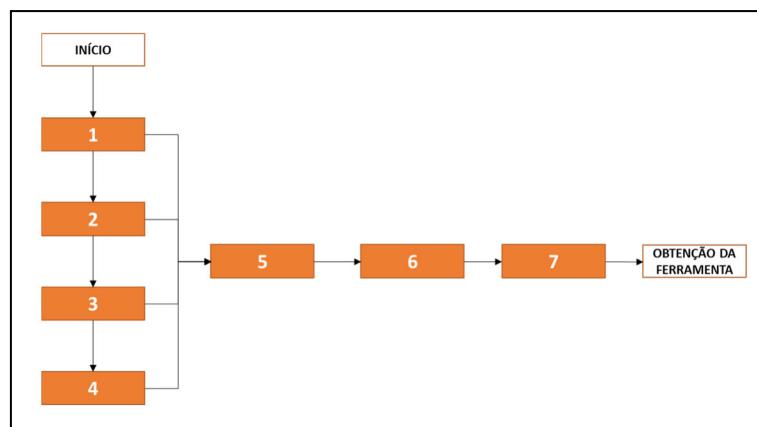
literatura acadêmica, visando melhorar a gestão em canteiros de galpões industriais. Quanto aos objetivos específicos, foram eles:

- a) Identificar possíveis melhorias na gestão de RCC por meio da aplicação de indicadores adaptados de modelos internacionais, certificações e estudos acadêmicos; e
- b) Apontar lacunas na gestão de RCC que não são abordadas atualmente por políticas e resoluções federais no Brasil.

## METODOLOGIA

Para obtenção da ferramenta de gerenciamento de RCC em canteiros de obras de galpões industriais foram utilizadas duas estratégias de pesquisa: pesquisa bibliográfica e documental. A Figura 1 demonstra as etapas realizadas pelo autor, com cada um dos números apresentados sendo detalhados a seguir.

*Figura 1 – Metodologia utilizada para elaboração da ferramenta*



Fonte: Os autores (2024).

- a) Itens 1 e 2: Análise de Legislações e Normas Nacionais e Internacionais;
- b) Item 3: Revisão Sistemática da Literatura com palavras-chave relacionadas ao tema de estudo;
- c) Item 4: Análise das Principais Certificações com Créditos Voltados à Gestão de RCC;
- d) Item 5: Inserção dos Dados Obtidos em Matriz Comparativa de Modelos de Gestão de RCC; e
- e) Itens 6 e 7: Consolidação e Comparação dos Dados Levantados.



## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a obtenção dos resultados de cada uma das etapas de pesquisa, notou-se que, de um total de 699 registros inseridos na Matriz Comparativa, 183 (26,2%) foram classificados com a cor “verde” (de “Alta Relevância” para Proposição da Ferramenta).

À medida que tais resultados eram agrupados por semelhança de conteúdo, notou-se que as informações obtidas poderiam ser divididas em dois temas: (i) gestão de RCC “micro” (voltada à escala dos canteiros de obras); e (ii) gestão de RCC “macro” (melhorias identificadas que devem ser propostas por governos municipais, estaduais ou por órgãos federais).

Analizando os resultados obtidos voltados à gestão micro de RCC, após agrupar temas semelhantes, o autor identificou 86 oportunidades distintas de melhoria, que foram divididas em 12 subtemas: (i) Soluções de Projeto e Design; (ii) Mudanças Aplicáveis a Contratos; (iii) Melhorias no PGRCC; (iv) Práticas de Redução da Geração de RCC; (v) Práticas de Aproveitamento de RCC; (vi) Práticas de Logística de Materiais/Resíduos; (vii) Práticas de Segregação e Triagem de RCC; (viii) Práticas de Armazenamento de Materiais/Resíduos; (ix) Operações Específicas de Materiais Classe D; (x) Fortalecimento do Mercado de RCC; (xi) Sistemas/Ferramentas Online; e (xii) Gestão de Qualidade. O Quadro 2 apresenta as recomendações mais citadas em cada subtema.

Cabe destacar que, devido ao tamanho reduzido deste artigo, as referências de cada uma das melhorias identificadas não foram inseridas na Tabela 1. Para maiores informações, favor consultar a Dissertação Original.

*Tabela 1 – 20 Principais Resultados Obtidos na Tese*

Subtema	Oportunidade de Melhoria Identificada
1 – Soluções de Projeto e Design	Métodos Modernos de Construção (MMC): melhorias nos produtos ou processos empregados na indústria da construção, as quais vão desde componentes inovadores a serem utilizados no local até sistemas de construção completos fabricados fora do local. Exemplos: elementos pré-fabricados ou pré-montados, construção volumétrica modular ou panelizada onde possível (como escadas, conjuntos de elevadores e estruturas de aço arquitetônico).
2 – Mudanças Aplicáveis a Contratos	Promover logística reversa e outros esquemas de negócios a negócios em contratos.
3 – Melhorias no PGRCC	Identificar os resíduos potenciais no início dos projetos para minimizar o volume dos RCC gerados no decorrer da construção, estimando as quantidades com a ajuda de experiências anteriores dos empreiteiros



Subtema	Oportunidade de Melhoria Identificada
	envolvidos no projeto.
4 – Práticas de Redução da Geração de RCC	Comprar produtos em quantidades maiores para eliminar o aumento de resíduos associados a embalagens individuais ou pedir a quantidade correta no momento certo para reduzir a quantidade de materiais excedentes.
5 – Práticas de Aproveitamento de RCC	Utilização de técnicas de demolição e/ou desmontagem seletivas e de reutilização de estruturas existentes, facilitando a máxima taxa de recuperação em canteiros de obras que contenham demolições ou reformas.
6 – Práticas de Logística de Materiais/Resíduos	Planejar adequadamente a gestão da cadeia de abastecimento para controlar os estoques de materiais.
7 – Práticas de Segregação e Triagem de RCC	Máxima segregação de resíduos nas fontes geradoras e sua valorização, buscando o incentivo à retenção/utilização de resíduos nos próprios locais de geração.
8 – Práticas de Armazenamento de Materiais/Resíduos	Manter as áreas de armazenamento (de materiais e resíduos) seguras, protegidas e à prova de intempéries para evitar danos e roubos.
9 – Operações Específicas de Materiais Classe D	Separar e armazenar resíduos perigosos em recipientes adequados, claramente rotulados e mantidos sob cobertura.
10 – Fortalecimento do Mercado de RCC	Auxiliar no desenvolvimento de mercados de materiais secundários resilientes.
11 – Sistemas/Ferramentas Online	Aplicação de sistema de rastreabilidade de resíduos nas instalações de produção de agregados reciclados.
12 – Gestão de Qualidade	Etapas necessárias na fase de transportes dos resíduos: (i) transporte seguro; (ii) diligências especiais/declaração sobre os resíduos perigosos; (iii) formulário de identificação; e (iv) transportador registrado ou aprovado.

Os autores (2024).

Com base nas oportunidades de melhoria identificadas e categorizadas pelo autor, foi possível criar uma ferramenta de gerenciamento de RCC para canteiros de obras de galpões industriais, que consistiu na transformação de cada uma das 86 oportunidades de melhoria em perguntas que devem ser respondidas por quem elaborou o PGRCC de cada obra.

Cabe destacar que, devido à completude da Ferramenta, entende-se que ela poderia ser simplificada dependendo da situação em que fosse utilizada. Utilizando como exemplo as 10



oportunidades de Melhoria apresentadas na Tabela 1, é possível utilizar a ferramenta simplificada apresentada na Tabela 2, em que: (1) Status de Verificação da Melhoria; (2) Comentários; (3) Documentos Comprobatórios; (4) Planos de Ação (PA) no caso da melhoria não ter sido aplicada no canteiro até o momento; (5) Responsável (is) pelo PA; e (vi) Prazo para PA.

*Tabela 2 – Ferramenta (Simplificada) de Gerenciamento de RCC em Canteiros de Obras de Galpões Industriais*

Item	Melhoria Identificada	1	2	3	4	5	6
1	Foram considerados Métodos Modernos de Construção (MMC) no projeto? Exemplos: elementos pré-fabricados ou pré-montados, construção volumétrica modular/panelizada, entre outros.						
2	O contrato promove a logística reversa e/ou outros esquemas de negócios a negócios? Se sim, de quais formas?						
3	Foram identificados os resíduos potenciais no início dos projetos? Foi feita estimativa de quantidades? Se sim, como foi?						
4	Foram comprados produtos em lotes maiores buscando-se eliminar o excesso de embalagens individuais?						
5	No caso de obras de demolição/reforma: Foram utilizadas técnicas de demolição e/ou desmontagem seletivas ou de reutilização de estruturas existentes no canteiro?						
6	A gestão da cadeia de abastecimento foi planejada adequadamente, considerando o controle de estoque dos materiais?						
7	Há segregação de RCC no canteiro de obras?						
8	As áreas de armazenamento de materiais e resíduos estão seguras, protegidas e à prova de intempéries?						
9	Os resíduos perigosos foram separados e armazenados em recipientes adequados, claramente rotulados e mantidos sob cobertura?						
10	Durante a obra, foi dado auxílio ao desenvolvimento de mercados de materiais secundários resilientes? Por meio de quais ações?						
11a	A) Caso haja utilização de agregados reciclados no projeto: sua matéria-prima (resíduos) possuía sistema de rastreabilidade nas instalações de produção?						
11b	B) Caso os resíduos classe A gerados durante a obra forem enviados para instalações de produção de agregados reciclados: o local de produção de agregados reciclados, para onde os resíduos foram enviados, possui sistema de rastreabilidade dos RCC?						



Item	Melhoria Identificada	1	2	3	4	5	6
12a	Todas as atividades de transporte interno de RCC foram feitas com a segurança adequada?						
12b	Todas as atividades de transporte externo de RCC foram feitas com a segurança adequada?						
12c	Houve diligências especiais e/ou declarações sobre os resíduos perigosos quando gerados?						
12d	Todas as etapas de transporte externo possuíram formulário de identificação adequado?						
12e	Toda empresa de transporte de RCC contratada para a obra possuía registro e aprovação conforme normas e legislações aplicáveis?						

Os autores (2024).

## CONCLUSÕES

Esta pesquisa propôs uma Ferramenta de Gestão de RCC para canteiros de obras de galpões industriais, visando reduzir impactos ambientais e otimizar o uso de materiais no Brasil. O estudo destacou disparidades na gestão de RCC no país quando comparado a práticas já adotadas em outros países e mesmo dentro do próprio território nacional, com destaque para o estado e o município de São Paulo.

Apesar das limitações, acredita-se que a ferramenta trará benefícios. Como próximos passos, o autor planeja testá-la em três canteiros em fases distintas, coletar feedback e ajustá-la. Além disso, espera-se que a ferramenta possa ser adaptada para outros tipos de obras.

## REFERÊNCIAS

- ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil: 2020**. São Paulo, 2020.
- MARQUES, C. T.; GOMES, B. M. F.; BRANDLI, L. L. Consumo de água e energia em canteiros de obra: um estudo de caso do diagnóstico a ações visando à sustentabilidade. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 17, n. 4, p. 79-90, out./dez. 2017.
- SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de Impacto Ambiental: conceitos e métodos**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013. 584 p.
- SCHAMNE, A. N.; NAGALLI, A. *Evaluation of the potential application of the precepts of solid waste reverse logistics to the Civil Construction sector in Curitiba, Paraná. International Journal of Environment and Waste Management (Print)*, v. 22, n. 1-4, p. 24, 2018.



## TRANSFORMANDO RESIDUOS EN RECURSOS: HERMETIA ILLUCENS COMO SOLUCIÓN SOSTENIBLE A LA VALORIZACIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS EN EL RELLENO SANITARIO DE CHANCAY

*Dominguez Alex<sup>1</sup> \*, Mejia Celeste<sup>2</sup>, Maguiña Derek<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> Universidad Nacional Agraria La Molina;

<sup>2</sup> Universidad Nacional de Huancavelica;

<sup>3</sup> Universidad Nacional de Ingeniería;

\*Autor corresponsal: dominguezalex631@gmail.com

### INTRODUCCIÓN

A nivel mundial la generación de residuos sólidos municipales sigue siendo un problema tanto económico como ambiental. En 2024, se estima que la producción anual de RSM superará los 2.3 mil millones de toneladas [1]. En muchas ciudades del mundo, incluyendo a las de América Latina, los residuos orgánicos representan el mayor porcentaje de la composición de los residuos generados, ya que un tercio de los alimentos producidos a nivel mundial son desechados, y estos no reciben tratamiento alguno. En consecuencia, se genera la emisión de gases de efecto invernadero [2]. El Perú ha reconocido la necesidad de establecer legislación para la gestión de los residuos urbanos mediante la Ley N° 27314. Junto con el reglamento correspondiente, se han delineado las directrices para implementar el Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos (PIGARS), el cual busca coordinar el trabajo de los gobiernos locales y sus autoridades, con el objetivo de gestionar de manera eficiente los desechos generados por la población. [3] En este contexto, Chancay, un puerto ubicado en la costa peruana, refleja las dificultades crecientes relacionadas con la generación y manejo de residuos sólidos. El crecimiento poblacional y el aumento de la actividad económica local, impulsado principalmente por el desarrollo del megapuerto, han incrementado notablemente la producción de residuos en la zona [4]. Por ello, Chancay cuenta con un relleno sanitario gestionado por la Municipalidad Distrital de Chancay. Este espacio incluye una disposición final adecuada para los residuos, una zona de pesado para el control de las entradas y salidas de materiales, y una planta de valorización que permite el tratamiento y aprovechamiento tanto de residuos orgánicos como inorgánicos.



En la planta de valorización de residuos orgánicos, se utiliza el método de compost, este método es utilizado para degradar los residuos orgánicos y obtener humus para ser aprovechados en actividades agrícolas. Asimismo, ayuda a mantener la humedad y resistir la erosión del suelo [5]. Adicionalmente, se ha introducido el uso de larvas de *Hermetia illucens* para descomponer los residuos orgánicos. Estas larvas no solo aceleran el proceso de descomposición, sino que también generan productos de valor agregado, como harinas de insectos utilizadas en la alimentación animal y biocompost de alta calidad [6]. Estas larvas poseen un perfil nutricional altamente beneficioso, ya que proporcionan proteínas crudas y lípidos con cadenas de ácidos grasos monoinsaturados de longitud media. Estas características son comparables a las presentes en la carne y la soja, ingredientes frecuentemente utilizados en la elaboración de alimentos para animales [7].

## OBJETIVO

El presente trabajo tiene como objetivo analizar y proponer mejoras en la gestión de residuos orgánicos en Chancay, destacando el papel de las larvas de *Hermetia illucens* y sus diferentes productos. Asimismo, se evalúan las condiciones climáticas locales para asegurar la viabilidad de estas iniciativas y se identifican las zonas estratégicas para la distribución de los productos valorizados, con énfasis en la sostenibilidad económica y ambiental.

## METODOLOGÍA

Para el desarrollo del estudio se empleó una recolección de información tanto primaria como secundaria. La fuente primaria consistió en una visita al relleno sanitario administrado por la Municipalidad Distrital de Chancay, permitiendo observar directamente los procesos de gestión y valorización de residuos. Las fuentes secundarias incluyeron la revisión de artículos científicos y tesis que abordan el uso de *Hermetia illucens* en la valorización de residuos orgánicos, así como un análisis de los datos climatológicos del distrito de Chancay para evaluar su influencia en el proceso biológico propuesto.

La información recolectada fue organizada mediante el uso de tablas que detallan los puntos clave para la distribución de subproductos como las larvas y el frass, junto con sus posibles aplicaciones. Además, se utilizó el software Google Earth Pro para elaborar un mapa que identifica tanto el relleno sanitario como las zonas agrícolas aledañas con potencial para el aprovechamiento de los subproductos generados, facilitando una planificación espacial adecuada.



Finalmente, se realizó un análisis de viabilidad enfocado en dos aspectos principales: las condiciones climáticas y la logística de transporte. Se evaluó cómo la temperatura y humedad de Chancay afectan el desarrollo de las larvas de *H. illucens* y la eficiencia en la descomposición de los residuos. Asimismo, se analizaron las rutas de transporte entre el relleno y los destinos potenciales, considerando las distancias y su impacto en los costos y la sostenibilidad del sistema de valorización.

*Figura 1 – Metodología de la búsqueda de información y análisis*



Fuente: Dominguez, Mejía, Maguina (2025).

## RESULTADOS

La Figura 2 muestra la ubicación del relleno sanitario de Chancay y las áreas circundantes que podrían aprovechar los residuos orgánicos valorizados a través de la actividad de *Hermetia illucens*. El mapa es clave para entender cómo se puede integrar este proceso de valorización dentro de la infraestructura existente de gestión de residuos. Se observa que las zonas agrícolas aledañas al relleno sanitario representan un área estratégica para la distribución de los productos generados, como el frass (fertilizante) y el compost derivado del frass. Además, la proximidad de estos terrenos agrícolas a la planta de valorización refuerza la viabilidad logística de trasladar estos productos sin generar grandes costos adicionales de transporte, lo que podría favorecer tanto la economía local como la sostenibilidad ambiental de la región.

Por otro lado, el relleno sanitario en sí mismo se posiciona como un punto de partida clave para la implementación de este sistema de valorización. La disposición de residuos orgánicos en el relleno sanitario de Chancay constituye un recurso disponible para ser transformado en productos útiles, evitando su acumulación y reduciendo su impacto ambiental. Esta localización facilita una estrategia de economía circular en la que los residuos se convierten en recursos que pueden ser reutilizados para otros fines productivos, lo que ayuda a promover un modelo de desarrollo más sostenible en la zona.

*Figura 2 – Mapa de ubicación del relleno sanitario y zonas potenciales para el uso de los residuos orgánicos valorizados.*



Fuente: Dominguez, Mejía, Maguiña (2025).

Ahora se presenta una propuesta para la distribución de los productos derivados de los residuos orgánicos valorizados, como las larvas de *Hermetia illucens* y el frass, a diferentes lugares con posibles usos. Cada uno de los lugares mencionados tiene un papel crucial en el ciclo de valorización y reutilización de los residuos.

Tabla 1 – Propuesta de lugares y usos de los residuos orgánicos valorizados.

Lugar	Producto	Uso
<b>Granja El Buen Criador</b>	<b>Procesamiento de larvas para producción de harina</b>	<b>Alimentación para cuyes, cerdos, etc</b>
<b>Avícola Cocorico</b>	<b>Larvas deshidratadas</b>	<b>Gallinas, pollos</b>
<b>Zonas agrícolas aledañas</b>	<b>Frass</b>	<b>Fertilizante</b>

Fuente: Dominguez, Mejía, Maguiña (2025).

A continuación, se discute las implicancias de los productos y sus posibles destinos:

Granja El Buen Criador – Procesamiento de larvas para producción de harina: Este destino es una excelente opción para el aprovechamiento de las larvas deshidratadas, ya que las granjas de animales como los cuyes y cerdos requieren fuentes de proteína de alta calidad. La harina de larvas ofrece una alternativa sostenible a las fuentes convencionales de proteína animal, como la soja o el pescado. El uso de este recurso no solo reduce la dependencia de insumos importados, sino que también mejora la seguridad alimentaria y puede reducir los



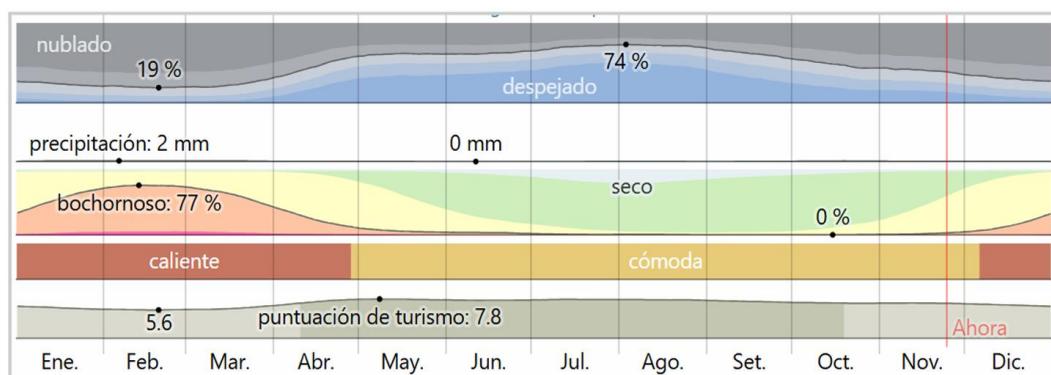
costos de alimentación animal. La integración de esta solución en la granja optimiza el uso de recursos locales y promueve la economía circular.

Avícola Cocorico – Larvas deshidratadas: El uso de larvas deshidratadas para la alimentación de aves, como pollos y gallinas, es otro ejemplo de la aplicabilidad de la mosca soldado negra en la industria alimentaria, ya que debido su alta concentración proteica, así como también de ácidos grasos, pigmentos, vitaminas y/o minerales permiten que se incluyan en las dietas en avicultura, ganadería y acuicultura (Aliga Campos, 2019). Además al ser deshidratado, tiene una mayor vida útil y es más fácil de manejar y almacenar. Esta aplicación también favorece la sostenibilidad al aprovechar residuos orgánicos y reducir la necesidad de ingredientes alimentarios tradicionales.

Zonas agrícolas aledañas – Frass como fertilizante: El frass, como subproducto de la descomposición de los residuos orgánicos por las larvas, es una excelente fuente de nutrientes para los suelos. La distribución de este fertilizante orgánico en las zonas agrícolas cercanas contribuiría a la mejora de la fertilidad del suelo, reduciendo la necesidad de fertilizantes químicos que pueden tener efectos adversos en el medio ambiente. El uso de frass promueve prácticas agrícolas sostenibles, mejorando la calidad del suelo a largo plazo, y al ser un subproducto del proceso de valorización de residuos, tiene la ventaja de ser un recurso accesible y de bajo costo para los agricultores locales.

La Figura 3 muestra las condiciones climáticas de Chancay, destacando las fluctuaciones de temperatura a lo largo del año. Estas condiciones son relevantes para evaluar la viabilidad de implementar un sistema de valorización de residuos orgánicos utilizando la mosca soldado negra.

Figura 3 – Condiciones climáticas de Chancay.



Fuente: Dominguez, Mejía, Maguina (2025).

Durante la temporada templada, las temperaturas máximas promedio superan los 26°C alcanzando su punto más alto en febrero con una media de 27°C y una mínima de 21°C [9]. Estas condiciones son las ideales para las larvas de *Hermetia illucens* ya que su desarrollo



óptimo ocurre en un rango de 25°C - 30°C. Durante esta etapa el proceso de biodegradación de los residuos orgánicos podría acelerarse permitiendo un tratamiento más eficiente. En la temporada fría las temperaturas disminuyen, con máximas promedio debajo de 21°C y un mínimo promedio de 16°C en agosto. Estas temperaturas aunque más bajas que las ideales, aún están dentro del rango aceptable para el desarrollo de las larvas, aunque el proceso podría ir más lento. Durante esta temporada, sería necesario considerar medidas de control ambiental, como el uso de coberturas o estructuras que mantengan una temperatura interna más estable en los biorreactores o áreas de cría.

*Tabla 2 – Distancias del transporte de los productos orgánicos valorizados desde el relleno hacia zonas potenciales.*

Tramo	Distancia	Lugar
<b>Ruta 1</b>	<b>3.81 km</b>	<b>Granja El Buen Criador</b>
<b>Ruta 2</b>	<b>4.57 km</b>	<b>Avícola Cocorico</b>
<b>Ruta 3</b>	<b>Entre 3 a 6 km</b>	<b>Zonas agrícolas aledañas</b>

Fuente: Dominguez, Mejía, Maguiña (2025).

Las distancias cortas entre el relleno sanitario y las zonas potenciales para la distribución de los productos valorizados refuerzan la viabilidad del modelo propuesto. Según la Tabla 2, las rutas finales y zonas agrícolas aledañas minimizan los costos de transporte, así como reduciría las emisiones de carbono asociado a un transporte convencional de fertilizantes importados o alimentos para los animales. La proximidad representa una oportunidad estratégica para integrar la valorización de residuos y sus productos asociados en la economía local. Además, al evitar que estos residuos orgánicos lleguen a la disposición final en el relleno sanitario, se reduce el impacto de la generación de metano u otros gases de efecto invernadero.

## CONCLUSIONES

Se demuestra que la implementación de *Hermetia illucens* en el relleno sanitario de Chancay representa una solución innovadora y sostenible para la valorización de residuos orgánicos. La conversión de estos residuos en productos útiles como larvas para alimentación animal y frass como fertilizante contribuye a reducir la acumulación de desechos y sus impactos ambientales.

Las condiciones climáticas de Chancay durante gran parte del año, son óptimas para el desarrollo de las larvas. Esto respalda la factibilidad técnica de implementar un sistema de



bioconversión en la zona, aunque en temporadas más frías podría requerirse el uso de medidas de control ambiental. La proximidad del relleno sanitario a zonas agrícolas facilita la distribución del frass como fertilizante orgánico, mejorando la fertilidad del suelo y reduciendo el uso de insumos químicos. Esto no solo beneficia la sostenibilidad de la agricultura local, sino que también reduce costos para los agricultores, cerrando un ciclo productivo en la región.

El uso de larvas deshidratadas y harina de larvas como fuente proteica para aves y otros animales en granjas locales resalta la versatilidad de los subproductos generados. Esta alternativa fomenta la producción sostenible de alimentos, reduce la dependencia de insumos importados y promueve la seguridad alimentaria en la región.

La propuesta reforzaría el compromiso de Chancay con los objetivos de desarrollo sostenible, al disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero derivadas de la descomposición de residuos orgánicos y al promover prácticas económicas y ambientales responsables. Habitante pellentesco morbi tristique senectus et netus et malesuada famas ac turpis egetas. Proin pharetra nonummy pede. Mauris et orci.

## REFERENCIAS

THE WORLD BANK. *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*. 2022. Disponible en: <https://datatopics.worldbank.org/what-a-waste/>. Acceso el: 30 mayo 2025.

CORRADO, S.; CALDEIRA, C.; ERIKSSON, M.; HANSEN, O. J.; HAUSER, H. E.; VAN HOLSTEIJN, F.; SALA, S. *Food waste accounting methodologies: challenges, opportunities, and further advancements*. Global Food Security, v. 20, p. 93–100, 2019.

MINISTERIO DEL AMBIENTE. *En el Perú solo se recicla el 1.9% del total de residuos sólidos reaprovechables*. 2018. Disponible en: <https://www.minam.gob.pe/notas-de-prensa/en-el-peru-solo-se-recicla-el-1-9-del-total-de-residuos-solidos-reaprovechables/>. Acceso el: 30 mayo 2025.

HUAQUI BLAS, J. L. *Servicio de recolección de residuos sólidos, limpieza pública y capacidad de gestión operativa e institucional de la Municipalidad distrital de Chancay - 2021. 2022*.

SANDOVAL, A. *Plan de saneamiento básico teniendo en cuenta el abastecimiento de agua potable, residuos sólidos domiciliarios y manejo de aguas residuales en el corregimiento de Betania en el municipio del Playón, Santander*. Tesis (Pregrado) – Universidad Pontificia Bolivariana, Bucaramanga, 2010. Disponible en:



# SIRS

Simpósio sobre  
Resíduos Sólidos

Cidades Inteligentes e Sustentáveis

16 a 19 de setembro de 2025  
São Carlos/SP  
Brasil

Realização



Núcleo de Estudo e Pesquisa em Resíduos Sólidos



[https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/959/digital\\_19685.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/959/digital_19685.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Acceso el: 30 mayo 2025.

RODRÍGUEZ, L. A. *Bioconversión y biodegradación de diferentes sustratos orgánicos usando Hermetia illucens (Diptera: Stratiomyidae) y descripción del ciclo de vida bajo estas dietas*. Tesis (Doctorado) – Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, 2021.

GIROTTI, F.; COSSU, R. *Role of animals in waste management with a focus on invertebrates' biorefinery: an overview*. Environmental Development, v. 32, p. 100454, 2019.

ALIAGA CAMPOS, L. M. *Estudio de viabilidad para la instalación de una planta de producción de larvas de mosca soldado negra (Hermetia illucens)*. 2019.

WEATHER SPARK. *El clima y el tiempo promedio en todo el año en Chancay, Perú*. 2024. Disponible en: <https://es.weatherspark.com/y/20453/Clima-promedio-en-Chancay-Per%C3%BA-durante-todo-el-a%C3%B1o#Sections-BestTime>. Acceso el: 30 mayo 2025.



## DA UNIVERSIDADE PARA A CIDADE: DIAGNÓSTICO, INOVAÇÕES E PERSPECTIVAS NA GESTÃO DE RESÍDUOS QUÍMICOS NA POLI-USP

*Camila Eduardo Marinho<sup>1</sup>\*, Silvio Ikuyo Nabeta<sup>1</sup>, Reinaldo Giudici<sup>1</sup>, José Carlos  
Mierzwa<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

\*Autor correspondente: [marinho.camila@usp.br](mailto:marinho.camila@usp.br)

### INTRODUÇÃO

A Universidade de São Paulo (USP) configura-se como um verdadeiro microcosmo urbano. Com a circulação diária de milhares de pessoas, entre estudantes, docentes, servidores técnicos administrativos e visitantes, o campus reproduz dinâmicas semelhantes às de uma cidade, com fluxos constantes de mobilidade, consumo de recursos e geração de resíduos. A diversidade de atividades educacionais, de pesquisa, culturais, esportivas e de serviços resulta na produção de múltiplos tipos de resíduos: recicláveis, orgânicos, comuns, perigosos e eletroeletrônicos. Cada um deles demanda estratégias específicas de manejo e destinação ambientalmente adequada. Nesse contexto, a Prefeitura do Campus USP Butantã (PUSP-CB) atualizou, em 2024, o Plano Diretor do Campus USP Capital Butantã, estruturado em Grupos de Trabalho. O eixo de gestão de resíduos estabelece diretrizes para reduzir a geração, minimizar riscos socioambientais e promover melhorias na qualidade de vida da comunidade acadêmica (USP, 2025).

Grande parte das atividades do campus gera resíduos semelhantes aos domiciliares, enquanto laboratórios e serviços de saúde produzem resíduos perigosos que requerem manejo especializado. Além disso, há resíduos da construção civil, manutenção de áreas verdes, descarte de equipamentos, eletroeletrônicos, lâmpadas, pilhas e baterias. Essa gestão é compartilhada entre a PUSP-CB, as Unidades e empresas terceirizadas. Na Escola Politécnica (Poli), a gestão ocorre por meio do Poli Recicla, criado em 2006, pela Diretoria da Escola. O programa segue as diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010) (BRASIL, 2010) e promove soluções ambientalmente adequadas, incentivando a participação da comunidade politécnica.



Considerando essa diversidade de resíduos, este trabalho foca nos resíduos químicos, especialmente os produtos controlados, cuja rastreabilidade e manejo seguro são exigidos por órgãos federais, Polícia Federal e o Exército Brasileiro, e estadual, como a Polícia Civil do Estado. A conformidade com essas exigências envolve registros sistemáticos, emissão de documentação e adoção de procedimentos de segurança para prevenção de riscos e atendimento à legislação. Destaca-se que os laboratórios que utilizam tais produtos controlados são responsáveis pelas etapas do processo de gestão, que inclui a aquisição, o uso, o armazenamento e o descarte final. Adicionalmente, as trocas oportunas entre os laboratórios devem ser promovidas, minimizando a aquisição de novos produtos, assim como a geração de resíduos.

Com o objetivo de modernizar essa gestão, a USP anunciou, em 2024, a criação do sistema GAIA (Gestão Ambiental Institucional e Acadêmica), previsto na Resolução nº 8735/2024. Desenvolvido pelo Grupo de Responsabilidade do Sistema (GRS) e coordenado pelo professor José Carlos Mierzwa, do Departamento de Engenharia Ambiental da Poli, o sistema GAIA integrará em uma única plataforma digital módulos para a gestão de produtos químicos, resíduos perigosos, gestão da água, consumo de energia e emissões atmosféricas (BRASIL, 2024).

No caso dos produtos químicos controlados, a principal função do sistema GAIA será substituir o controle manual por planilhas, atualmente utilizado para envio mensal de dados à Polícia Federal, Exército Brasileiro e/ou Polícia Civil, por um sistema unificado, com maior rastreabilidade e segurança. A implantação, prevista para 2025, inclui treinamentos e designação de responsáveis em cada laboratório, fortalecendo a conformidade legal e a sustentabilidade institucional. Dessa forma, o gerenciamento desses resíduos não apenas cumpre requisitos legais, mas também contribui para transformar o campus em um modelo replicável de gestão segura e responsável, capaz de inspirar práticas em outros contextos urbanos.

## OBJETIVO

Analizar a gestão dos produtos químicos controlados na Poli, com ênfase na rastreabilidade, segurança operacional e conformidade legal, considerando a implantação do sistema GAIA. Busca-se identificar boas práticas, desafios e oportunidades para aprimoramento.



## METODOLOGIA

O trabalho adota abordagem descritiva e documental, com base em dados institucionais sobre a gestão dos produtos químicos controlados na Poli. A implementação de melhorias no controle desses produtos é um processo contínuo, impulsionado especialmente por mudanças nas exigências dos órgãos fiscalizadores. Nesse contexto, o estudo considera o marco regulatório representado pela substituição do SIPROQUIM 1 pelo SIPROQUIM 2 (Portaria MJSP nº 240/2019) (BRASIL, 2019), sistema da Polícia Federal para controle digital de produtos químicos sujeitos a restrições legais.

Atualmente, a Poli conta com 136 laboratórios, dos quais 35 utilizam em suas atividades de pesquisa ou ensino, produtos químicos controlados pela Polícia Federal, Exército Brasileiro e/ou Polícia Civil. Esses laboratórios estão distribuídos no campus da USP em São Paulo e nas unidades da Poli Santos e Cubatão. O controle atual é feito por planilhas manuais, com limitações na rastreabilidade e integração de dados.

O estudo de caso avalia o potencial de melhoria com o Sistema GAIA, considerando aspectos de rastreabilidade, conformidade legal, segurança operacional e eficiência administrativa. Essa abordagem permitirá compreender de forma sistêmica as lacunas e oportunidades na gestão de produtos químicos controlados na Poli, evidenciando como a integração entre tecnologia e pesquisa científica pode fortalecer a segurança e impulsionar a sustentabilidade institucional, por meio de procedimentos de gestão que permitirão o melhor aproveitamento dos insumos químicos adquiridos.

## RESULTADOS

O levantamento realizado constatou que:

- **Controle atual:** realizado por planilhas manuais; movimentações entre laboratórios não são plenamente registradas; rastreabilidade não é automatizada.
- **Adoção do Sistema GAIA:** integrará em plataforma digital o controle de produtos químicos e resíduos perigosos, substituindo planilhas; permitirá padronização de procedimentos e geração de relatórios consolidados; integrará ainda dados de consumo de água, energia e emissões.
- **Benefícios esperados:** redução de erros e inconsistências nos registros, aumento da eficiência no envio de informações a órgãos fiscalizadores, maior segurança, conformidade legal e suporte à gestão acadêmica e científica com relatórios consolidados e históricos de uso. Inclui-se a implementação de um procedimento para



o intercâmbio de produtos químicos entre laboratórios da Poli e unidades da USP, minimizando gastos e geração de resíduos em decorrência da perda de validade dos reagentes.

Em síntese, os resultados evidenciam que, embora haja um controle básico por meio de planilhas, o atual modelo é insuficiente para garantir rastreabilidade total e padronização institucional. A implantação do Sistema GAIA representa um salto qualitativo no gerenciamento de produtos químicos controlados na Poli, assim como de outras Unidades, alinhando-se às demandas regulatórias e às melhores práticas de segurança e sustentabilidade.

## CONCLUSÕES

A gestão de produtos químicos controlados no ambiente acadêmico, especialmente em uma instituição de grande porte como a USP, demanda processos claros, rastreáveis e alinhados às normas vigentes. O levantamento realizado na Poli evidencia que, embora exista um controle básico por meio de planilhas, este modelo apresenta limitações significativas quanto à padronização, rastreabilidade e integração das informações.

A modernização dos processos internos incentivou a busca por soluções mais eficientes. Nesse contexto, a criação do Sistema GAIA representa um avanço decisivo, ao centralizar em uma plataforma digital a gestão de produtos químicos e outros aspectos ambientais, oferecendo maior segurança, precisão e agilidade no atendimento às demandas regulatórias.

A adoção plena do Sistema GAIA tem potencial para transformar a forma como os produtos químicos controlados são gerenciados na USP, promovendo não apenas a conformidade legal, mas também a sustentabilidade institucional e a valorização das boas práticas de pesquisa. O fortalecimento da cultura de controle e responsabilidade no uso desses produtos beneficiará toda a comunidade acadêmica, reforçando o compromisso da Universidade com a segurança, a ética e o desenvolvimento científico responsável.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. 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**: Seção 1, Brasília, DF, p. 3-14, 3 ago. 2010. Disponível em: [03/ato2007-2010/lei/112305.htm](http://1ato2007-2010/lei/112305.htm). Acesso em: 20 maio 2025.

BRASIL. Ministério da Justiça e Segurança Pública. Portaria nº 240, de 12 de março de 2019. Estabelece procedimentos para o controle e a fiscalização de produtos químicos e define os



# SIRS

Simpósio sobre  
Resíduos Sólidos

Cidades Inteligentes e Sustentáveis

16 a 19 de setembro de 2025  
São Carlos/SP  
Brasil

Realização



produtos químicos sujeitos a controle pela Polícia Federal. **Diário Oficial da União**: Seção 1, Brasília, DF, ed. 50, p. 41-58, 14 mar. 2019. Disponível em: 20 maio 2025.

BRASIL. Resolução nº 8.735, de 5 de dezembro de 2024. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, Seção 1, p. 1-6, 6 dez. 2024. Disponível em: <<https://doe.sp.gov.br/executivo/universidade-de-sao-paulo/resolucao-n-8735-de-5-de-dezembro-de-2024-20241205114311220760820>>. Acesso em: 15 jan. 2025.

DIAS, Hérica. **Comunidade USP: somos mais de 120 mil pessoas**. *Jornal da USP*, São Paulo, 23 out. 2023. Disponível em: <https://jornal.usp.br/universidade/comunidade-usp-somos-mais-de-120-mil-pessoas/>. Acesso em: 20 maio 2025.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. **Plano diretor participativo do campus Capital-Butantã da Universidade de São Paulo**. São Paulo: USP, 2025. Disponível em: Plano Diretor Participativo. Acesso em: 16 maio 2025.



## VIABILIDADE FINANCEIRA DO APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DE DEJETOS BOVINOS DE PECUÁRIA LEITEIRA

*Felipe Bernardo Soldano<sup>1</sup>; Juliana Yumi Watanabe<sup>2</sup>; Marcus Cesar Avezum A. de Castro<sup>\*3</sup>*

<sup>1</sup> Mestre-Pós-Graduação em Desenvolvimento Territorial e Meio Ambiente-UNIARA;

<sup>2</sup>Engenheira Ambiental-UNESP-IGCE\_UNESP;

<sup>3</sup> Professor - Pós-Graduação DTMA-UNIARA;

<sup>3</sup>Professor - Departamento de Engenharia Ambiental-IGCE-UNESP;

\*Autor correspondente: marcus.castro@unesp.br

### INTRODUÇÃO

Segundo o Anuário Leite de 2022 da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-Embrapa o Brasil ocupou o 5º lugar no ranking mundial de produção de leite em 2021, representando cerca de 25 milhões de toneladas de leite produzidas. O setor pecuário empregou cerca de 4 milhões de pessoas em 2022, representou 26,6% do Produto Interno Bruto (PIB) do agronegócio, de acordo com os estudos realizados pelo Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada, CEPEA (CEPEA, 2023).

Conforme a Pesquisa da Pecuária Municipal (2021), realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), existem 218 milhões de cabeças de gado no Brasil, dessas, 16,2 milhões são fêmeas leiteiras. Considerando que cada vaca leiteira produz, em média, 45 kg/dia de dejetos (KONZEN & ALVARENGA, 2009), estima-se que foram geradas cerca de 730 mil toneladas/dia de dejetos. De acordo com Barbosa e Langer (2011), o descarte incorreto dos dejetos bovinos pode ocasionar diversos impactos ambientais como: agravamento do efeito estufa, eutrofização de corpos d'água e a proliferação de vetores.

Entretanto, os dejetos da pecuária leiteira possuem uma alta biodegradabilidade e elevado potencial para a geração de metano, via biodigestores anaeróbios. Quando metabolizado, o resultado é uma mistura de compostos reduzidos (biofertilizante) e gases (biogás), cuja composição é dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e metano (CH<sub>4</sub>), majoritariamente. Segundo Barros et al (2014) o poder calorífico do biogás está na faixa de 5.000 a 6.000 kcal/m<sup>3</sup>, dependendo da porcentagem de metano presente, que sinaliza para elevado potencial do aproveitamento energético dos dejetos.



Dias (2013) utilizou o biogás de uma granja suinícola de pequeno porte (aproximadamente 100 animais) para a cogeração de energia e a substituição do gás GLP (gás liquefeito de petróleo). Como resultado, os autores concluíram que o payback dos gastos com construção, manutenção e depreciação, é de cerca de 2 anos.

Nesse sentido, a utilização de biodigestores associados a geradores de energia em propriedades rurais leiteiras pode despertar o interesse do setor, uma vez que a produção de leite tipo “A” exige o uso de equipamentos como a ordenhadeira mecânica e tanques de resfriamento, que apresentam elevado consumo de energia elétrica.

## OBJETIVO

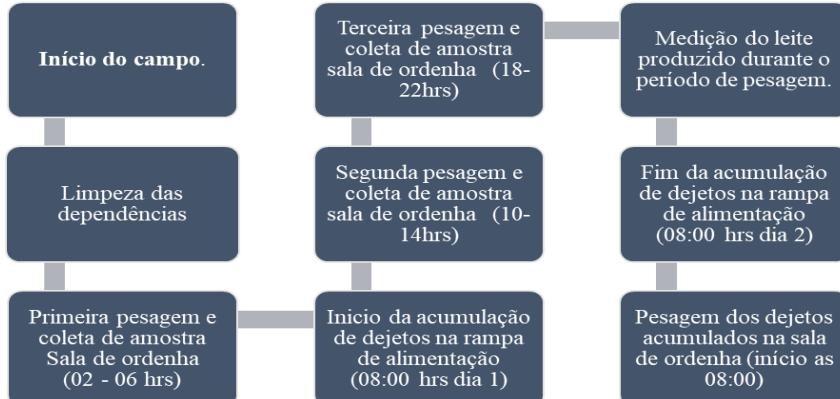
Analizar a viabilidade econômica da geração de energia a partir do biogás gerado em biodigestores operados com dejetos bovino, e a sua utilização no processo de ordenha em propriedade de médio porte.

## METODOLOGIA

O presente estudo foi desenvolvido em uma propriedade de 40 hectares, destinados para a produção de leite, pelo método de confinamento *compost barns* (CB), e uma área de plantio de milho. Com 126 vacas em estágio de lactação, o método de confinamento CB é atrativo para proprietários devido a facilidade de manejo dos animais, a possibilidade de manter um alto número de animais em propriedades com espaço reduzido e o baixo custo de construção e manutenção.

Na propriedade os animais são divididos em 3 (três) lotes de aproximadamente 30 vacas em estágio de lactação e 1 (um) de animais em recria ou pós-parto. Os animais em lactação são tratados e confinados no CB, enquanto o único lote de animais em recria é confinado em um estábulo ou uma pequena área arborizada e cercada. O processo de ordenha das vacas ocorre em uma instalação construída exclusivamente para tal finalidade, a sala de ordenha. No centro da sala se localiza uma ordenhadeira mecânica com capacidade de extrair o leite de até 8 vacas simultaneamente. A Figura 1 apresenta as etapas da quantificação dos dejetos gerados, para posteriormente estimar o potencial de geração de biogás.

*Figura 1: Fluxograma das atividades realizadas para quantificação dos dejetos gerados na propriedade.*



Para estimar o potencial de geração de metano dos dejetos foram realizadas as análises de sólidos totais, fixos e voláteis, seguindo a metodologia descrita pela NTS013. As amostras foram separadas de acordo com sua origem (sala de ordenha e rampa de alimentação) e analisadas em triplicata.

Para a estimativa da geração de metano foram utilizadas 2 equações, uma proposta por Kunz e Oliveira e o modelo do IPCC (equação 1 e 2 respectivamente). Para os cálculos utilizaram os resultados das análises de laboratório, os dados coletados em campo e na literatura. Após a estimativa da geração de metano foi estimada a geração de energia pela equação 3, e posteriormente aplicado

$$PrM = B0 \times SV \times Q \quad \text{equação (1)}$$

Onde: PrM - produção diária de metano ( $m^3 CH_4$  dia-1); B0 - capacidade máxima teórica de produção de metano pelo dejetos ( $m^3 CH_4 kgSV^{-1}$ ); SV - concentração de sólidos voláteis ( $gSV L^{-1}$ ) – Valor obtido em laboratório 88,93; Q - Volume total de dejetos produzidos ao dia ( $m^3$  dia-1). Valor de Q foi obtido das medidas de campo.

$$CH_4dejetos = \sum \frac{FEM \times N}{10^6} \quad \text{equação (2)}$$

Onde:  $CH_4dej$  - emissão de metano durante o manejo de dejetos  $GgCH_4$  ano; N - Número de animais 126; FEM - Fator de emissão de metano por população/categoria ( $KgCH_4$ )

$$FEM = SV \times 365 \times \beta o \times 0,67 \times FCM/100 \times SM$$

FEM - Fator de emissão de metano por população/categoria ( $kgCH_4$  cab-1 ano-1); SV – Sólidos voláteis ( $kgSV$  cab-1 dia-1) Valor obtido em laboratório - 2,68; B0 - Capacidade de produção de metano pelo dejetos ( $m^3 CH_4.kgSV^{-1}$ ); 0,67 - Conversão de  $m^3$  metano para kg metano (adimensional); FCM - Fator de conversão de acordo com o manejo (%); SM - Fator do sistema de gerenciamento dos resíduos – adimensional

$$Penergia = (Q \cdot PCmetano \cdot n \cdot h) / 31.536.000 \quad \text{equação (3)}$$



Onde: Penergia – Potencial de energia disponível por ano (kWh); Q – Vazão de metano por ano (m<sup>3</sup>/ano); PCmetano – Poder calorífico do metano (KJ/h) 35.530; N – Eficiência do grupo motor gerador 28,8%; H – Horas de funcionamento do grupo motor gerador por ano 2.920 h .

## RESULTADOS

A seguir a Tabelas 1 apresenta a estimativa de geração de metano para os modelos propostos por Kunz & Oliveira (2006) e IPCC (2006) e o potencial de geração de energia para os 2 modelos.

*Tabela 1: Estimativa de geração de metano por Kunz & Oliveira (2006) e IPCC (2006) e os respectivos potenciais de geração de energia*

Cenário	CH <sub>4</sub> /mês	CH <sub>4</sub> /ano	Energia elétrica/mês	Energia elétrica/ano
Kunz & Oliveira (2006)	1.338 m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /mês	16.054 m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /ano	1.232,5kWh/mês	15.212,78kWh/ano
IPCC (2006)	1.077 m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /mês	12.935 m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /ano	992,08kWh/mês	12.550,9kWh/ano

Fonte: Elaborada pelo Autor.

Os resultados obtidos na análise financeira foram baseados na geração potencial de energia e no valor cobrado por kWh pela concessionária responsável. A propriedade estudada apresentou consumo médio anual de 29.160 kWh/ano (2430 kWh/mês) durante 2021, o equivalente a R\$ 29.596,68/ano. A geração máxima obtida pela conversão do metano em energia estimado no cenário de Kunz e Oliveira (2006) foi 15.212,78 kWh/ano enquanto a geração prevista pelo modelo do IPCC foi 12.255,90 kWh/ano. Desta forma, a aplicação do biodigestor pode representar uma redução de 43% a 52,1% no consumo/custo de energia elétrica da propriedade.

É possível identificar a influencia do custo do kWh (bandeiras taxativas) na economia obtida mensalmente. Nos meses de bandeira verde a economia corresponde a R\$ 722,53/mês, enquanto nos meses de bandeira vermelha a economia foi de R\$ 1279,15/mês, representando uma diferença de 56% em relação aos valores economizados. Esta situação ganha relevância quando se analisa o atual cenário de mudanças climáticas e eventos extremos de estiagem e/ou chuvas intensas, ocasionando variações no custos do Kwh.



Para a analise financeira realizou-se a cotação no mercado do custo do biodigestor (R\$43.660,00, cotação realizada em 2021), do conjunto moto-gerador (R\$ 58.300,00, cotação realizada em 2021), manutenção anual (R\$ 2604,00) e a infraestrutura (R\$ 2.200,00) para abrigar os equipamentos. A seguir na tabela 2 a analise financeira do empreendimento.

*Tabela 2: Resultados obtidos para a analise financeira do potencial de geração de energia do biodigestor orçado pela empresa “B” nos cenários de geração de metano de Kunz e Oliveira (2006) e IPCC(2006).*

Analise de viabilidade financeira		
	Kunz e Oliveira (2006)	IPCC (2006)
Taxa Mínima de atratividade		10,75%
Períodos		15 Anos
Custos de Manutenção		R\$ 2.604,00
Receita anual	R\$ 11.341,08	R\$ 9.136,73
Lucro líquido anual	R\$ 8.737,48	R\$ 6.532,73
Valor Presente Líquido	R\$ 21.537,50	R\$ 5.462,19
Payback	5,44	6,15
TIR	14,82 %	11,83 %

Os resultados exibidos na tabela 2 indicam que, para ambos os cenários de geração de metano, a implantação de biodigestor na propriedade é economicamente viável. Utilizou-se como balizador principal da tomada de decisão a TMA, que foi superada pela taxa interna de retorno em 3% pelo cenário de kunz e oliveira (2006) e em 1% pelo cenário do IPCC (2006). Em termos práticos, a instalação de biodigestores é de 1% a 3% mais atrativo do que um investimento de mesmo valor no tesouro direto (título de investimento governamental cujo o rendimento é atrelado a taxa SELIC).

A analise de viabilidade econômica realizada a partir do tempo de payback em ambos os cenários de geração de energia mostrou-se atrativo, com 5,44 anos para Kunz e Oliveira (2006) e 6,15 anos para IPCC. Em ambos os casos o tempo de retorno é considerado bom para o perfil dos empreendedores no Brasil, que preza pelo retorno em curto prazo e maior vida útil do empreendimento.

## CONCLUSÕES

A instalação de biodigestores na propriedade se mostrou economicamente viável, a taxa interna de retorno superou a taxa mínima de atratividade e apresentou payback entre 5 e 6 anos.

## REFERÊNCIAS

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA. PIB do



agronegócio alcança participação de 26,6% no PIB brasileiro em 2020. 2021. 2018.

Disponível em: <[https://cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/sut.pib\\_dez\\_2020.9mar2021.pdf](https://cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/sut.pib_dez_2020.9mar2021.pdf)>. Acesso em: 22 de junho de 2022.

DIAS, M. I. A.; et al. Viabilidade econômica do uso do biogás proveniente da suinocultura, em substituição a fontes externas de energia . Revista Energia na Agricultura, Botucatu, vol. 28, n.3, p.155-164, julho-setembro, 2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Anuário leite 2021 . em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/224371/1/Anuario-Leite-e-2021.pdf>>. Acesso em: 19 de agosto de 2022

FRANQUETO, Rafaela; DA SILVA, Joel Dias. DESENVOLVIMENTO HISTÓRICO DA VALORIZAÇÃO DE BIOMASSA DO AGRONEGÓCIO PARA PRODUÇÃO DE BIOGÁS NO ÂMBITO RURAL. Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental, v. 9, p. 451-477, 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Produção Pecuária Municipal 2020 . Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9107-producao-da-pecuaria-municipal.html?=&t=desta que>>. Acesso em: 22 de junho de 2022

IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. emissions from livestock and manure management. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, v. 4, c. 10. 2006.

KONZEN, E. A.; ALVARENGA, R. C. Manejo e utilização de dejetos animais: aspectos agronômicos e ambientais. Documentos/Embrapa Milho e Sorgo (Sete Lagoas-MG), 2005. Disponível em: . Acesso em: 18 Jun. 2020.

KUNZ, A.; OLIVEIRA, P. A. V. Aproveitamento de dejetos de animais para geração de biogás. Revista de Política Agrícola, ano 15, n. 3, p. 28-35, 2006.

NOGUEIRA, José Augusto Nunes. Viabilidade econômica da produção integrada de uma forma alternativa de energia (biogás) com o Sistema Mandalla de produção: um estudo de caso. 2009. 84 p. Monografia (Especialização em Formas Alternativas de Energia). Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais.

OLIVEIRA, Arley Borges de Moraes. Biodigestão anaeróbia de efluente de abatedouro avícola. 2011. 57 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS, 2011.