

PORTO ALEGRE (RS), 23/05/2024

**PRECISAMOS DE AÇÕES  
EFETIVAS CONTRA O  
CAOS CLIMÁTICO**



REVISTA AFLUENTE • A REVISTA DO JPS  
ANO VIII • N° 15 • DEZEMBRO/2025

#### FICHA TÉCNICA

Autor/Editor	ABES-RS
Título	Revista Afluente — A revista do JPS
Conselho Editorial	Anelise Nardi Hüffner
	Paulo Robinson da Silva Samuel
	Samuel Campos
Produção	Editora Limiar
Foto de capa	Rafa Neddermeyer/Agência Brasil / Fotos Públicas
Edição	Ano VIII • N° 15 – dezembro/2025
Local	Porto Alegre - RS
Ano da publicação	2025

ISSN 2594-732X

<https://www.abes-rs.org.br/site/jps.php>



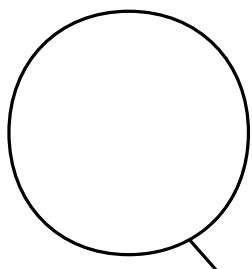
Associação Brasileira de Engenharia  
Sanitária e Ambiental – Seção RS  
[www.abes-rs.org.br](http://www.abes-rs.org.br)



## SUMÁRIO

EDITORIAL	4
PALAVRA DO PRESIDENTE	6
SESSÃO ESPECIAL SEMINÁRIO IBERO-AMERICANO DE REGULAÇÃO DE SERVIÇOS DE SANEAMENTO	9
ABES EM DESTAQUE 6ª CONFERÊNCIA ESTADUAL DAS CIDADES SEMANA DA ÁGUA COP 30 SEMINÁRIO: MUDANÇAS CLIMÁTICAS	14
<b>ARTIGOS</b>	
LODO DE ETA COMO INSUMO NA FABRICAÇÃO DE TIJOLOS CONVENCIONAIS	18
UTILIZAÇÃO DE TECNOLOGIAS AMBIENTALMENTE SUSTENTÁVEIS PARA REMOÇÃO DE FENOL EM EFLUENTE DE TRANSPORTADORA DE PRODUTOS QUÍMICOS	33
O POTENCIAL DO BIOSSÓLIDO PARA A RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS PELA MINERAÇÃO	44
UMA EXPERIÊNCIA DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL NÃO FORMAL PARA CONSCIENTIZAÇÃO DOS JOVENS SOBRE A CONSERVAÇÃO DA ÁGUA EM CACHOEIRINHA/RS	58
DESENHANDO O AMANHÃ: INICIATIVAS DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL NA ESCOLA PÚBLICA	75
INFORMES	85

# AÇÕES EFETIVAS PARA CONTER O CAOS CLIMÁTICO



uase dois anos já se passaram desde as enchentes atingiram o Rio Grande do Sul em maio de 2024, um desastre histórico precedido de uma sequência de outros desastres nos anos anteriores. Já há algum tempo vivemos entre extremos no nosso Estado, da estiagem às enchentes, e isso nos mostra como as consequências das mudanças climáticas estão à nossa porta. Já podemos dizer, sem medo de cometer qualquer exagero, que a emergência climática é o grande desafio do nosso tempo. Embora o futuro seja incerto, está muito claro que nenhum órgão, entidade ou mesmo profissional conseguirá avançar sozinho. É preciso desenvolver nossa capacidade de cooperar e transformar nosso conhecimento técnico em ação coletiva, visando uma mobilização muito maior. Essa também foi a provocação feita pela **32ª Semana Interamericana da Água** e **25ª Semana Estadual da Água**, cujo tema foi "*Água, Resiliência e Sustentabilidade: Como Construir Soluções Conjuntas para o Futuro?*", um chamado para o debate sobre a integração entre saneamento, educação ambiental e o que mais pudermos agregar.

Compondo a Semana da Água, em novembro foi realizado o Seminário "**Água para Vida**", promovido pelo Fórum Regional da Sub Bacia do Arroio Sapucaia em

parceria com o Projeto VerdeSinos. Sob o tema “*Banhados: desafios e oportunidades na manutenção das áreas úmidas*”, o evento uniu participação social e conhecimento técnico perante a necessidade de proteger e valorizar um dos ecossistemas mais frágeis e importantes da nossa região, e que se constitui em uma importante ferramenta frente à crise hídrica. Dias depois, a ABES/RS se fez presente no Seminário “**Mudanças Climáticas**”, promovido pelo Ministério Público do Rio Grande do Sul, o qual pontuou que a preocupação que antes permeava a academia agora também é discutida em outros espaços, mostrando a transdisciplinaridade do assunto em questão.

À medida que o tema amadurece nos espaços que temos conquistado, torna-se cada vez mais evidente que estamos tratando de vidas humanas e qual o nosso papel, como cidadãos e cidadãs, no caos climático que tem se mostrado cada vez mais alarmante. Tudo aponta para a ocorrência de novos desastres no futuro, cuja intensidade e momento continuam imprevisíveis. As causas já são conhecidas, e seguimos discutindo formas de enfrentar suas consequências; o que falta, porém, é transformar o debate em ação. Isoladamente, nossos avanços serão limitados, mas, de forma coletiva, somos capazes de alcançar qualquer objetivo.

Que esta edição sirva como um convite ao engajamento e à reflexão, inspirando cada leitor e leitora a transformar conhecimento em ação e a construir, conosco, os caminhos para um futuro mais resiliente e sustentável.

Boa leitura!

CONSELHO EDITORIAL/REVISTA AFLUENTE

# BALANÇO DE UMA GESTÃO VITORIOSA



Prezados leitores e leitoras,

**A**ssociação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, Seção Rio Grande do Sul (ABES-RS) tem a imensa satisfação de convidá-los para a leitura da nossa revista **Afluente**. É com esta 15<sup>a</sup> edição que chegamos ao final do ano de 2025, ano marcado por uma nova Gestão da ABES-RS. Os trabalhos aqui apresentados possuem uma importância relevante para a socialização do conhecimento na busca da universalização do saneamento brasileiro e latino americano.

Em 21 de agosto de 2025, tivemos a satisfação de assumir a segunda gestão (2025-2027) como Presidente da ABES-RS, juntamente com uma grande maioria de companheiros da gestão anterior e de novos colegas que vieram integrar este grupo de trabalho. Gostaria de agradecer a todos os Diretores e Conselheiros que participaram da gestão 2023-2025, pois trabalhamos com muita persistência e determinação, conseguindo muitos avanços para a seção gaúcha da ABES, sempre lembrando que os avanços foram galgados em bases sólidas, resultados de Diretorias anteriores.

A ABES-RS, além de uma Associação de Profissionais do Saneamento, reúne membros da comunidade de-

dicada à Engenharia Sanitária e Ambiental, a serviço do Rio Grande do Sul, do Brasil e da América Latina, sendo que o futuro do saneamento no Brasil passa, inegavelmente, pela ABES-RS.

Nossa Associação tem um papel crucial na construção de políticas públicas que garantam o acesso universal ao saneamento básico de qualidade. Acreditamos que a união de esforços entre governo, iniciativa privada e sociedade civil é essencial para alcançar nesse objetivo.

O saneamento básico é um direito humano fundamental e um pilar essencial para o desenvolvimento sustentável de qualquer nação. A qualidade dos serviços impacta diretamente na saúde, na qualidade de vida e no bem-estar de milhões de pessoas. E por isso, é tão crucial reconhecer e valorizar as pessoas e organizações que não medem esforços para evoluir e garantir um saneamento eficiente e de qualidade em todo o Brasil.

Ninguém faz nada sozinho. Por isso, buscaremos cada vez mais fortalecer nossas parcerias com entidades governamentais, associações do setor, em nível nacional e internacional, reguladores, empresas privadas, instituições de ensino, institutos de pesquisa e movimentos sociais. A construção destas pontes fortalece a busca constante pela inovação, sustentabilidade e eficiência, fator chave de sucesso.

Com a 15<sup>a</sup> edição na nossa revista **Afluente**, atingimos um dos grandes objetivos das nossas gestões, através do Programa Jovens Profissionais do Saneamento, que é de editar a Revista Afluente semestralmente, com a finalidade de socializar cada vez mais os conhecimentos dos nossos sócios, parceiros e amigos, sempre na busca de uma sociedade mais justa, igualitária e com uma melhor qualidade de vida, principalmente para quem mais precisa.

Para 2026, temos muitas programações a serem realizadas no Estado pela nossa ABES-RS e, para que sigamos sendo protagonistas na área, precisamos

que todos e todas profissionais conscientes venham participar desta Associação que completará no dia 15 de junho de 2026, 60 anos de uma boa luta. Aqueles que ainda não são sócios, venham participar e sejam agentes desta história.

Um Feliz Natal e um ano de 2026 de muita Saúde, Sabedoria, Alegria e Paz.

*Paulo Robinson da Silva Samuel*

PRESIDENTE DA ABES-RS

## SESSÃO ESPECIAL

SEMINÁRIO IBERO-AMERICANO DE REGULAÇÃO DE SERVIÇOS DE SANEAMENTO

# DESAFIOS E AVANÇOS NA REGULAMENTAÇÃO



PRESIDENTE DA ABES/RS,  
PAULO ROBINSON DA SILVA  
SAMUEL, PROFESSOR RUI  
JULIANO MARQUES E MEMBROS  
DA DIRETORIA DA ABES/RS NA  
ABERTURA DO SEMINÁRIO

Nos dias 21 e 22 de agosto de 2025, Porto Alegre sediou o Seminário Ibero-Americano de Regulação de Serviços de Saneamento, evento realizado no Hotel Plaza São Rafael que reuniu mais de 200 participantes de dez estados brasileiros, além de renomados especialistas internacionais. O encontro consolidou-se como um espaço de alto nível técnico, voltado à troca de experiências e ao debate qualificado sobre os principais desafios e avanços no campo da regulação do saneamento.

Ao longo dos dois dias, os participantes acompanharam sete painéis temáticos e uma palestra magna, que aprofundaram questões essenciais para a melhoria dos serviços de saneamento básico. Entre os temas debatidos estiveram a regulação de água e esgoto, resíduos sólidos, drenagem urbana, governança, regulação tarifária e a interface entre os serviços de saneamento básico e a gestão de recursos hídricos —

temas estratégicos para o fortalecimento das políticas públicas e para o avanço rumo à universalização.

A abertura do seminário foi marcada pela Palestra Magna “**Panorama da Regulação do Saneamento Básico Brasileiro e Ibérico-Americanos**”, ministrada pelo professor Rui Cunha Marques (Portugal) e moderada por Paulo Robinson da Silva Samuel (ABES-RS). A apresentação destacou a relevância da cooperação internacional e a troca de boas práticas regulatórias já consolidadas em diferentes países, reforçando a necessidade de integração e modernização dos mecanismos de regulação.

O evento teve como objetivo contribuir para o aperfeiçoamento das competências e capacidades dos profissionais, das empresas de saneamento e das agências reguladoras responsáveis pela fiscalização e regulação dos serviços, com foco no avanço em direção à universalização do saneamento básico bem como na análise dos obstáculos ainda existentes para incorporar, de forma progressiva, a realização dos direitos humanos em todos os quatro eixos do saneamento: abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, drenagem urbana, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos.



PÚBLICO ATENTO ÀS PALESTRAS DURANTE O SEMINÁRIO DE REGULAÇÃO DO SANEAMENTO

Ao final do seminário ocorreu um coquetel de confraternização, proporcionando um momento de integração entre os participantes e fortalecendo as redes de colaboração que contribuem para o desenvolvimento contínuo do setor.

O Seminário Ibero-Americano de Regulação de Serviços de Saneamento reafirmou a importância do diálogo técnico, da cooperação internacional e da qualificação profissional para enfrentar os desafios da regulação e promover um saneamento básico mais eficiente, justo e universalizado em toda a região.



PRESIDÊNCIA E DIRETORIA DA ABES/RS PRESENTES NO ENCERRAMENTO DO SEMINÁRIO IBERO-AMERICANO DE REGULAÇÃO DE SERVIÇOS DE SANEAMENTO

SESSÃO ESPECIAL  
POSSE DA DIRETORIA ABES/RS – GESTÃO 2025/2027

COMPROMISSO COM  
A **ABES**, COM A  
SOCIEDADE,  
AS PESSOAS E COM O  
FUTURO

ANO VIII • Nº 15 • DEZEMBRO /2025

12

REVISTA AFLUENTE



POSSE DA NOVA DIRETORIA DA ABES/RS - BIÊNIO 2025 - 2027

No dia 21 de agosto, foi realizada a cerimônia de posse da nova diretoria da ABES-RS para o biênio 2025-2027. O evento ocorreu no Hotel Plaza São Rafael, em Porto Alegre, integrando a programação do Seminário Ibero-Americano de Regulação de Serviços de Saneamento.

<b>Diretoria da Seção Estadual</b> <b>Chapa “Integrar Para Avançar”</b>	
Presidente	Paulo Robinson da Silva Samuel
Vice-Presidente	Eduardo Barbosa Carvalho
1ª Secretária	Anelise Nardi Hüffner
2ª Secretária	Kely Boscato Pereira
1º Tesoureiro	Darci Barnech Campani
2º Tesoureiro	Everson Gardel de Melo
Diretores	Antônio Domingos Benetti, Rejane Candiota Tubino, Sandro Adriani Camargo e Viviane Feijó Machado
Conselho Consultivo	Nanci Begnini Giugno Flávia Burmeister Martins Renata Farias Oliveira Darcy Nunes dos Santos Fernando Jorge Correa Magalhães Jr Demetrius Jung Gonzalez
Conselho Fiscal	Alexandre Bugin Geraldo Antônio Reichert Rafael Volquind Emilio Roberto Wild Karla Leal Cozza Marcos Henrique Hahn Calvete
Representante da Seção junto ao Conselho Diretor	Jussara Kalil Pires

<b>Subseção Rio Grande do Sul – Serra</b> <b>Diretoria da Seção Estadual</b> <b>Chapa “ABES – Serra-RS”</b>	
Presidente	Fernanda Santos Pescador
Vice-Presidente	Lademir Luiz Beal
Tesoureiro	Juliano Rodrigues Gimenez
Secretária	Raquel Finkler
Representante da Seção junto ao Conselho Diretor	Gerson Antônio Panarotto

## 6<sup>A</sup> CONFERÊNCIA ESTADUAL DAS CIDADES



MEMBROS DA DIRETORIA DA ABES/RS PRESENTES NA 6<sup>A</sup> CONFERÊNCIA ESTADUAL DAS CIDADES

Entre os dias 29 e 31 de agosto, membros da Diretoria da ABES-RS estiveram presentes na 6<sup>a</sup> Conferência Estadual das Cidades, realizada em Porto Alegre. Participaram do evento o presidente Paulo Robinson da Silva Samuel, a 1<sup>a</sup> secretária Anelise Nardi Hüffner; 2<sup>a</sup> secretária Kely Boscasto Pereira; o 1º tesoureiro

Darci Barnech Campani; a diretora Viviane Feijó Machado; Marcos Henrique Hahn Calvete membro do conselho fiscal; a representante da Seção junto ao conselho diretor, Jussara Kalil Pires; e o representante da ABES/RS e da Associação Roessler, Darci Zanin. A entidade participou, como sociedade civil, da comissão organizadora. Com o tema “Construindo a Política Nacional de Desenvolvimento Urbano: caminhos para cidades inclusivas, democráticas, sustentáveis e com justiça social”, a conferência deste ano reuniu 343 delegados, oriundos de 32 municípios que realizaram a etapa municipal dos segmentos gestores públicos e legislativos, movimentos populares, trabalhadores, empresários, entidades profissionais e ONGs, somando a participação de mais de 3 mil pessoas. Durante a 6<sup>a</sup> Conferência Estadual das Cidades foram escolhidos os 83 delegados que representarão o Rio Grande do Sul na Conferência Nacional, que ocorre em outubro, em Brasília, dentre eles o presidente Paulo Robinson Samuel e a Diretora da ABES-RS, Viviane Feijó Machado.

# SEMANA DA ÁGUA

ABES-RS, dentro da programação da 32ª Semana Interamericana e da 25ª Semana Estadual da Água, promoveu dois seminários para debater o tema central da campanha 2025: Água, Resiliência e Sustentabilidade: Como Construir Soluções Conjuntas para o Futuro?

O primeiro evento foi realizado no dia 16 de outubro, no auditório do SENGE-RS e contou com painéis sobre: Governança de Recursos Hídricos e Saneamento; Soluções Baseadas na Natureza; A Viabilidade dos Serviços de Saneamento; e Inovações Tecnológicas na Busca da Universalização do Saneamento. Um dos objetivos da atividade foi discutir os desafios crescentes enfrentados em relação à gestão da água diante das crises ambientais e das mudanças climáticas, além de explorar os quatro pilares do saneamento — abastecimento público, esgotamento sanitário, drenagem urbana e resíduos sólidos. Além disso, criou-se uma oportunidade para refletirmos sobre o papel que cada um de nós desempenha na preservação desse recurso vital e na construção de soluções sustentáveis para o futuro. Os materiais do evento podem ser acessados em: <https://eventos.abes-rs.org.br/detail/MqT2UsyA>.

O segundo evento, “A contribuição do saneamento para a qualidade de vida”, foi realizado em 19 de novembro, no Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH/UFRGS). O seminário celebrou o Dia Interamericano do Saneamento e integrou a programação da Semana da Água. A iniciativa teve como propósito estimular reflexões sobre o papel essencial do saneamento para a saúde pública, a proteção ambiental e o bem-estar da população, ressaltando como uma gestão eficiente do setor contribui para elevar a qualidade de vida e preservar os recursos hídricos. Os painéis abordaram temas como: Benefícios para a sociedade e desafios na gestão de resíduos e Saneamento seguro para todos, com e sem redes de coleta.

# COP30



DIRETORA DA ABES/RS, ANELISE HÜFFNER, DURANTE A COP30 EM BELÉM

Entre os dias 13 e 20 de novembro, a 1ª Secretaria da ABES/RS e Mentora do JPS/RS, Anelise Nardi Hüffner, participou da COP30, realizada em Belém/PA, um dos maiores e mais importantes encontros globais dedicados ao clima. O evento reuniu líderes mundiais, especialistas, organizações da sociedade civil e representantes de diversos setores para discutir estratégias e compromissos que possam acelerar a transição para um futuro mais sustentável. A COP30 se destacou pelo forte foco na proteção da Amazônia e na necessidade de soluções integradas para reduzir emissões, adaptar

cidades aos efeitos das mudanças climáticas e fortalecer políticas ambientais. A conferência também abriu espaço para diálogos sobre justiça climática, financiamento verde, tecnologias sustentáveis e ações colaborativas entre governos, empresas e comunidades. “Estar na COP30, em Belém, foi uma experiência muito especial para mim. Participar de um evento global dessa importância me fez sentir, na prática, a força da união de tantas pessoas e instituições preocupadas com o futuro do planeta. Cada conversa, debate e troca deixou claro o quanto nossas ações podem gerar impactos reais. Tive a oportunidade de acompanhar discussões relevantes, ouvir diferentes visões e aprender com iniciativas inspiradoras. Essa vivência reforçou ainda mais a importância do saneamento e da gestão da água dentro da agenda climática. Volto da COP30 com a sensação de crescimento, cheia de ideias, conexões e motivação para seguir contribuindo para que os problemas presentes sejam encarados e que as soluções já existentes deixem de ser apenas ideias”, disse Anelise.

# SEMINÁRIO MUDANÇAS CLIMÁTICAS



MEMBROS DA DIRETORIA DA ABES/RS PRESENTES NO SEMINÁRIO MUDANÇAS CLIMÁTICAS 2025, NA SEDE DO MP/RS

No dia 28 de novembro, a ABES/RS esteve presente no Seminário Mudanças Climáticas 2025, promovido pelo Ministério Público do Estado do Rio Grande do Sul, nas figuras do Presidente Paulo Robinson Samuel, da 2ª Secretária Kely Boscato Pereira, da Diretora Viviane Feijó Machado e do Coordenador Adjunto da JPS Samuel Campos. Na ocasião, especialistas das Engenharias, do Direito e outras áreas falaram sobre os impactos das mudanças climáticas no Rio Grande do Sul, a perspectiva do judiciário sobre uma questão cada vez mais presente no nosso território, planos e protocolos para emergências, instrumentos de prevenção (tais como o Plano Diretor e o Plano Local de Ação Climática) e transição energética. O evento tinha o objetivo de promover o debate sobre os desafios e estratégias para o enfrentamento da crise climática, o que evidencia o impacto dos desastres recentes na sociedade e a importância que o Ministério Público dá ao tema.

# LODO DE ETA COMO INSUMO NA FABRICAÇÃO DE TIJOLOS CONVENCIONAIS

VIVIANE FEIJÓ MACHADO

MESTRANDA EM TECNOLOGIA E ENGENHARIA DE MATERIAIS

ESPECIALISTA EM GESTÃO DA QUALIDADE PARA O MEIO AMBIENTE E EM ENGENHARIA DE SANEAMENTO • VIVI.FM@TCHE

DANIELA LUPINACCI VILLANOVA

**RESUMO:** O processo de tratamento de água convencional utiliza etapas básicas para transformar a água bruta em água potável. Na etapa de decantação é gerado grande volume de lodo com alta variabilidade e contendo diversas partículas que causam cor e turbidez à água. A destinação adequada do lodo produzido é essencial, pois tanto quanto se busca a universalização da distribuição de água potável, tanto maior será o volume do rejeito. O reaproveitamento do lodo de Estação de Tratamento de Água (ETA) em outra atividade ou processo produtivo é fundamental para destinação adequada, pois geralmente ele é disponibilizado in natura nos cursos d'água impactando negativamente. A indústria cerâmica apresenta-se como uma forma de inertizar quaisquer materiais presentes no lodo através da incorporação deles nas peças conformadas. O objetivo deste trabalho é avaliar a incorporação de lodo de ETA na argila para fabricação de tijolos convencionais e verificar o comportamento das amostras nas diferentes proporções, temperaturas e pressões de confecção. O trabalho foi

desenvolvido com o lodo de uma ETA e a argila de uma olaria de São Leopoldo, RS. Foram confeccionados 60 corpos de prova com cada uma das proporções de argila/lodo: 100/0; 97,5/2,5; 95/5; 90/10; 80/20. Utilizou-se para metade deles a pressão de compactação de 25 MPa e para a outra metade de 50 MPa na conformação dos tijolos. Cada 10 corpos de prova de cada quantidade de incorporação de lodo e de cada pressão utilizada foram queimados a 900, 1000 e 1100 °C. Os resultados são apresentados em tabelas e gráficos e apontam que até a incorporação de fração de 10% de lodo na massa cerâmica é possível a utilização dos tijolos convencionais confeccionados para uso interno ou sem exposição à umidade ou chuva. São apresentadas recomendações para sustentabilidade econômica, ambiental e social do processo produtivo de tratamento de água.

**PALAVRAS-CHAVE:** Lodo de ETA; Lodo de decantador de ETA; Lodo insumo para tijolos; Agregado de argila e lodo.

## INTRODUÇÃO

O processo de tratamento de água convencional utiliza etapas básicas para transformar a água bruta em água potável, que são: coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção e fluoretação. São utilizados produtos químicos como agentes coagulantes, adsorventes de substâncias orgânicas, alcalinizantes, oxidantes e compostos de flúor (DI BERNARDO et al., 2017). São produzidos 17,1 bilhões de m<sup>3</sup>/ano de água potável.

Na etapa de decantação é gerado grande volume de

Iodo com alta variabilidade e contendo diversas partículas que causam cor e turbidez à água. A cor pode ser resultado da presença de compostos húmicos e de minerais precipitados da água bruta e outros compostos, como hidróxidos de alumínio e ferro, oriundos dos produtos químicos utilizados para a coagulação (KATAYAMA, 2012). A destinação adequada do lodo produzido é essencial, pois tanto quanto se busca a universalização da distribuição de água potável, tanto maior será o volume do rejeito. O reaproveitamento do lodo de Estação de Tratamento de Água (ETA) em outra atividade ou processo produtivo é fundamental devido ao destino muitas vezes hoje dado a esse resíduo, geralmente disponibilizado in natura nos cursos d'água causando grande impacto negativo.

A indústria cerâmica apresenta-se como uma forma de inertizar quaisquer materiais presentes no lodo, através da incorporação deste nas peças conformadas. O custo para a indústria de cerâmica e o custo do produto ao consumidor final são relevantes na viabilidade dessa destinação. O lodo pode auxiliar na redução da temperatura de queima devido à presença de fração orgânica, bem como pode reduzir a energia total do processo. A combinação do lodo com outros resíduos pode resultar em propriedades que geram produtos mais seguros e com desempenho superior aos tradicionais, além da vantagem ambiental e econômica.

## OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é avaliar a incorporação de lodo de ETA na argila para fabricação de tijolos convencionais e verificar o comportamento das amostras nas diferentes proporções, temperaturas e pressões de confecção.

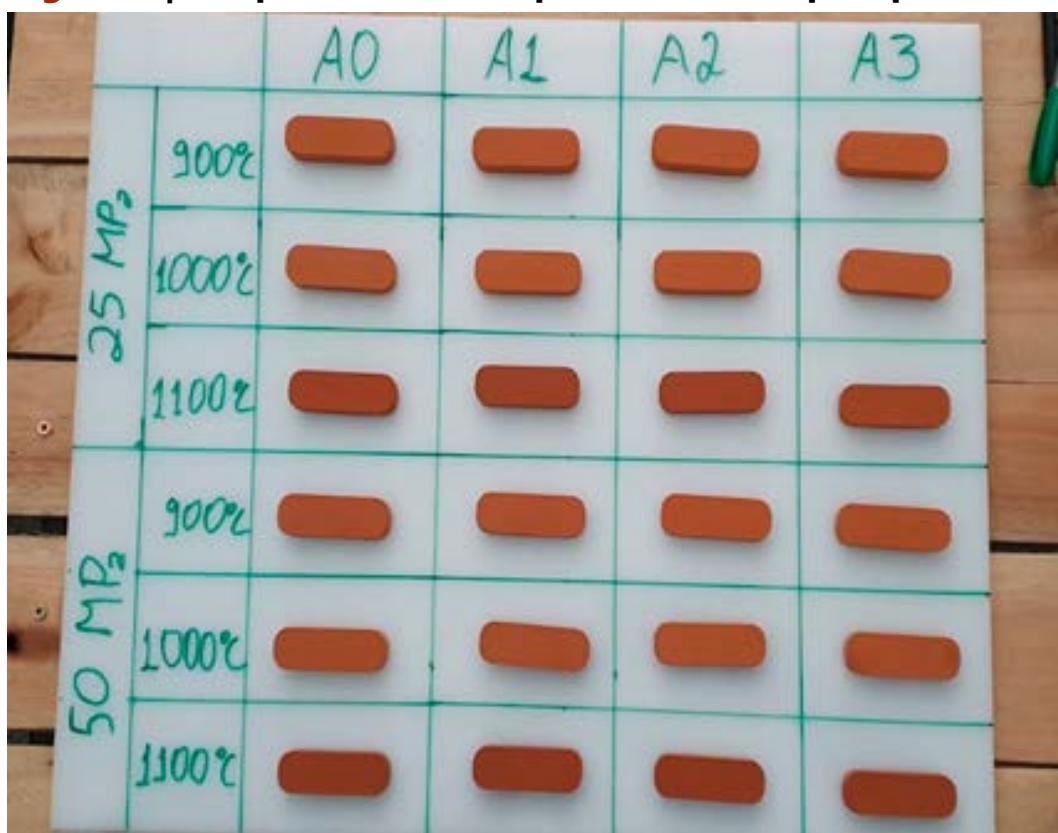
## METODOLOGIA UTILIZADA

O trabalho foi desenvolvido com o lodo de uma ETA de São Leopoldo – RS e a argila utilizada foi de uma olaria localizada no mesmo município. Foram coletados 7 vasilhames de 2 litros de lodo de decantador du-

rante a limpeza. Foram adquiridos por doação 8 sacos de 5 litros de argila pronta para confecção de tijolos. Tanto o lodo quanto a argila foram calcinados em estufa Solab, modelo SL-100, a 100 °C até que a umidade fosse menor do que 8%, testado com termo-balança Ohaus, modelo MB25. A argila e o lodo foram moídos e passados em peneira de 200 mesh. Após homogeneização, foi realizado o quarteamento das amostras de lodo e de argila. As amostras foram umidificadas a 4% com borrifador de água e depois homogeneizadas por peneiramento. A distribuição granulométrica da argila e do lodo foi determinada.

Foram confeccionados 60 corpos de prova com cada uma das proporções de argila/lodo: 100/0; 97,5/2,5; 95/5; 90/10; 80/20. Utilizou-se para metade deles a pressão de compactação de 25 MPa e para a outra metade de 50 MPa na conformação dos tijolos. Cada 10 corpos de prova de cada quantidade de incorporação de lodo e de cada pressão utilizada foram queimados a 900, 1000 e 1100 °C. Na Figura 1 e Tabela 1 estão mostrados a organização das amostras de A0 I T1 à A4 II T3. As amostras A4 foram preparadas posteriormente à foto da figura 1, pois durante a execução dos ensaios os resultados foram muito satisfatórios, então definiu-se por outra fração para haver uma linha de corte.

**Figura 1 |Comparativo dos corpos cerâmicos após queima**



**Tabela 1 | Códigos das amostras utilizados para organização dos ensaios e testes**

AMOSTRAS (argila/lodo)	PRESSÃO	TEMPERATURA		
		T1 (900 °C)	T2 (1000 °C)	T3 (1100 °C)
A0 (1,000;0,000)	I (25 MPa)	A0 I T1	A0 I T2	A0 I T3
	II (50 MPa)	A0 II T1	A0 II T2	A0 II T3
A1 (0,975;0,025)	I (25 MPa)	A1 I T1	A1 I T2	A1 I T3
	II (50 MPa)	A1 II T1	A1 II T2	A1 II T3
A2 (0,950;0,050)	I (25 MPa)	A2 I T1	A2 I T2	A2 I T3
	II (50 MPa)	A2 II T1	A2 II T2	A2 II T3
A3 (0,900;0,100)	I (25 MPa)	A3 I T1	A3 I T2	A3 I T3
	II (50 MPa)	A3 II T1	A3 II T2	A3 II T3
A4 (0,800;0,200)	I (25 MPa)	A4 I T1	A4 I T2	A4 I T3
	II (50 MPa)	A4 II T1	A4 II T2	A4 II T3

A retração linear de queima foi medida com o uso de paquímetro para verificar a medida das três dimensões antes e depois da queima para posteriores cálculos. A perda de massa após queima foi medida com o uso de balança de precisão antes e após a queima e posteriormente foram feitos os cálculos. Foi medido o índice de absorção da água (NBR 15270-2) após a queima com o uso de balança analítica da Bel Engineering, modelo Mark 210A. Foi realizada análise de resistência mecânica à flexão por 4 pontos para verificar a tensão em, no mínimo, oito das dez amostras de cada variável, temperatura, pressão e proporção de lodo com equipamento de ensaio Quanteo adaptado para EMIC para até 2.000 kN (Figura 2).

A caracterização química da amostra de lodo foi realizada pelo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, EPA 3050, Método 3111 A, B, D e Método 2540 C, D, E. Para a amostra de argila foi usado o espectômetro de fluorescência de raios X WDS modelo RIX 2000 da marca Rigaku, utilizando 10

mg de cada amostra moída e peneirada a 200 mesh. A análise quantitativa foi realizada com curva de calibração a partir de padrões de rocha tabelados da Geostandards1 e metodologia de preparo de amostra de pastilha prensada. A análise de elementos maiores foi no método GRP2 (método dos parâmetros fundamentais – FP – com curvas de calibração). A presença de voláteis foi avaliada através de técnicas gravimétricas, expondo 1 g de amostra a 1050 °C por uma hora.

Foi realizado ensaio de solubilização (NBR 10006) e, na solução resultante, foram analisados os elementos com resultados mais significativos na caracterização do lodo in natura. Para as análises laboratoriais foi utilizado o Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Método 4500-SO<sub>4</sub> E para Sulfato e Método 3125 B para os outros elementos.

**Figura 2 | Dispositivo para ensaio de resistência mecânica por flexão a 4 pontos. No detalhe, ruptura na amostra**



## RESULTADOS OBTIDOS

Os resultados da granulometria do lodo e da argila são apresentados nas Tabelas 2 e 3 e mostraram-se similares. Os dados apresentados demonstraram que aproximadamente 98% do material contido no lodo são representados pela fração fina de silte e argila, bem como, cerca de 97% da composição da argila é representada por silte.

**Tabela 2 | Distribuição granulométrica do lodo**

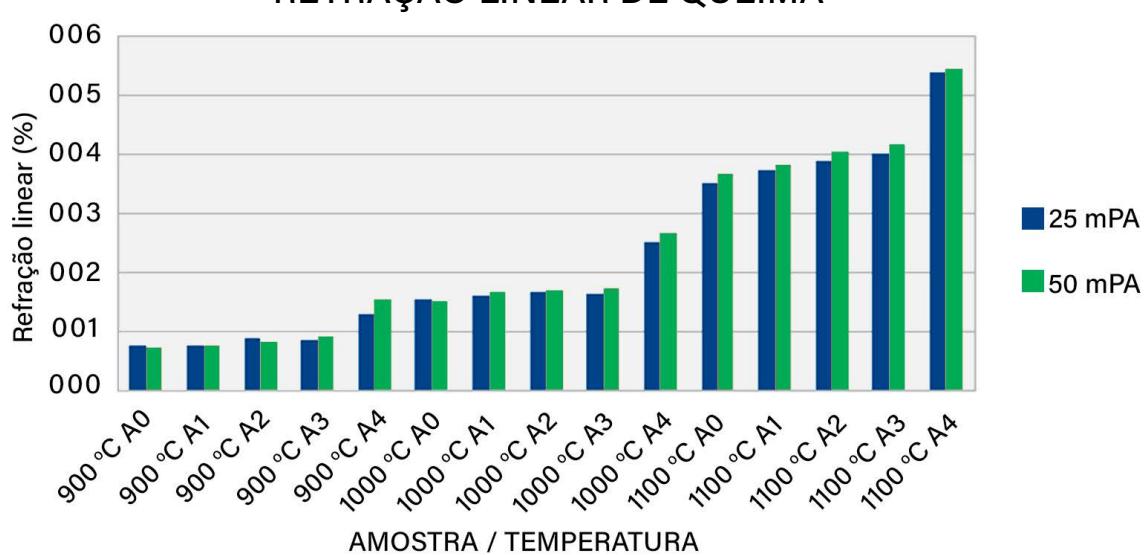
Nº DA PENEIRA	ABERTURA (mm)	MATERIAL RETIDO (g)	% RETIDA	% ACUMULADA	% PASSANTE
270	2,00	0,37	0,32	0,32	99,68
200	2,83	1,39	1,18	1,50	98,50
140	4,00	17,52	14,93	16,43	83,57
100	5,66	89,01	75,86	92,28	7,72
70	6,73	8,89	7,57	99,86	0,14
50	9,51	0,01	0,01	99,86	0,14
40	12,70	0,00	0,00	99,86	0,14
Fundo	0,00	0,16	0,14	100,00	0,00
	<b>Σ</b>	<b>117,33</b>	<b>100,00</b>		

**Tabela 3 | Distribuição granulométrica da argila**

Nº DA PENEIRA	ABERTURA (mm)	MATERIAL RETIDO (g)	% RETIDA	% ACUMULADA	% PASSANTE
270	2,00	0,59	0,51	0,51	99,49
200	2,83	3,00	2,57	3,08	96,92
140	4,00	2,20	1,89	4,97	95,03
100	5,66	55,34	47,50	52,47	47,53
70	6,73	54,32	46,62	99,08	0,92
50	9,51	0,20	0,17	99,26	0,74
40	12,70	0,14	0,12	99,37	0,63
30	16,00	0,00	0,00	99,38	0,62
Fundo	0,00	0,73	0,62	100,00	0,00
	<b>Σ</b>	<b>116,52</b>	<b>100,00</b>		

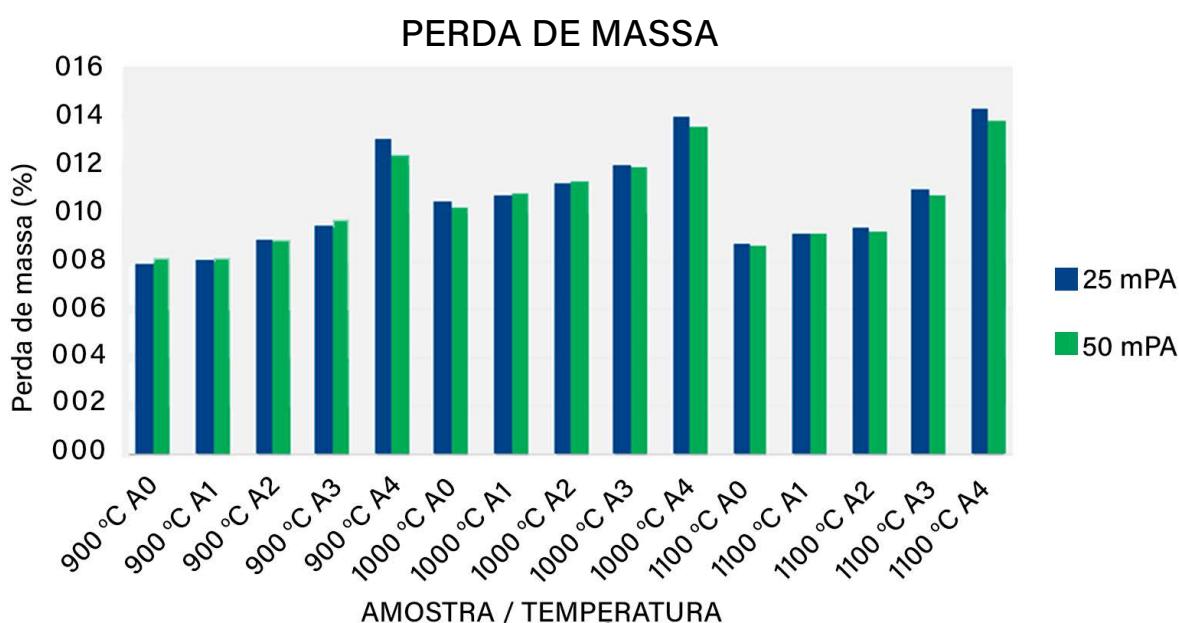
A retração linear de queima das amostras nas três temperaturas resultou em um comportamento semelhante, excetuando-se a amostra A4, para todas temperaturas de queima, ou seja, a adição de lodo até 10% não interferiu nesta característica. Na temperatura de 1100 °C houve um pequeno aumento na retração linear com o aumento da fração de lodo utilizado nas amostras. Esse efeito também foi evidente quando comparadas as pressões de conformações. Os resultados de retração linear são apresentados na Figura 3. No entanto, como esperado para materiais argilosos, o aumento da temperatura de queima refletiu em um aumento da retração linear, o que ficou evidenciado nesta figura.

**Figura 3 |Resultados médios de retração linear de queima das amostras**



Em relação aos ensaios de perda de massa, as amostras comportaram-se de forma semelhante em todas as temperaturas. Houve um aumento deste parâmetro proporcional ao aumento da fração de lodo, sendo mais significativo o aumento da perda de massa na proporção de 20% de lodo na massa cerâmica. O comportamento das amostras nas duas pressões de conformação também se mostrou semelhante. Os resultados são apresentados na Figura 4.

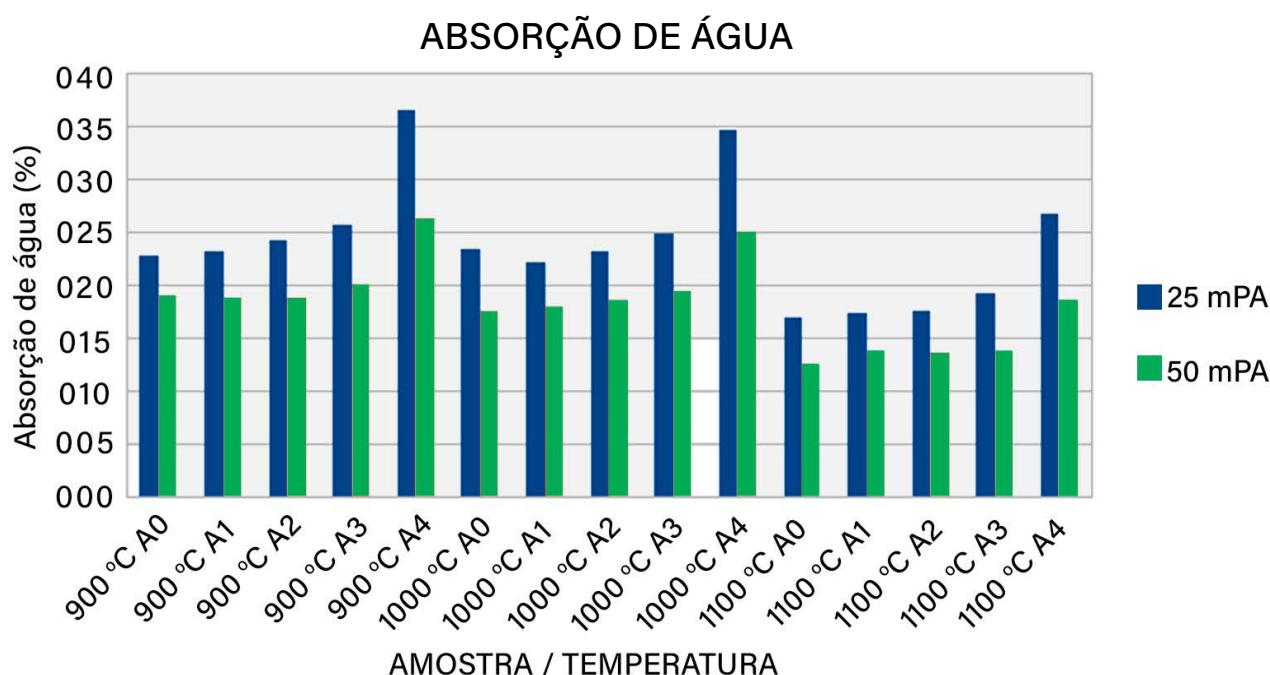
**Figura 4 |Resultados médios de perda de massa na queima das amostras**



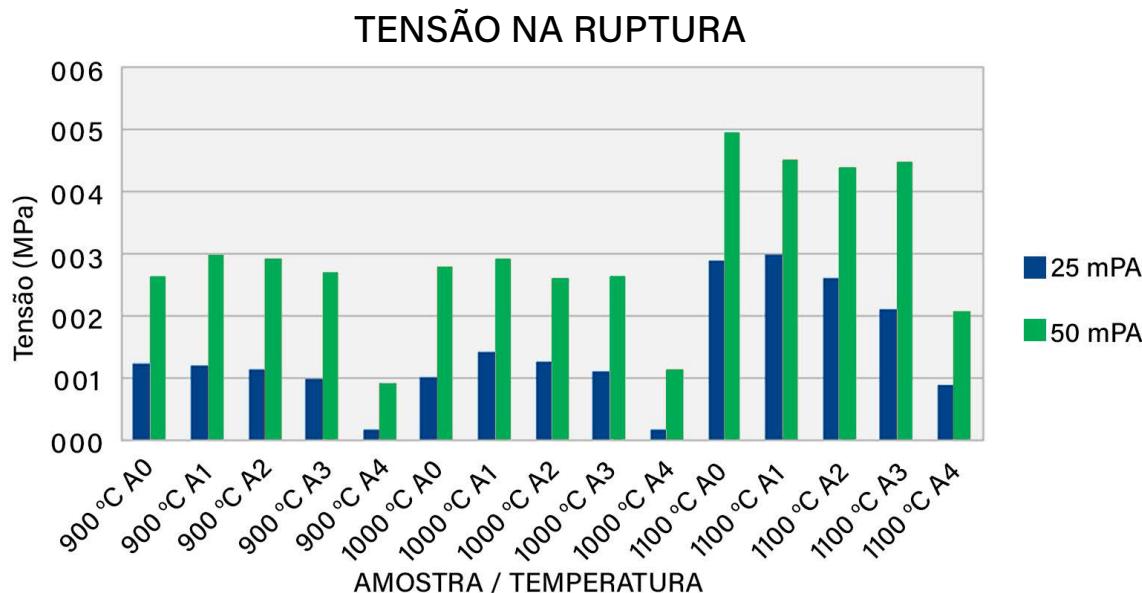
A absorção da água, quando utilizada a pressão de 25 MPa na conformação dos tijolos, foi maior do que quando utilizada a pressão de 50 MPa. Em ambas pressões, não houve uma variação muito significativa, ocorrendo eventualmente um leve aumento da absorção proporcional ao aumento da fração de lodo adicionada à mas-

sa de argila, lembrando que esta fração foi sempre duplicada para cada tipo de amostra. A exceção ocorreu com as amostras A4, cujo aumento da absorção deu-se nas duas pressões de conformação, sendo mais evidenciado na de 25 MPa. Os resultados de absorção de água são apresentados na Figura 5. Esta variação de resultados comparando-se as pressões de compactação deve-se, muito possivelmente, a uma maior compactabilidade das amostras conformadas a 50 MPa, o que deve ter proporcionado uma menor porosidade e, consequentemente, menor absorção de água.

**Figura 5 |Resultados médios de absorção de água das amostras**



Na análise da tensão de ruptura apresentada pelas amostras percebeu-se uma pequena variação entre as diversas frações de lodo aplicadas. No entanto, como tendência, o aumento do percentual de lodo reduziu a resistência mecânica dos corpos cerâmicos enquanto a temperatura de queima colaborou para seu aumento. É evidente a significativa redução de tensão de ruptura nas amostras A4 em todas temperaturas, tanto para a conformação na pressão de 25 MPa quanto para 50 MPa. Também é clara a diferença entre as duas pressões para todas as amostras, sendo sempre menor a tensão de ruptura para a pressão de conformação de 25 MPa, inclusive, para as temperaturas T1 e T2 todas as amostras de I foram menores do que a metade de II. Os resultados dos testes de resistência mecânica de tensão são apresentados na Figura 6.

**Figura 6 | Resultados médios de resistência mecânica (tensão na ruptura) das amostras**

A caracterização do lodo da ETA, como esperado, mostra um resíduo com componentes resultantes do coagulante utilizado no processo de tratamento da água, caracterizado por alto teor de alumínio e ferro, devido ao uso do insumo Sulfato de Alumínio Ferroso. A argila apresenta teor acima de 56%. Também apresenta alto teor de ferro na sua composição. Potássio e sódio estão em baixas concentrações. Dados de caracterização do lodo e da argila são apresentados nas Tabelas 4 e 5. Esses dados evidenciam a possibilidade do uso do lodo em substituição à argila, dada sua composição química.

**Tabela 4 | Resultado de parâmetros significativos presentes no lodo**

PARÂMETRO	RESULTADO (mg/kg)
Alumínio Total <sup>1</sup>	2.967,77
Ferro Total <sup>1</sup>	250,61
Manganês Total <sup>1</sup>	47,62
Sódio Total <sup>1</sup>	121,18
Sólidos dissolvidos voláteis <sup>2</sup>	222.223,30
Sólidos suspensos voláteis <sup>3</sup>	31.005,70

<sup>1</sup> EPA – 3050 B e SMWW – Método 3111 A, B, D

<sup>2</sup> SMWW – Método 2540 C

<sup>3</sup> SMWW – Método 2540 D, E

**Tabela 5 | Resultado dos elementos maiores presentes na argila**

ELEMENTOS	PESO (% ou g/100g)
SiO <sub>2</sub>	56,87
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17,55
TiO <sub>2</sub>	1,59
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12,43
MnO	0,12
MgO	1,09
CaO	0,73
Na <sub>2</sub> O	0,24
K <sub>2</sub> O	1,09
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,49
LOI	7,80
Total	100,00

Observação: Padrões de rocha tabelados da Geostandards.

Foram analisados os elementos críticos presentes no lodo após solubilização das amostras. Os resultados estão na Tabela 6.

**Tabela 6 | Resultado dos elementos analisados após solubilização**

PARÂMETRO	RESULTADO (mg/L)
Sulfato <sup>1</sup>	1,57
Alumínio <sup>2</sup>	0,061
Arsênio <sup>2</sup>	0,42
Bário <sup>2</sup>	0,02
Cádmio <sup>2</sup>	< 0,001
Chumbo <sup>2</sup>	< 0,010
Cobre <sup>2</sup>	< 0,005
Cromo <sup>2</sup>	< 0,010
Ferro Total <sup>2</sup>	0,08
Manganês <sup>2</sup>	0,053
Sódio <sup>2</sup>	5,78
Zinco <sup>2</sup>	0,01

<sup>1</sup> SMWW 4500-SO4 E<sup>2</sup> SMWW 3125 B

Observação: Resultados apontados “menor que” significa que foi inferior ao Limite de Detecção.

## ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Algumas desvantagens são apresentadas no uso do lodo de ETA como matéria-prima. Na fabricação dos tijolos cerâmicos, o problema é relacionado ao limite de plasticidade, sendo recomendado como constituinte da massa argilosa em quantidade adequada. Anyakora (2013) identificou que a concentração maior de alumina e óxido de ferro e o reduzido teor de sílica facilitaram o declínio das resistências pela diminuição das formações vítreas, podendo ser corrigido com incorporação de outros resíduos com alto teor de sílica.

A retração linear em tijolos é um fenômeno comum que ocorre durante o processo de secagem do material, caracterizando-se por uma redução no comprimento do tijolo decorrente da remoção da água contida nele pela evaporação e pelo próprio processo de sinterização. Na etapa de secagem, pode ser minimizada através de um processo lento e controlado para que a água evapore de forma uniforme, evitando fontes de calor excessivo. A retração linear em tijolos é um processo natural e esperado, mas de forma excessiva, pode comprometer a qualidade do material e causar deformações e rachaduras. Esperava-se, conforme ocorreu, que elevando a temperatura, a retração também fosse aumentada.

A perda de massa na queima dos tijolos convencionais é decorrente principalmente da eliminação da água e da matéria orgânica. As massas cerâmicas com maior teor de argila forte apresentam estabilização na perda de massa em temperaturas mais baixas, enquanto as massas cerâmicas com menor teor de argila forte apresentam estabilização na perda de massa em temperaturas mais elevadas (MAIA, 2019). A perda de massa aumentou conforme o teor de lodo devido a maior quantidade de matéria orgânica no lodo do que na argila, mantendo a proporção, conforme aumentava a fração.

A absorção de água em tijolos é um parâmetro importante para avaliar a qualidade do material e pode afetar a resistência mecânica, a durabilidade e a aparência dos tijolos, além de influenciar na eficiência

energética. É determinada pela quantidade de água que o tijolo é capaz de absorver em relação ao seu peso seco. A absorção é influenciada pela porosidade dos elementos, sendo mais alta para elementos mais porosos (MASSOM, 2016). A absorção de água está diretamente relacionada à microestrutura e determina o nível de porosidade aberta das peças cerâmicas, podendo ocorrer pelo baixo grau de empacotamento dos corpos de prova, pela elevada perda de massa durante a queima e pelo baixo teor de óxidos fundentes. Os tijolos de baixa absorção de água, que absorvem até 7% de água em relação ao peso seco, são mais densos e resistentes e são adequados para uso em paredes externas com exposição à umidade e chuva. Os de média absorção de água, absorvem entre 7% e 16% de água em relação ao peso seco, adequados para uso em paredes internas e nas externas que não são expostos à chuva ou umidade excessiva. Os tijolos de alta absorção de água, absorvem mais de 16% de água em relação ao peso seco, sendo os menos densos e mais porosos, que podem levar a problemas de resistência mecânica e durabilidade e são adequados para uso em áreas internas e nas externas em que não há exposição à umidade ou chuva. Os resultados mostraram que os corpos cerâmicos confeccionados apresentam características para uso interno ou sem exposição à umidade ou chuva. Apenas na temperatura de 1.100 °C, conformado à 50 MPa, apresentou absorção de água para a classificação intermediária de média absorção de água.

A resistência mecânica determina a capacidade do material de suportar cargas sem se romper. Ela depende de sua composição e do processo de fabricação. Os tijolos convencionais são feitos de argila e queimados em fornos a altas temperaturas para endurecer e tornarem-se mais resistentes. O resultado da tensão aplicada em um tijolo depende de como a carga é distribuída, sendo que, quanto mais uniforme for, maior será a capacidade da peça suportar a carga, assim o uso influenciará nas tensões que incidirão na peça. Os tijolos são projetados para suportar cargas de compressão, e a tensão na ruptura ocorre

quando a carga de compressão é tão grande que o tijolo se quebra. A tensão na ruptura é a força máxima que um tijolo pode suportar antes de falhar. Há diversas formas de testar essa tensão, inclusive empilhando peças, como realizou Corteze (2020). A tensão de ruptura apresentada pelas amostras evidenciou que na fração de 20% de lodo não é possível manter a resistência mecânica para este parâmetro. Para todos as outras amostras, a variação não foi maior do que 1 MPa de tensão.

Quanto à caracterização, o lodo apresenta composição coerente com o coagulante utilizado no processo de tratamento de água. Também a argila apresentou potássio e sódio em baixas concentrações e estes elementos são importantes fundentes na sinterização. Sua baixa concentração pode tornar a temperatura mais elevada e aumentar a porosidade.

Analizando o ensaio de solubilização, com base na Resolução Conama nº 420, de 2009, que dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas, percebe-se que os valores estão abaixo do que poderia ser considerado contaminação, tanto de solo quanto de água subterrânea, exceto os parâmetros de sulfato e sódio, que não são contemplados na resolução. A Resolução Conama nº 396, de 2008, que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras provisões, estabelece valores máximos permitidos para sulfato e sódio em 200 e 250 mg/L, respectivamente, assim o resultado pode ser considerado dentro dos limites aceitáveis.

## CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O uso de lodo de ETA para processos produtivos viabiliza o reúso e a reciclagem e evita a destinação final in natura, inertizando o material. Este rejeito usado como matéria-prima contribui para a diminuição da extração do recurso natural que está sendo substituído. A redução da geração do próprio resíduo, bem como o tratamento e desaguamento são importantes para todo o

ciclo do processo e podem ser abordados em estudos futuros. O diagnóstico para analisar o gerenciamento e volume de lodo de ETA é fundamental para compreender a situação, melhorar e padronizar parâmetros e discutir sobre a cultura de gestão do lodo de ETA, ou a falta dela (OLIVEIRA e RONDON, 2016).

A retração linear de queima tem pequena variação até a incorporação de fração de 10%, sendo significativa apenas acima de 20%. Há perda de massa na queima que se mostra significativa apenas na incorporação da fração de 20% de lodo. A absorção de água classifica o tijolo confeccionado para uso interno ou sem exposição à umidade ou chuva, sendo apenas na incorporação da fração de lodo de 20% com resultados muito diferenciados dos outros na mesma temperatura. Quanto a tensão de ruptura, os resultados apresentaram pouca variação até a incorporação da fração de 10% de lodo, tendo a fração de 20% apresentado tensão de ruptura muito baixa em todas as temperaturas e pressão de conformação. Em relação aos resultados dos ensaios de solubilização, fica clara a segurança ambiental, pois os valores são muito menores do que os limites estabelecidos pelas resoluções Conama 420 e 396. Portanto, a incorporação de lodo em até 10% na massa cerâmica não apresentou influência significativa para retração linear, perda de massa, absorção de água e tensão de ruptura das amostras.

A incorporação do lodo reduz o consumo de matéria-prima natural, como areia, brita e insumos para a fabricação de cimento, pois o aglomerante usado também é reduzido, minimizando o impacto ambiental pela diminuição na extração e redução dos poluentes atmosféricos da produção de cimento, bem como contribui para a adoção de alternativas sustentáveis de destinação final deste resíduo da ETA. A mudança de abordagem da problemática dos resíduos sólidos produzidos nas ETAs é necessária para desenvolver o potencial de reaproveitamento e para uma postura coerente com princípios de desenvolvimento sustentável, bem como a ampliação dos estudos se faz fundamental para a compreensão das alternativas e sua viabilidade.

O recurso hídrico é fundamental para as operadoras de saneamento, visto que sua matéria-prima provém dele, assim a destinação adequada do resíduo é fundamental para não comprometer a sua própria atividade. A fiscalização efetiva se faz necessária para que os órgãos não fiquem à mercê de gestores que não estão preocupados com a sustentabilidade econômica, ambiental e social do seu negócio.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 10006: Solubilização de resíduos - Procedimento. Rio de Janeiro, 2004.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 15270-2: Componentes cerâmicos – Blocos e Tijolos para alvenaria. Parte 2: métodos de ensaios – terceira edição. Rio de Janeiro, 2023.
3. ANYAKORA, N. V. Characterization and performance evaluation of water works sludge as bricks material. International Journal of Engineering and Applied Sciences, Turquia, v. 3, n. 3, p. 69-79, 2013.
4. BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 396, de 03 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil nº 66, Seção 1, p 64-68. Brasília, DF, de 07 de abr. de 2008.
5. BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 420, de 28 de dezembro de 2009. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. Diário Oficial da República Federativa do Brasil nº 249, Seção 1, p 81-84. Brasília, DF, de 30 de dez. de 2009.
6. CORTEZE, L. P.; RIBEIRO, R. B.; SOUZA, A. J. S.; TAGUCHI, S. P. Análise da resistência mecânica de tijolos ecológicos a partir da prototipagem rápida. Braz. J. of Develop., Curitiba, v. 6, n.12, p. 94710-94717 dec. 2020.
7. DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D.; VOLTAN, P. E. N. Métodos e técnicas de tratamento de água. 3. ed. São Carlos: Ed. Ldibe, 2017. 1246 p.
8. GUIMARÃES, C. A. O. Avaliação do ciclo de queima nas propriedades tecnológicas de cerâmica vermelha. Dissertação apresentada ao Centro de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Campo dos Goytacazes, 2017.
9. KATAYAMA, V. T. Quantificação da produção de lodo de estações de tratamento de água de ciclo completo: uma análise crítica. São Paulo: 2012. 144 p.
10. MAIA, F. A. M.; QUEIROGA, A. F. F.; RANGEL, N. V. P.; RIOS, M. A. S. Análise da qualidade de misturas de argilas para a indústria de cerâmica vermelha. I Congresso Internacional de Meio Ambiente e Sociedade – CONIMAS, 2019.
11. MASSON, A. C.; RENZI, G.; SANTOS, S.; FLORIANI, R. Absorção de água em tijolos. Revista Maiêutica, Indaiá, v. 2, n. 1, p. 7-24, 2016.
12. OLIVEIRA, I. Y. Q.; RONDON, O. C. Diagnóstico da gestão de lodo de estação de tratamento de água em Mato Grosso do Sul. Revista Interações, Campo Grande, v. 17, n. 4, p. 687-698, 2016.

# UTILIZAÇÃO DE TECNOLOGIAS AMBIENTALMENTE SUSTENTÁVEIS PARA REMOÇÃO DE FENOL EM EFLUENTE DE TRANSPORTADORA DE PRODUTOS QUÍMICOS

LUCAS PIMENTEL AZEVEDO ALMEIDA

ENGENHEIRO DE BIOPROCESSOS E BIOTECNOLOGIA • LUCAS-ALMEIDA@UERGS.EDU.BR

MARLENE GUEVARA DOS SANTOS

**RESUMO:** Devido à sua toxicidade e baixa biodegradabilidade, o fenol representa um desafio ambiental quando presente em efluentes, exigindo soluções eficazes, baratas e sustentáveis para sua remoção antes do descarte em ambientes aquáticos. Dessa forma, testaram-se diferentes métodos para o tratamento de efluentes contendo fenol (físico-químico, fotólise e bioassorção), provenientes de uma transportadora de produtos químicos, para atendimento do parâmetros de emissão. O tratamento físico-químico utilizou diferentes agentes coagulantes e floculantes, sendo que o coagulante vegetal, combinado com polímero catiônico e carvão ativado, demonstrou a maior eficiência, removendo  $98,92 \pm 0,01\%$  do fenol. O processo de fotólise não apresentou degradação signifi-

cativa do poluente. A bioassorção foi testada utilizando biomassa de *Sphagnum perichaetiale*, mas resultou em baixa eficiência de remoção, inferior a 3,5%. Assim, a modificação do tratamento físico-químico já existente demonstrou ser mais viável para a empresa, atendendo às exigências ambientais e permitindo ajustes no sistema atual. O estudo reforça a necessidade de testes de viabilidade de utilização de tecnologias ambientalmente sustentáveis para o tratamento de efluentes industriais, garantindo o atendimento aos parâmetros de emissão e a preservação dos recursos hídricos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Fotólise. Bioassorção. Tratamento físico-químico. Sustentabilidade

## 1 INTRODUÇÃO

O fenol ( $C_6H_5OH$ ) é um composto orgânico que se caracteriza pela presença de um grupo hidroxila (-OH) ligado a um anel aromático de benzeno. É utilizado de diversas formas na indústria química, como matéria-prima para a fabricação de herbicidas, medicamentos, tintas, lubrificantes, cosméticos, plásticos, etc. O fenol e seus derivados podem ter efeitos adversos na saúde humana e em outros organismos vivos, direta e indiretamente através da contaminação de águas superficiais e subterrâneas, solo e sedimentos. O fenol é classificado como um poluente prioritário devido à

sua alta toxicidade em baixas concentrações, sendo considerado tóxico, cancerígeno e mutagênico (Bibi et al., 2023; Firoozi et al., 2023).

Efluentes contendo fenol devem ser tratados para sua remoção e consequente redução da toxicidade. Entre as alternativas convencionais, destaca-se o tratamento físico-químico, que combina reações químicas e processos físicos para promover a separação e remoção de contaminantes. Especificamente para os efluentes contendo fenol, nem sempre os parâmetros de emissão são alcançados utilizando esse tratamento, devido à sua estrutura estável e propriedades químicas reativas, além da alta dificuldade de degradação e biodegradabilidade limitada (Aires et al., 2024). Além disso, a maior parte das estações que realizam tratamento físico-químico utiliza coagulantes à base de metais, como sais de ferro e alumínio. Esses compostos geram lodos com potencial poluidor que necessitam de destinação ambientalmente adequada. Ademais, estudos têm apontado uma possível relação entre o uso de sais de alumínio e o surgimento de doenças neurodegenerativas. Para superar as limitações dos coagulantes à base de metais, a demanda por produtos mais sustentáveis, derivados de raízes, caules e folhas de plantas, vem sendo testadas (Lucas et al., 2025).

Nesse sentido, a busca por soluções mais eficazes e sustentáveis para a remoção do fenol é essencial para garantir a qualidade dos recursos hídricos e minimizar os danos causados por esse poluente (Bibi et al., 2023). O uso de tecnologias mais limpas, como a fotólise e a bioassorção, tem sido estudado como alternativa para superar as limitações dos tratamentos convencionais (Firoozi et al., 2023).

A fotólise é um processo no qual a luz, especialmente a luz ultravioleta, causa a decomposição de substâncias em águas. Essa tecnologia se destaca por ser limpa, podendo utilizar radiação solar, e por promover a remoção de substâncias de difícil eliminação por métodos tradicionais, como pesticidas, medicamentos, hormônios e corantes industriais (Ardila et al., 2019; Katsumata et al., 2022). Já a bioassorção, conhecida como um processo

que utiliza materiais biológicos como sorventes, tais como, bactérias, algas, fungos, leveduras ou vegetais tem o objetivo de remover contaminantes, como metais pesados e outros poluentes, de soluções aquosas (Aslam et al., 2025; Sabando-Fraile et al., 2025). Esse processo se destaca como uma solução econômica, sustentável e ecologicamente correta (Maffessoni et al., 2024; Aslam et al., 2025).

Diante da problemática apresentada e visando atender aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 6 (Água Potável e Saneamento) e ODS 12 (Consumo e Produção Responsáveis), que buscam garantir a disponibilidade e a gestão sustentável da água, ao promover tecnologias ambientalmente adequadas para o tratamento de efluentes industriais, reduzindo a contaminação dos recursos hídricos e incentivando práticas mais sustentáveis na gestão efluentes. O presente trabalho estudou a otimização do processo de tratamento de efluentes para a remoção de fenol em efluentes provenientes da limpeza de tanques em uma transportadora de produtos químicos. Para isso, foram avaliados processos como a fotólise, bioassorção e o aprimoramento do processo físico-químico, com o objetivo de atender aos limites de emissão estabelecidos pelos órgãos ambientais e, consequentemente, minimizar os impactos ambientais associados à descarga desses efluentes.

## 2. METODOLOGIA

O estudo foi realizado utilizando um efluente (bruto e tratado) e uma solução contendo fenol preparada em laboratório, onde foram realizados testes de tratamento físico-químico, fotólise e bioassorção.

### 2.1. EFLUENTE DE ESTUDO

O efluente utilizado neste estudo provém de uma transportadora de produtos químicos a granel localizada em Paulínia (SP). Esse efluente é gerado durante o processo de descontaminação dos tanques, que passa por tratamento físico-químico convencio-

nal utilizando sulfato de alumínio. O efluente bruto tem concentração de 45 mg/L de fenol e o tratado de 25 mg/L, com pH 7,36 e 5,41; respectivamente. O parâmetro de emissão para fenol, de acordo com a resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 430/2011 é 0,5 mg/L, dessa forma, necessitava-se de uma eficiência de remoção de fenol de 98% e 98,9%, para o efluente tratado e bruto, respectivamente.

## 2.2 PREPARAÇÃO DA SOLUÇÃO

A solução contendo fenol preparada em laboratório com concentração de 25 mg/L utilizando água deionizada e fenol cristal (P.A. 99%, Dinâmica Química).

## 2.3 TESTES DE TRATAMENTO FÍSICO-QUÍMICO

Para o tratamento físico-químico foram realizados ensaios de coagulação e floculação. Esses processos foram testados em efluente bruto com os seguintes agentes coagulantes: sulfato de alumínio 1% (doação, sem rótulo), cloreto férrico (doação, sem rótulo), coagulante orgânico de origem vegetal, a base de acácia negra (Water floc orgânico SL - Water química) e coagulante químico (Water floc CP - Water química). Os agentes floculantes testados foram: polímero catiônico 1% (doação, sem rótulo) e polímero aniónico 1% (Aquafil 60 AP - Klintex). Para polimento final, foi adicionado carvão ativado.

Para realização dos testes, em 100 mL do efluente bruto foram adicionados, 1%, 2%, 3% e 4% (em relação ao volume de efluente) de agente coagulante e as soluções foram mexidas vigorosamente por 30s. Em seguida, o agente floculante foi adicionado 1, 2, 3 e 4 mL nos recipientes, e mexeu-se vagarosamente por 2 minutos. Posteriormente, foi observada a formação do floco e ajustes foram sendo realizados (adicionando mais coagulante, polímero ou carvão). Após o lodo ter decantado foram coletadas alíquotas do efluente sobrenadante para análise em espectrofotômetro.

## 2.4 FOTÓLISE

Os ensaios de fotólise foram realizados à temperatura ambiente, em cabine ultravioleta - UVA equipada com 4 lâmpadas com 10 cm de comprimento, comprimento de onda 370 nm, com potência de 9 W cada. Foram colocados dentro de cada cabine beckers de 100 mL da solução de fenol preparada em laboratório e do efluente tratado. As soluções foram expostas a radiação durante 60 minutos e foram coletas alíquotas a cada 15 minutos e analisadas em espectrofotômetro.

## 2.5 BIOSSORÇÃO

Os experimentos de biossorção foram realizados com o musgo da espécie *Sphagnum perichaetiale* Hampe, coletados em trilha do terreno do Centro de Estudos Costeiros, Limnológicos e Marinhos (CECLIMAR), da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) situado no município de Imbé, Rio Grande do Sul, Brasil ( $29^{\circ}58'33.53''S$  e  $50^{\circ}8'14.83''O$ ), apresentando registro junto ao Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional Associado (Sisgen), sob o nº AC45BDA. A biomassa foi seca em estufa por aproximadamente 24 horas a  $70^{\circ}C$  para a obtenção da biomassa seca e foi moída em Moinho MA630 (Marconi), por aproximadamente 40 segundos. A espécie *S. perichaetiale* foi testada na concentração de 0,26 g/L, sendo adicionada na solução preparada e no efluente tratado. As amostras foram mantidas em agitação magnética, a 800 rpm, em temperatura ambiente, por 60 min. Após esse tempo, foram coletas alíquotas e analisadas em espectrofotômetro.

## 2.6 DETERMINAÇÃO ANALÍTICA

Todas as condições experimentais foram testadas em duplicatas e a concentrações de fenol foram determinadas através do método fotométrico direto com 4-aminoantipirina (C<sub>11</sub>H<sub>13</sub>N<sub>3</sub>O) conforme norma da ABNT 10.740/1989, utilizando espectrofotômetro LAMBDA™265 UV/Vis (Perkin-Elmer), em cubeta de quartzo de caminho óptico de 10 mm. Com base na

curva de calibração traçada, foram analisadas as concentrações do fenol.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados estão apresentados por processo realizado: tratamento físico-químico, fotólise e bioassorção.

#### 3.1 TESTES DE TRATAMENTO FÍSICO-QUÍMICO

Os resultados das configurações de testes de tratamento físico-químico estão resumidos na Tabela 1. O tratamento utilizando coagulante orgânico de origem em conjunto com polímero catiônico e carvão ativado apresentou o melhor remoção de fenol, sendo capaz de formar sedimentos bem definidos, removendo  $98,92 \pm 0,01\%$  de fenol do efluente bruto. O percentual de lodo gerado foi de 50% do total, e a presença de fenol confere-lhe periculosidade, conforme a ABNT NBR 10004-2:2024, exigindo, portanto, um gerenciamento adequado.

**Tabela 1 | Tratamento físico-químico realizados e resultados**

AGENTE COAGULANTE	AGENTE FLOCULANTE	CARVÃO ATIVADO	SEDIMENTAÇÃO DOS FLOCOS	REDUÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE FENOL (%)
Sulfato de alumínio	Polímero aniônico	Sim	Ausente	—
Cloreto férrico	Polímero aniônico	Sim	Ausente	—
Coagulante orgânico de origem vegetal (Water floc orgânico SL - Water química)	Polímero catiônico	Sim	Presente	$98,92 \pm 0,1$
Coagulante orgânico de origem vegetal (Water floc orgânico SL - Water química)	Polímero aniônico	Sim	Ausente	—
Coagulante orgânico de origem vegetal (Water floc orgânico SL - Water química)	Não	Não	Ausente	—
Coagulante químico (Water floc CP - Water química)	Polímero aniônico	Sim	Ausente	—
Coagulante químico (Water floc CP - Water química)	Polímero catiônico	Sim	Ausente	—

Nenhuma das outras combinações de teste apresentou formação de flocos e decantação ideais. Quando utilizado apenas o coagulante vegetal, não houve sedimentação definida, sendo necessária a adição do polímero catiônico e do carvão ativado. O polímero aniônico não foi eficiente na coagulação, enquanto o catiônico mostrou-se fundamental para o bom desempenho do processo físico-químico, devido à sua interação eletrostática com o fenol.

O fenol é um ácido fraco que, em solução aquosa, pode existir principalmente na forma neutra ( $\text{pH} < 10$ ) ou na forma aniônica ( $\text{pH} > 10$ ) (Nadava et al., 2014). No caso do efluente bruto, com pH inicial de 7,36, a adição do coagulante vegetal contribuiu para uma leve redução do pH; entretanto, essa variação não prejudicou a interação eletrostática, que foi favorecida pela presença do polímero catiônico.

O tratamento físico-químico para remoção de fenol pode ser complexo no que tange efluentes, da mesma forma que nesse estudo, Bender, Souza e Vidal (2019) obtiveram resultados satisfatórios, por exemplo, na remoção de cor e fenol de efluente de indústria de celulose e papel utilizando coagulante vegetal, uso de carvão ativado, e ambos, obtendo remoção de 60%, 47%, 93%, respectivamente. Demonstrando um processo eficiente, quando utilizado o coagulante vegetal juntamente com o carvão ativado. O carvão ativado, por sua vez, pode ter auxiliado na formação de flocos mais densos e com melhor capacidade de decantação. Essa combinação (coagulante vegetal mais carvão ativado) não foi testada nesse estudo.

De maneira geral, o uso de coagulantes orgânicos de origem vegetal representam uma alternativa ambientalmente sustentável em comparação aos coagulantes tradicionais à base de sais metálicos, como sulfato de alumínio e cloreto férrico. Esses coagulantes naturais são biodegradáveis, reduzindo o potencial poluidor do lodo gerado e minimizando os impactos ambientais associados ao seu descarte. Além disso, sua produção pode ser realizada a partir de fontes renováveis, contribuindo para a economia circular e diminuindo a dependência de substâncias inorgânicas

potencialmente tóxicas (Oldoni et al., 2022).

### 3.2 FOTÓLISE

A fotólise não apresentou resultados satisfatórios na redução na concentração de fenol após 60 min de tratamento, tanto para o efluente quanto para a solução sintética preparada em laboratório. Os resultados indicam que as condições operacionais, especialmente o tempo de exposição e a intensidade da radiação, não foram ideais. Recomenda-se a realização de novos testes com maior tempo de irradiação e lâmpadas de maior potência, a fim de avaliar com mais precisão a eficiência do processo fotolítico.

A utilização de radiação UV pode ser uma excelente alternativa para potencializar a remoção de fenol quando combinada a diferentes processos oxidativos avançados, como o sistema UV/catalisador ou UV/ $H_2O_2$ , que promovem maior geração de radicais livres para a degradação do contaminantes (Xu et al., 2024; Bar-Niv et al., 2023).

### 3.3 BIOSSORÇÃO

O ensaio de bioassorção com o uso da biomassa de *S. perichaetiale* foi realizada para o efluente tratado e para a solução preparada. No entanto, para ambos os processos a redução da concentração de fenol foi baixa, sendo 3,44% e  $2,69 \pm 0,0269\%$ , respectivamente (Tabela 2).

**Tabela 2 | Percentual de redução da concentração de fenol durante 60 minutos para a solução preparada e para o efluente tratado**

TEMPO (MIN)	SOLUÇÃO PREPARADA	EFLUENTE TRATADO
0	0	0
60	$2,68 \pm 0,3$	$3,44 \pm 0,0$

Ao contrário do observado neste trabalho, *S. perichaetiale* tem se mostrado bastante eficiente para remoção de poluentes aquáticos (Maffessoni et al., 2024). Silveira (2021), testou o hormônio sintético 17a-etinilestradiol em solução aquosa e obteve remoção de  $63 \pm 6,3\%$  para biomassa úmida e  $65 \pm 6,5\%$  para biomassa seca. Tholozan et al. (2023) removeu aproximadamente 90% do corante cristal violeta e Tesser et al. (2021) removeu 100% de ferro.

Dessa forma, a baixa eficiência do processo de biossorção observada pode estar relacionada com dois fatores principais: rotação empregada no experimento e interações eletrostáticas. A velocidade de agitação de 800 rpm pode não ter favorecido o processo de adsorção do contaminante na superfície do adsorvente. Silveira (2021) e Tesser et al. (2021) trabalharam com rotações em torno de 100 rpm e obtiveram melhores resultados de biossorção. Além disso, as interações eletrostáticas podem ter influenciado negativamente o processo. Schirmer et al. (2024) observaram que o ponto de carga zero (PCZ) do *S. perichaetiale* é 2,99, ou seja, no pH 5,41 utilizado nesses experimentos, o musgo apresentava carga superficial negativa. Essa condição pode estar causando repulsão com as espécies aniônicas e neutras de fenol nessa faixa (Nadava et al., 2014), reduzindo a afinidade entre o contaminante e o biossorvente.

Ribas e Silva (2022) afirmam que biossorventes são alternativas promissoras na remoção de poluentes orgânicos em soluções aquosas, sendo possível remover 66,37% de nonilfenol utilizando microalgas *Phaeocystis globosa*, 28,9 mg/g de fenol adsorvidos, usando a bucha vegetal *Luffa cylindrica* como adsorvente e 47,44% de herbicida de uma amostra aquosa utilizando casca de frutas de acácia branca, *Moringa oleifera* como biossorvente. Para os autores, os biossorventes são uma excelente alternativa para remover os contaminantes presentes na água, pois oferecem alta eficiência, baixo custo operacional e a possibilidade de reutilização de material, porém, diversos são os fatores que podem comprometer a eficiência dos compostos como: pH, concentração inicial do poluen-

te, quantidade inicial de biosorvente, temperatura, tempo de contato, velocidade de agitação e superfície disponível da biomassa. Dessa forma, sugere-se a realização de novos ensaios de biosorção com ajustes nas condições operacionais.

#### 4. CONCLUSÕES

A remoção de fenol em efluentes provenientes da limpeza de tanques de uma transportadora de produtos químicos pode ser aprimorada por meio da otimização do tratamento físico-químico. A utilização do coagulante orgânico de origem vegetal, em combinação com polímero catiônico e carvão ativado, demonstrou elevada eficiência na remoção do poluente, atingindo valores superiores a 98%, tornando-se uma alternativa viável para adequação aos parâmetros de emissão estabelecidos pela legislação ambiental. Os processos de fotólise e biosorção, apesar de promissores, apresentaram baixa eficiência nas condições testadas, sugerindo a necessidade de estudos adicionais para otimização dos parâmetros operacionais. Dessa forma, recomenda-se a continuidade das pesquisas voltadas à aplicação de tecnologias sustentáveis e integradas para o tratamento de efluentes contendo fenol, visando minimizar os impactos ambientais e garantir a conformidade regulatória.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIRES, F. I S. et al. Tecnologias avançadas e perspectivas em tratamento de águas residuais com fenol: revelando oportunidades e tendências. *Discovery Water*, v. 4, p. 20, 2024. <https://doi.org/10.1007/s43832-024-00076-y>
- ARDILA, L. K. et al. Which route to take for diclofenac removal from water: Hydroxylation or direct photolysis? *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, v. 382, p. 111879, 2019.
- ASLAM, A. et al. Microbial biosorption: a sustainable approach for metal removal and environmental remediation. *International Journal of Environmental Science and Technology*, v. 22, p. 13245–13276, 2025. <https://doi.org/10.1007/s13762-025-06611-1>
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS: NBR 10740. Água – determinação de fenol total. 1989. Disponível em: <https://www.normas.com.br>
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 10004-2:2024 – Resíduos sólidos – Classificação – Parte 2: Sistema Geral de Classificação de Resíduos (SGCR). Rio de Janeiro: ABNT, 2024.
- BENDER, A. F.; SOUZA, J. B. de; VIDAL, C. M. de S. Tecnologias avançadas de tratamento visando à remoção de cor e fenol de efluente de indústria de celulose e papel. *Ciência Florestal*, v. 29, n. 2, p. 571–582, 2019.

BAR-NIV, N. et al. Advanced oxidation process UV-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> combined with biological treatment for the removal and detoxification of phenol. *Journal of Water Process Engineering*, 48, 102923, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2022.102923>

BIBI, A.; BIBI, S.; ABU-DIEYEH, M.; AL-GHOUTI, M. A. Towards sustainable physiochemical and biological techniques for the remediation of phenol from wastewater: A review on current applications and removal mechanisms. *Journal of Cleaner Production*, v. 417, p. 1-15, 2023.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução nº 430 de 2011 (Federal). Disponível em: <<https://conama.mma.gov.br/>>

FIROOZI, M. et al. Evaluation of phenol degradation rate using advanced oxidation/reduction process (AO/RP) in the presence of sulfite and zinc oxide under UV. *Optik - International Journal for Light and Electron Optics*, 279, 170787, 2023 <https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2023.170787>.

KATSUMATA, C. P. et al. Low Pressure UV Photolysis of the Pharmaceutical Compounds Acetaminophen, Atenolol, Bezafibrate, Diclofenac and Ibuprofen. *Water*, 14, 3165, 2022. <https://doi.org/10.3390/w14193165>

LUCAS, M. S. et al. Industrial Wastewater Treatment by Coagulation–Flocculation and Advanced Oxidation Processes: A Review. *Water*, 17, 1934, 2025, <https://doi.org/10.3390/w17131934>

MAFFESSONI, D. et al. Uso de briófitas como uma tecnologia promissora e sustentável na despoluição de águas. In: TRAMONTINA, Ana Carolina et al. (org.). *Cidades e Sustentabilidade: ações e reflexões para a implementação da Agenda 2030* / - 4. Ed, Porto Alegre: UERGS, 2024.

NADAVALA, S. K.; CHE MAN, H., WOO, H.-S. Biosorption of phenolic compounds from aqueous solutions using pine (*Pinus densiflora* Sieb) bark powder, *BioResources*. 9(3), 5155-5174, 2014.

OLDONI, T. B.; STEFFENS, C.; DALLAGO, M. R.; STEFFENS, J. (2022). Tanino como alternativa ao uso de coagulantes químicos no tratamento de efluente de laticínio. *Revista Brasileira de Meio Ambiente*, v.10, n.3, p.100-116.

RIBAS, F. B. T.; SILVA, W. L. da. Biosorção: uma revisão sobre métodos alternativos promissores no tratamento de águas residuais. *Matéria (Rio de Janeiro)*, v. 27, n. 2, 2022.

SABANDO-FRAILE, C. et al. Optimized Zn(II) Biosorption using Lignocellulosic Biomass from *Vitis Vinifera*: Kinetics, Isotherms, and Life Cycle Assessment Overview. *Water Air Soil Pollut*, p. 236:865, 2025. <https://doi.org/10.1007/s11270-025-08510-0>

SCHIRMER, Juliana Stein; DELFINO, Iasmim Bergo; BORDIN, Juçara; MAFFESSONI, Daiana. Biosorção de poluentes aquáticos: determinação do ponto de carga zero do musgo *Sphagnum perichaetiale Hampe*. In: Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental, 12, 2024, Posto Alegre. Anais. Porto Alegre: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES, 2024.

SILVEIRA, T. F. Biomassa de musgo *Sphagnum perichaetiale Hampe* aplicada à remoção do hormônio sintético 17<sup>º</sup>-etinilestradiol. Trabalho de Conclusão de Curso – Ciências Biológicas, 2021.

TESSER, T. T.; BORDIN, J. DA ROCHA, C. M. DA SILVA, A. Application of the dry and wet biomass of bryophytes for phytoremediation of metals: Batch experiments. *Environmental Challenges*. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100382>

THOLOZAN, L. V.; VALÉRIO FILHO, A.; MARON, G.; CARRENO, N. L. V.; DA ROCHA, C. M.; BORDIN, J.; DA ROSA, G. S. *Sphagnum perichaetiale Hampe* biomass as a novel, green, and low-cost biosorbent in the adsorption of toxic crystal violet dye. *Environmental Science and Pollution Research*. 2023. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-26068-4>.

XU, H. et al. Degradation of aqueous phenol by combined ultraviolet and electrochemical oxidation treatment. *Journal of Cleaner Production*, v. 436, p. 140672, 2024.

# O POTENCIAL DO BIOSSÓLIDO PARA A RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS PELA MINERAÇÃO

LUCAS AUGUSTO PEDROSO COELHO

ENGENHEIRO AMBIENTAL • LUCAS.PEDROSO@ALUNO.UFOP.EDU.BR

DIEGO HENRIQUES AGUIAR DE MELO • LUCAS.DA ALMEIDA CHAMHUM SILVA

**RESUMO:** A mineração, embora fundamental, causa impactos ambientais significativos, como a degradação de grandes áreas, cuja recuperação é essencial para mitigar tais impactos e promover a sustentabilidade ambiental, alinhando-se aos ODS 12, Consumo e Produção Sustentáveis e 15, Vida Terrestre. Nesse contexto, o uso de biossólidos combinados ao rejeito de mineração de ferro surge como uma estratégia promissora para a formação de tecnossolos, enriquecendo solos degradados, viabilizando a revegetação. Este estudo investigou o potencial do biossólido para enriquecer solos degradados e auxiliar na recuperação de áreas degradadas pela mineração. O lodo de esgoto passou por estabilização alcalina com a adição de 27,95 kg de cal (25% da massa de sólidos totais), e após 10 dias, foram coletados aproximadamente 25 kg do biossólido produzido, sendo analisado quanto à presença de substâncias químicas, nutrientes e *Escherichia coli*. O rejeito de mineração, cedido pelo

Grupo de Pesquisas Reciclos CNPq, também foi caracterizado quanto aos seus teores nutricionais. Os resultados indicaram que o biossólido, além das reduções nas concentrações de metais pesados, apresentou parâmetro microbiológico dentro do limite legal ( $<10^3$  NMP/gST). Seu alto valor nutricional, com destaque para fósforo (3.203 mg/kg), potássio (375,29 mg/kg) e ferro (7.801,72 mg/kg), pode suprir as deficiências do rejeito, que contém baixos teores de fósforo (7,7 mg/dm<sup>3</sup>) e potássio (11,0 mg/dm<sup>3</sup>). Assim, a aplicação do biossólido ao rejeito de mineração tende a promover melhorias nutricionais para solos de ambientes degradados pela mineração, contribuindo para a restauração ambiental, alinhando-se ao ODS 15, viabilizando a restauração de ecossistemas impactados pela mineração.

**PALAVRAS-CHAVE:** Mineração. Biossólido. Tecnossolo. Recuperação de áreas degradadas.

## 1 INTRODUÇÃO

A atividade de extração mineral é essencial para a melhoria da qualidade de vida e o desenvolvimento socioeconômico. No entanto, a mineração causa impactos negativos ao meio ambiente, principalmente as minas a céu aberto, comuns no Brasil, onde ocorrem alterações físicas significativas na paisagem devido à abertura de cavas e disposição de rejeito (Curi, 2017; IBRAM, 2016). A intensidade desses impactos varia com o tipo de minério e seus processos de beneficiamento, exigindo técnicas cada vez mais avançadas de

minimização desses impactos, visto que áreas mais degradadas têm menor capacidade de autorregeneração (Curi, 2017).

O rejeito de mineração, dentre as suas diferentes possibilidades de destinação, pode ser utilizado para preencher áreas já mineradas (Yunhong et al., 2016), podendo alcançar um certo crescimento de plantas tolerantes nesses locais, porém, em outros, não ocorre a revegetação de forma natural, necessitando, portanto, de ações externas, como a adição de fontes que melhorem as características físicas, químicas e biológicas do solo, criando condições favoráveis para a revegetação.

A associação de resíduos orgânicos e resíduos inorgânicos como o rejeito de mineração de ferro, dá origem aos chamados tecnossolos, onde, por meio da junção desses resíduos, proporcionam o crescimento da vegetação e de microrganismos do solo, além de aumentar o seu conteúdo nutricional, sua estrutura e sua capacidade de retenção de água (Ouédraogo et al., 2024; Soria et al., 2024).

Ruiz et al. (2023) destacaram que os tecnossolos são uma solução promissora para uma mineração ambientalmente amigável. Os autores mostram que esses solos podem compensar cerca de 60% das emissões de CO<sub>2</sub> relacionadas às mudanças no uso da terra para atividades minerárias no Brasil, indo de encontro aos ODS 12, 13 e 15, consumo e produção responsáveis, ação contra a mudança global do clima e vida terrestre, respectivamente. Carabassa et al. (2020) também discorrem sobre o potencial de sequestro de carbono dos tecnossolos. O substrato foi produzido a partir de uma mistura de fragmentos de solos rochosos de diversas pedreiras de calcário adubados com biossólido. Após 10 anos, o tecnossolo demonstrou um aumento três vezes maior da concentração de carbono orgânico no solo quando comparado ao substrato sem adubação. Os autores ainda enfatizam que os tecnossolos geram serviços ecossistêmicos do solo, como habitats biológicos, além do sequestro de carbono.

Considerando esses fatores, o lodo de esgoto sanitá-

rio, subproduto do tratamento de esgoto, surge como uma alternativa sustentável para melhorar a qualidade de solos degradados, devido à sua riqueza em matéria orgânica (Kriguel, 2015). No entanto, o lodo contém patógenos, metais pesados e elementos orgânicos que representam perigo à saúde pública. Segundo a Resolução nº 498/2020, do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA, 2020), é necessária uma etapa de higienização prévia à sua utilização. Após a higienização e atendidos os padrões legais definidos na Resolução, o lodo beneficiado se torna um material apto para uso em solos, denominado biossólido (Andreoli; Von Sperling; Fernandes, 2014), com potencial para a formação de tecnossolos.

O processo de estabilização alcalina ou caleação, é uma das formas de higienização do lodo de esgoto. Esse processo consiste na adição de uma certa quantidade de cal, geralmente entre 30% a 50% da massa seca de lodo, ao lodo, de modo a aumentar o seu pH para 12, resultando em significativa redução da população de microrganismos patogênicos (Andreoli; Von Sperling; Fernandes, 2014).

Jamal, Norieh e Farzadkia (2011) avaliaram a eficácia de diferentes doses de cal no lodo de esgoto para a sua estabilização. O pH aumentou de 7,0 para 12,5, e uma dose de 0,4 g de cal hidratada/g de sólidos totais foi suficiente para inativar coliformes fecais (<103 NM-P/g sólidos totais), produzindo um biossólido classificado como Classe B, conforme a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos, adequado como condicionador de solos.

Pasoń e Stańczyk-Mazanek (2023) investigaram o efeito da estabilização alcalina na redução de bactérias resistentes a antibióticos, especialmente as da família Enterobacteriaceae, avaliando a eficácia do processo em eliminar bactérias patogênicas e reduzir a sua resistência a antibióticos. Utilizando três doses diferentes de cal hidratada (0,1, 0,2 e 0,4 kg de cal por kg de matéria seca de lodo), ao longo de três meses foi monitorada a redução bacteriana. Os resultados obtidos mostraram que as doses de 0,2 e 0,4 kg de cal foram eficazes para reduzir a contagem de

bactérias em 6 a 8 ordens de magnitude, atingindo níveis aceitáveis de higienização. Além disso, a calagem pôde elevar o pH do lodo para valores entre 11 e 12, valores nos quais a grande maioria das bactérias são eliminadas.

Silva et al. (2023) determinaram a eficiência do processo de estabilização alcalina na concentração de metais pesados no lodo de esgoto sanitário antes e após o processo. Após testadas diferentes proporções de cal hidratada, os autores encontraram uma proporção ideal de cal para que o lodo fosse estabilizado e higienizado, sendo de 30%, pois foi a proporção onde se obteve o aumento do pH para 12 por no mínimo 2 horas e maior que 11,5 pelas próximas 22 horas. Deste modo, os resultados obtidos demonstraram uma redução significativa das quantidades de metais pesados no lodo, como: bário (209,0 mg/kg para 162,0 mg/kg), arsênio (2,5 mg/kg para <1,0 mg/kg), selênio (2,1 mg/kg para 1,6 mg/kg), chumbo (30,0 mg/kg para 24,6 mg/kg), cobre (214,0 mg/kg para 168,0 mg/kg), cromo (1000,0 mg/kg para 64,6 mg/kg), molibdênio (50,0 mg/kg para 1,6 mg/kg), níquel (420,0 mg/kg para 12,1 mg/kg) e zinco (2800,0 mg/kg para 990,0 mg/kg).

O presente trabalho tem por objetivo investigar o potencial da utilização de biossólido de lodo de esgoto sanitário no rejeito de mineração de ferro, destacando a sua capacidade de enriquecer com nutrientes o tecnossolo produzido, podendo, futuramente, auxiliar nos processos de revegetação e recuperação de áreas degradadas pela mineração, indo de encontro aos Indicadores Brasileiros para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030.

## 2 METODOLOGIA

### 2.1 ESTABILIZAÇÃO ALCALINA DO LODO DE ESGOTO SANITÁRIO

O lodo de esgoto utilizado no presente trabalho é oriundo da ETE Onça, localizada na cidade de Belo Horizonte, Minas Gerais. O lodo desidratado (após

processo de centrifugação) foi encaminhado em caçamba do tipo brooks, com volume aproximado de 3 m<sup>3</sup> ao Centro de Treinamento e Pesquisa em Saneamento (CePTS), localizado na ETE Arrudas, também na cidade de Belo Horizonte. De posse do material, foram coletadas amostras de diversos pontos da pilha de lodo, para caracterização quanto aos parâmetros de sólidos totais (ST) e voláteis, teor de carbono e nitrogênio total, fundamentais para o dimensionamento do tratamento proposto, a estabilização alcalina, através do uso de cal hidratada. A massa inicial de lodo úmido processado foi de 430 kg. O resultado obtido para ST foi de 26%, ou seja, 111,8 kg de ST. De posse desses resultados, foi pesada a quantidade correspondente aos 111,8 kg de ST, aproximadamente. A massa de cal incorporada ao tratamento foi de 27,95 kg, totalizando 25% da massa de ST do lodo, conforme descrito por Andreoli et al. (2021). A mistura entre o lodo e a cal ocorreu em uma betoneira de volume igual a 400 litros (Figura 1) e, após cada revolvimento, a mistura é descarregada ao solo e essa operação se repetia até a totalidade da mistura ser processada. Em seguida, o material foi armazenado, de modo a formar uma pilha de aproximadamente 0,3 m de altura e 1,2 m<sup>3</sup> de área, conforme a Figura 2.

**Figura 1 | Mistura entre lodo e cal na betoneira**



**Figura 2 | Pilha de lodo misturado com cal**



Os parâmetros operacionais monitorados durante o processo, assim como os valores de referência para o seu encerramento, foram: sólidos totais (>50%), relação sólidos voláteis/sólidos totais (<65%) e pH (>12 por um período mínimo de duas horas) conforme a Resolução CONAMA nº 498/2020 (CONAMA, 2020), para obtenção de bioassolido Classe B.

Por fim, passados 10 dias após o início do processo, foram coletados aproximadamente 25 kg do bioassolido, onde uma amostra desse montante foi enviada ao laboratório para análises quanto a presença de substâncias químicas (arsênio, bário, cádmio, chumbo, cobre, cromo, mercúrio, molibdênio, níquel, selênio e zinco), macro e micronutrientes (cálculo, fósforo, magnésio, potássio, nitrogênio, ferro e manganês) e parâmetro microbiológico (*Escherichia coli*). O mesmo foi feito para o lodo de esgoto sanitário.

## 2.2 COLETA E CARACTERIZAÇÃO DO REJEITO DE MINERAÇÃO DE FERRO

O rejeito de mineração de ferro, foi fornecido pelo Laboratório Reciclos – Grupo de Pesquisas em Resíduos Sólidos CNPq, localizado na Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), campus Morro do Cruzeiro, Ouro

Preto, Minas Gerais. Com relação à sua caracterização, foram analisadas, em laboratório, as suas características químicas como pH, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, alumínio, acidez potencial, fósforo remanescente, soma das bases trocáveis (Ca, Mg, K e Na), capacidade de troca catiônica efetiva, capacidade de troca catiônica total, percentagem por saturação de bases, percentagem de saturação por alumínio, ferro, zinco, manganês, cobre, sódio, nitrogênio e matéria orgânica.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 ESTABILIZAÇÃO ALCALINA DO LODO DE ESGOTO SANITÁRIO

Os resultados obtidos após o processo de estabilização alcalina do lodo de esgoto sanitário estão descritos na tabela abaixo.

**Tabela 1 | Caracterização química do lodo de esgoto e do biossólido**

PARÂMETROS	(CONAMA nº 498/20)		LODO DE ESGOTO	BIOSSÓLIDO
	CLASSE 1	CLASSE 2		
Arsênio (mg/kg)	41	75	2,81	1,95
Bário (mg/kg)	1300	1300	169,89	109,79
Cádmio (mg/kg)	39	85	<0,03	<0,03
Chumbo (mg/kg)	300	840	19,83	12,77
Cobre (mg/kg)	1500	4300	85,33	55,48
Cromo (mg/kg)	1000	3000	34,83	22,82
Mercúrio (mg/kg)	17	57	0,09	<0,0038
Molibdênio (mg/kg)	50	75	4,45	3,12
Níquel (mg/kg)	420	420	12,29	8,68
Selênio (mg/kg)	36	100	<0,04	<0,04
Zinco (mg/kg)	2800	7500	628,29	389,14

De acordo com os resultados obtidos após a caracterização do lodo de esgoto e do biossólido produzido a partir do processo de estabilização alcalina, segundo a Resolução CONAMA nº 498/2020 (CONAMA, 2020), ambos se enquadram como Classe 1, visto que

as concentrações de substâncias químicas presentes, não excedem os valores estabelecidos na referida Resolução. Com relação ao parâmetro microbiológico monitorado, o lodo de esgoto sanitário apresentava  $1,36 \times 10^6$  NMP/gST de *E. coli*. Após o processo de estabilização alcalina, o biossólido passou a apresentar 600 NMP/gST de *E. coli*, equivalente a uma redução de aproximadamente 99,95%. Sendo assim, o biossólido passa a ser classificado também como Classe A, pois a quantidade de *E. coli* encontrada é inferior ao limite máximo de  $10^3$  NMP/gST estabelecido na referida Resolução (CONAMA, 2020). A adição de cal ao lodo de esgoto promove um papel importante no que diz respeito à inativação de organismos patogênicos, à medida em que ocorre o aumento do pH, não permitindo a adaptação dos microrganismos, afetando o seu crescimento e, por consequência, aumentando a sua letalidade (Silva et al., 2023).

Com relação aos metais pesados presentes no lodo, foi possível identificar que, apesar de já se encontrarem em baixas concentrações, todos eles sofreram redução após o processo de estabilização alcalina. O aumento do pH do lodo, ocasionado pela adição de cal, provoca uma reação com os metais pesados, formando precipitação com o íon carbonato, além de que alguns metais pesados como o cobre, zinco, cádmio e níquel podem ser reduzidos através de adsorção (Silva et al., 2023). Sendo assim, o biossólido produzido não excedeu os limites máximos de contaminantes permitidos na legislação brasileira indicando que a sua utilização em solos está livre de altas concentrações dessas substâncias, permitindo o seu uso na recuperação de áreas degradadas sem causar danos ao meio ambiente e à saúde pública.

### 3.2 CARACTERIZAÇÃO DO REJEITO DE MINERAÇÃO DE FERRO E COMPARAÇÃO COM O BIOSSÓLIDO

As análises químicas de fertilidade realizadas no rejeito de mineração de ferro estão descritas na tabela a seguir.

**Tabela 2 | Caracterização do rejeito de mineração de ferro**

PARÂMETROS	UNIDADE	REJEITO DE MINERAÇÃO	CLASSIFICAÇÃO Ribeiro; Guimarães; Alvarez, (1999)
pH	UpH	8,72	Muito alto/ Alcalinidade elevada
Matéria Orgânica	dag/kg	0,04	Muito baixo
Fósforo (P)	mg/dm <sup>3</sup>	7,7	Muito baixo
Potássio (K)	mg/dm <sup>3</sup>	11,0	Muito baixo
Cálcio Trocável (Ca <sup>2+</sup> )	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	0,62	Baixo
Magnésio Trocável (Mg <sup>2+</sup> )	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	0	Muito baixo
Acidez Trocável (Al <sup>3+</sup> )	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	0	Muito baixo
Acidez Potencial (H+Al)	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	0	Muito baixo
Soma de Bases (SB)	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	0,75	Baixo
Capacidade de troca catiônica efetiva (t)	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	0,75	Muito baixo
Capacidade de troca catiônica total (T)	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	0,75	Muito baixo
Saturação por bases (V)	%	100	Muito bom
Saturação por Al <sup>3+</sup> (m)	%	0	Muito baixo
Fósforo Remanescente (P-rem)	mg/l	54,7	—
Nitrogênio (N)	dag/kg	0,004	—
Cobre (Cu)	mg/dm <sup>3</sup>	0,13	Muito baixo
Manganês (Mn)	mg/dm <sup>3</sup>	8,0	Médio
Ferro (Fe)	mg/dm <sup>3</sup>	31,8	Bom
Zinco (Zn)	mg/dm <sup>3</sup>	0,06	Muito baixo

Tomando por base as “Recomendações para o Uso de Corretivos e Fertilizantes em Minas Gerais – 5<sup>a</sup> Aproximação (Ribeiro; Guimarães; Alvarez, 1999), os resultados mostram que o pH do rejeito de mineração se apresentou como muito alto (>7,0) e de alcalinidade elevada (>7,8). O teor de matéria orgânica é considerado como muito baixo (<0,70 dag/kg), além de possuir carência de potássio (<15 mg/dm<sup>3</sup>). As cargas disponíveis no complexo de troca são ocupadas por cátions básicos, visto que a saturação por bases foi de 100%.

O rejeito de mineração de ferro possui características limitantes para o processo de revegetação, principal-

mente, para plantas pioneiras, como é o caso da *Baccharis dracunculifolia*. Como exemplo, cabe destacar a baixa disponibilidade de nutrientes no rejeito, podendo comprometer o metabolismo e o desenvolvimento das plantas. Como é o caso do fósforo (<10,0), magnésio trocável (<0,15 cmolc/dm<sup>3</sup>), cobre (<0,3 mg/dm<sup>3</sup>) e zinco (<0,4 mg/dm<sup>3</sup>), considerados como muito baixo e o cálcio trocável (entre 0,41 e 1,20 cmolc/dm<sup>3</sup>) considerado como baixo. Existem duas exceções, como é o caso do manganês (entre 6 e 8 mg/dm<sup>3</sup>) sendo classificado como médio e o ferro (entre 31 e 45 mg/dm<sup>3</sup>) sendo classificado como bom. Essas duas exceções podem estar relacionadas à origem do rejeito, pois por se tratar de um rejeito proveniente de atividade minerária de extração de minério de ferro, espera-se que em sua composição fossem encontradas maiores concentrações desses dois elementos.

Em contrapartida, o bioSSólido, devido às suas elevadas concentrações de nutrientes (Tabela 3), surge como um promissor resíduo orgânico que, quando incorporado ao rejeito de mineração de ferro para que seja formado um tecnossolo, poderá fornecer às plantas uma grande quantidade de nutrientes necessários ao seu desenvolvimento, assim como encontrado por Firpo, Weiler e Schneider (2021) (Tabela 4).

**Tabela 3 | Caracterização nutricional do bioSSólido**

PARÂMETROS	UNIDADE	BIOSSÓLIDO
pH	UpH	7,99
Matéria Orgânica	%	28,05
Fósforo (P)	mg/kg	3.203
Potássio (K)	mg/kg	375,29
Cálcio (Ca)	mg/kg	8.256,6
Nitrogênio (N)	mg/kg	6.433,8
Magnésio (Mg)	mg/kg	1.092
Cobre (Cu)	mg/kg	55,48
Manganês (Mn)	mg/kg	64,8
Ferro (Fe)	mg/kg	7.801,72
Zinco (Zn)	mg/kg	389,14

Além da qualidade nutricional presente no biossólido, o seu conteúdo de matéria orgânica, considerado como alto (<7%) segundo Ribeiro, Guimarães e Alvarez (1999), exerce um papel fundamental na manutenção da fertilidade do solo, impactando diretamente no desenvolvimento e posterior rendimento das plantas.

**Tabela 4 | Caracterização nutricional do tecnossolo**

PARÂMETROS	UNIDADE	TECNOSSOLO	CLASSIFICAÇÃO Ribeiro; Guimarães; Alvarez, (1999)
pH	UpH	7,4	Muito alto/ Alcalinidade fraca
Matéria Orgânica	%	4,0	Médio
Fósforo (P)	mg/dm <sup>3</sup>	72,0	Muito Bom
Potássio (K)	mg/dm <sup>3</sup>	127,0	Muito Bom
Cálcio Trocável (Ca <sup>2+</sup> )	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	33,0	Muito Bom
Magnésio Trocável (Mg <sup>2+</sup> )	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	2,0	Muito Bom
Cobre (Cu)	mg/dm <sup>3</sup>	5,0	Alto
Manganês (Mn)	mg/dm <sup>3</sup>	40,0	Alto
Zinco (Zn)	mg/dm <sup>3</sup>	36,0	Alto

Fonte: adaptado de Firpo, Weiler e Schneider (2021)

É possível observar através da Tabela 4, que o pH do solo, apesar de muito alto, é considerado como de alcalinidade fraca, estando mais próximo da neutralidade, o que contribui para uma concentração equilibrada de nutrientes, que, de acordo com a classificação de Ribeiro, Guimarães e Alvarez (1999), estão disponíveis em grandes quantidades às plantas, demonstrando que o tecnossolo produzido é satisfatório para o crescimento de plantas em termos nutricionais.

Além do aumento do conteúdo nutricional do solo, a incorporação do biossólido ao rejeito de mineração possui diversos benefícios em termos de matéria orgânica, como o bom crescimento de plantas, além de melhorar a sua estrutura, aumentar a sua capacidade de retenção de água e melhorar a atividade microbiana do solo (Firpo; Weiler; Schneider, 2021; Soria et al., 2024).

## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo investigou o potencial do biossólido no auxílio a recuperação de áreas degradadas pela mineração. As análises do lodo de esgoto e do biossólido produzido demonstraram que o processo de estabilização alcalina se mostrou eficaz na redução de patógenos, especialmente a *Escherichia coli*, classificando o biossólido como Classe A segundo a legislação, e também na redução de metais pesados, tornando-o seguro para uso em solos. Em contrapartida, o rejeito de mineração apresentou características limitantes para o desenvolvimento vegetal, como a baixa fertilidade.

Deste modo, o biossólido destacou-se como uma alternativa promissora para ser incorporado ao rejeito. Sua alta concentração de nutrientes e matéria orgânica, superiores às do rejeito, são fundamentais para o crescimento das plantas. Quando incorporado ao rejeito, o biossólido possui um elevado potencial de melhorar a sua estrutura, a capacidade de retenção de água e a atividade microbiana, fato que pode ser elucidado em trabalhos futuros.

A sua incorporação ao rejeito, formando então um tecnossolo, de melhor estrutura, capacidade de retenção de água, maior atividade microbiana e alto teor de nutrientes, fornece os requisitos necessários ao desenvolvimento de plantas em ambientes degradados. Estudos anteriores corroboram esses benefícios, demonstrando o sucesso da aplicação de biossólidos na recuperação de solos degradados.

A utilização do biossólido em solos degradados, o torna uma solução sustentável para o manejo de resíduos e a restauração ecológica de áreas impactadas pela mineração. A combinação das suas propriedades benéficas com as carências do rejeito representa uma estratégia eficiente que pode ser posteriormente aplicada em grandes áreas degradadas, indo de encontro aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, em específico a meta 15.3 da Agenda 2030: “até 2030, combater a desertificação, restaurar a terra e o solo degradado, incluindo terrenos afetados pela de-

sertificação, secas e inundações, e lutar para alcançar um mundo neutro em termos de degradação do solo”.

## 5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa Regulatório de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação da Agência Reguladora de Serviços de Abastecimento de Água e de Esgotamento Sanitário do Estado de Minas Gerais – ARSAE-MG e à Companhia de Saneamento de Minas Gerais – COPASA, ao Laboratório APICRIM, ao Grupo de Pesquisas Reciclos CNPq, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Ouro Preto, à Universidade Federal de Ouro Preto, ao CNPq, à CAPES e FAPEMIG, pelo suporte financeiro, estrutural e fornecimento de dados essenciais para esta pesquisa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ING, M.; FERNANDES, F. Lodo de esgotos: tratamento e disposição final. 2<sup>a</sup>. ed. Belo Horizonte: UFMG, v. 6, 2014. p. 444. ISBN 978-85-423-0085-7.
- CARABASSA, V. et al. Mid-term effects on ecosystem services of quarry restoration with Technosols under Mediterranean conditions: 10-year impacts on soil organic carbon and vegetation development. *Restoration Ecology*, v. 28, n. 4, p. 960-970, Julho. 2020. ISSN 1526 100X.
- CONAMA. Resolução n. 498, de 19 de agosto de 2020. Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2020. Disponível [http://conama.mma.gov.br/?option=com\\_sisconama&task=arquivo.download&id=797](http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=797). Acesso em: 11 Dezembro 2023.
- CURI, A. Lavra de Minas. 1<sup>a</sup>. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2017. p. 462.
- FIRPO, B. A.; WEILER, J.; SCHNEIDER, I. A. H. Technosol made from coal waste as a strategy to plant growth and environmental control. *Energy Geoscience*, v. 2, n. 2, p. 160-166, Abril. 2021. ISSN 2666-7592.
- IBRAM. Gestão e Manejo de Rejeitos da Mineração. Brasília, p. 128. 2016.
- JAMAL, A.; NORIEH, N.; FARZADKIA, M. Comparison of Aerobic and Lime Stabilization Methods for Evaluation of Sewage Sludge Reuse. *Journal of Environmental Science and Technology*, v. 4, n. 2, p. 182-190, 2011. ISSN 1994-7887.
- KRIGUEL, K. Determinação da difusividade térmica e da curva de secagem de lodos e escumas sanitários. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, p. 102. 2015.
- OUÉDRAOGO, D. et al. Existing evidence on the potential of soils constructed from mineral wastes to support biodiversity: a systematic map. *Environmental Evidence*, v. 13, n. 9, p. 115, Abril. 2024. ISSN 2047-2382.

PASOŃ, Ł.; STAŃCZYK-MAZANEK, E. Effect of sewage sludge liming on drug-resistant bacteria of the Enterobacteriaceae family. Desalination and Water Treatment, v. 301, p. 135 142, Julho. 2023. ISSN 1944-3986.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. V. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5<sup>a</sup> Aproximação. 1<sup>a</sup>. ed. Viçosa: SBCS, 1999.

RUIZ, F. et al. Constructing soils for climate-smart mining. Commun Earth Environ, v. 4, n. 219, p. 1-6, Junho. 2023. ISSN 2662-4435.

SILVA, L. C. F. D. et al. Urban sewage sludge stabilization by alkalization-composting vermicomposting process: Crop-livestock residue use. PLOS ONE, v. 18, n. 9, p. 1-15, Setembro. 2023. ISSN 1932-6203.

SORIA, R. et al. Monitoring of indicators and bacterial succession in organic-amended technosols for the restoration of semiarid ecosystems. Science of The Total Environment, v. 954, p. 1-15, Setembro. 2024. ISSN 0048-9697.

YUNHONG, C. et al. Test research on the effects of mechanochemically activated iron tailings on the compressive strength of concrete. Construction and Building Materials, v. 118, p. 164 170, Agosto. 2016. ISSN 1879-0526.

# UMA EXPERIÊNCIA DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL NÃO FORMAL PARA CONSCIENTIZAÇÃO DOS JOVENS SOBRE A CONSERVAÇÃO DA ÁGUA EM CACHOEIRINHA/RS

NATANA PERES DA ROSA

GRADUANDA EM ZOOTECNIA · NATANA\_PERES@HOTMAIL.COM

KATIA HELENA LIPP NISSINEN

**RESUMO:** O descarte inadequado de resíduos, a carência de saneamento e os eventos climáticos extremos comprometem a qualidade ambiental da água e, consequentemente, a qualidade de vida. Diante disso, são necessárias medidas de controle, proteção e educação ambiental. Relatórios da Fundação Estadual de Proteção Ambiental indicam que, no Rio Grande do Sul, a Bacia do Rio Gravataí apresenta altos níveis de degradação nas divisas entre os municípios de Cachoeirinha, Canoas e Porto Alegre. O presente trabalho desenvolveu uma atividade educacional não formal voltada à conscientização ecológica e à compreensão da gestão dos recursos hídricos, tendo Cachoeirinha como área de estudo. A partir de levantamento bibliográfico, definiram-se estratégias, conteúdos e público-alvo, sendo esse de estudantes das séries finais do Ensino Fundamental. Elaborou-se um material em formato de apresentação, com linguagem

e recursos visuais adequados à faixa etária, abordando o ciclo da água, o conceito de bacia hidrográfica, os recursos hídricos locais e seus serviços ecossistêmicos. Também foram apresentados aspectos da Política Nacional de Recursos Hídricos, a legislação, os órgãos responsáveis e os comitês de bacia, visando à compreensão das políticas públicas e dos atores da governança. A atividade foi aplicada a uma turma do nono ano de uma escola municipal de Cachoeirinha. O interesse dos alunos pelos cursos d'água próximos e pelos problemas ambientais locais foi notório. Contudo, observou-se, em geral, pouco conhecimento prévio sobre o tema, reforçando a importância de integrar espaços formais e não formais de educação para fortalecer a consciência ambiental e o exercício da cidadania.

**PALAVRAS-CHAVE:** Recursos hídricos, cidadania ecológica, sensibilização ambiental.

## 1. INTRODUÇÃO

Os ecossistemas naturais têm sofrido danos e perdas, em muitos casos irreversíveis, causados principalmente por atividades humanas de desmatamento, poluição, super exploração, contaminação ambiental e outras. Essas atividades causam um considerável aumento da concentração de gases de efeito estufa na atmosfera, resultando no aumento da temperatura e no consequente aquecimento global. A intensificação

do aquecimento global ao longo do tempo acarreta em mudanças climáticas que alteram os padrões de clima e perturbam o equilíbrio natural, representando muitos riscos para os seres humanos e todas as outras formas de vida na Terra (United Nations, 2025).

Maiores incidências de eventos climáticos extremos, afetando áreas urbanas, resultam em impactos negativos para a saúde, habitação, sistemas de saneamento, energia e outros aspectos da vida (United Nations, 2025). Tendo em vista essas fatalidades, as abordagens voltadas à sensibilização e conscientização ambiental são imprescindíveis para a sociedade compreender e assumir, com urgência, medidas advindas de decisões sociopolíticas-ambientais, voltadas à qualidade de vida da humanidade, a sua relação com a natureza e o uso dos recursos naturais (IPCC, 2023).

O município de Cachoeirinha, situado no estado do Rio Grande do Sul (RS), enfrenta diversos desafios ambientais que afetam a qualidade de vida e a sustentabilidade. Dentre os principais problemas destacam-se a poluição hídrica devido ao despejo de resíduos industriais e domésticos nos corpos hídricos, como o rio Gravataí e o Arroio Passinhos (MARTINS, BASSO, 2010; SAKAKIBARA, 2019), comprometendo a saúde dos ecossistemas aquáticos e afetando a disponibilidade de água potável para abastecimento da população (FEPAM, 2023). Além disso, a expansão urbana e a escassez de áreas verdes adequadas contribuem para a perda de biodiversidade e para o aumento das ilhas de calor, agravando os efeitos das mudanças climáticas naturais (IPCC, 2023).

A gestão inadequada de resíduos sólidos é uma preocupação bastante presente. Com o acúmulo de lixo nas ruas, no solo e nos corpos hídricos, gera-se um impacto negativo à saúde pública e ao meio ambiente (TEIXEIRA; LADEIRA, 2020). Em fevereiro de 2023, moradores de Cachoeirinha denunciaram um acúmulo de lixo com aproximadamente 100 metros de extensão ao longo de um trecho no rio Gravataí, no município de Cachoeirinha. O caso foi divulgado pela mídia nacional e ficou conhecido popularmente como “a Ilha de Lixo” (CAMPOS, 2023), suscitando um estudo da

qualidade das águas, o qual demonstrou resultados bastante insatisfatórios às águas da porção do Baixo Gravataí, nas proximidades de zonas urbanas, entre Cachoeirinha e Porto Alegre (DA ROSA, LIPP-NISSI-NEN, 2022). Em especial, foram encontradas concentrações extremamente altas de *Escherichia coli*, enterobactéria indicadora de contaminação por esgoto doméstico não tratado, confirmando a péssima qualidade dessas águas e a sua limitação a usos menos exigentes (FEPAM, 2021 e 2023). Esses problemas estão se tornando frequentes e exigem a implementação urgente de políticas públicas de planejamento urbano sustentáveis e de estratégias sensibilizadoras de educação ambiental para promover uma convivência mais harmoniosa entre a comunidade e o meio ambiente.

A Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler (FEPAM), órgão técnico do Sistema Estadual de Proteção Ambiental, atua na fiscalização, licenciamento, desenvolvimento de estudos e pesquisas e execução de programas e projetos voltados a assegurar a proteção e preservação do meio ambiente do RS. De acordo com o relatório da qualidade da água superficial nas regiões hidrográficas do estado do Rio Grande do Sul (FEPAM, 2023), os resultados de análises realizadas em uma estação localizada no rio Gravataí (na divisa dos municípios Cachoeirinha, Canoas e Porto Alegre) demonstram valores de contaminantes que excedem os limites dos padrões de qualidade previstos na Resolução Nº357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), indicando um risco ambiental significativo e a necessidade de ações para corrigir ou amenizar essa situação.

Dentre as suas várias competências legais, cabe à FEPAM desenvolver atividades educacionais visando à compreensão social dos problemas ambientais (RIO GRANDE DO SUL, 1990). No Brasil, a Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA) descreve a educação ambiental como um componente essencial e permanente da educação nacional, devendo estar presente, de forma articulada, em todos os níveis e modalidades do processo educativo, em caráter for-

mal e não-formal (BRASIL, 1999). Recentemente, novos objetivos foram incorporados à PNEA, relativos à educação sobre as mudanças climáticas e os impactos sobre a biodiversidade (BRASIL, 2024). A educação ambiental não formal possui maior flexibilidade para sua aplicação, permitindo uma ampliação da cultura científica e humanística, e podendo ser realizada em diferentes contextos e atores, como comunidades, organizações não governamentais (ONGs), parques, museus, instituições de pesquisa científica, tecnológica e ambiental e outras. Seu objetivo é a união da teoria à prática, focando possibilitar novas experiências aos alunos, desenvolvendo a compreensão concreta sobre as questões do mundo e contribuindo para a sua construção identitária (GOHN, 2006).

A integração dos espaços educacionais formais e não formais é, consequentemente, indispensável para potencializar uma abordagem mais sensata e comprensiva no processo educativo.

## 1.2 OBJETIVOS

O presente estudo teve como objetivo a criação e aplicação da proposta sensibilizadora de educação ambiental não-formal “Conhecendo para preservar a água e os recursos hídricos em Cachoeirinha/RS”, em formato de apresentação, elaborada e desenvolvida para estudantes das séries finais do Ensino Fundamental, com o propósito de ampliar conhecimentos e conscientização acerca da importância da conservação dos ecossistemas aquáticos, os serviços ambientais prestados por esses ecossistemas na bacia hidrográfica do rio Gravataí, o atual estado dos corpos hídricos da região, as políticas públicas de gestão e as ações voltadas à preservação. Através dessa estratégia, almeja-se promover o interesse e as reflexões dos jovens diante dos desafios ambientais presentes na região, estimulando sua compreensão, atitudes práticas, o desenvolvimento de uma postura mais crítica e o seu empoderamento ao exercício da cidadania.

## 2. METODOLOGIA

A metodologia foi elaborada em quatro etapas. No primeiro momento, foi realizado o levantamento bibliográfico através de artigos e livros publicados que descrevem a área de estudo, os recursos hídricos da região, o histórico da educação ambiental, e propostas de atividades realizadas nessa e em outras regiões do Brasil. Na segunda etapa, identificou-se os problemas e desafios ambientais que o Município enfrenta e, a partir dos dados coletados, identificou-se locais que pudessem ser explorados para realização de atividades voltadas à educação ambiental e que também fossem relevantes para uma abordagem em sala de aula. A terceira etapa se resume às análises e interpretações dos conteúdos estudados, que desencadearam a última etapa, da elaboração da proposta aqui apresentada.

### 2.1 ÁREA DE ESTUDO

O município de Cachoeirinha situa-se na Região Metropolitana de Porto Alegre, possui 43.778km<sup>2</sup> em área territorial e uma população de 136.258 habitantes, conforme o último senso de 2022, sendo a estimativa atualizada em 141.503 habitantes para 2025 (IBGE 2025). Cerca de 82% do território municipal pertence à Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí, enquanto 18% localiza-se na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos (IBGE, 2022).

O nome Cachoeirinha originou-se de uma pequena queda d'água próxima à ponte sobre o rio Gravataí. Como essa impedia a navegação, principalmente na época da estiagem, o Governo Estadual ordenou, em 1928, a dinamitação da rocha que originava a queda d'água, para permitir a dragagem e a abertura do canal no rio. A partir daquela década, foram iniciados os parcelamentos de solo de fazendas da região, originando loteamentos e, em 1966, a Vila de Cachoeirinha foi elevada à categoria de município emancipado de Gravataí (IBGE, 2025).

De todo território, o uso do solo varia de acordo com as

atividades, sendo 2.674 hectares o predomínio de área não vegetada (61,05%), 908 hectares são compostos por formações florestais (sendo 20,73%), 502 hectares de formação natural não florestal (11,46%), 243 hectares de uso agropecuário (5,55%), e 53 hectares são compostos por corpos d'água (1,21%). (MAPBIO-MAS, 2022). Em termos de vegetação, Cachoeirinha é caracterizada principalmente por remanescentes dos biomas Mata Atlântica e Pampa, restando algumas áreas que são interessantes do ponto de vista ambiental (SILVA, 2024).

O Parque Municipal Dr. Tancredo de Almeida Neves é uma unidade de conservação com uma área aproximada de 18,3 hectares, onde se situa uma das nascentes do arroio Passinhos, contribuinte do rio Gravataí. Sendo refúgio para a fauna, o Parque é importante para a preservação natural e, sendo um local aberto para a comunidade, oferece atividades como: trilhas ecológicas, yoga, e oficinas artísticas. O Horto Municipal Florestal Chico Mendes, localizado no bairro Betânia, ao norte do Município, é uma Área de Preservação Ambiental que possui cerca de 1,8 hectares, contendo um viveiro de mudas, com predominância de espécies nativas da região, e servindo de abrigo para a fauna associada a este ambiente. As áreas privadas conhecidas como Mato do Júlio (aproximadamente 256 ha) e Fazenda Guajuvira são definidas como áreas de especial interesse ambiental pelo Plano Diretor do Município, e possuem grande abundância em biodiversidade, nascentes, banhados, cumprindo um papel essencial para diminuição das consequências das mudanças climáticas e compensação ambiental em meio ao desenvolvimento urbano intensificado (TEIXEIRA, 2007). No entanto, ambas as áreas vêm sendo alvo da especulação imobiliária nos últimos anos (BRASIL DE FATO, 2024).

As principais atividades econômicas de Cachoeirinha incluem o comércio, a indústria e a logística, que são impulsionadas pela localização estratégica do Município, na Região Metropolitana de Porto Alegre e junto a importantes rodovias. Embora reduzida, a agricultura urbana ainda tem presença em áreas periféricas, con-

tribuindo com a produção de alimentos para o mercado local (DORNELES, 2013). Além disso, destaca-se que o Município abriga a Estação Experimental do Instituto Riograndense do Arroz (EEA-IRGA) atuando para o melhoramento genético do arroz, manejo de solos e sementes (IRGA, 2025).

## 2.2 RECURSOS HÍDRICOS E DESAFIOS AMBIENTAIS

O estudo dos recursos hídricos superficiais da cidade é essencial para planejar os conteúdos que serão abordados na atividade educacional, além de auxiliar na elaboração de ações de proteção, preservação e uso consciente da água. De acordo com o Plano Ambiental Municipal de 2007, o uso da água em Cachoeirinha, é destinado para abastecimento público, irrigação, mineração, navegação e uso industrial. A Tabela 1 descreve os cursos d'água existentes e a bacia hidrográfica em questão inseridos:

**Tabela 1 | Cursos d'água presentes em Cachoeirinha, RS**

SUB-BACIA	BACIA HIDROGRÁFICA
Arroio Passinhos	Rio Gravataí
Arroio Barnabé	Rio Gravataí
Arroio Brigadeiro	Rio Gravataí
Arroio Sapucaia	Rio dos Sinos

A situação dos cursos d'água dessas bacias é preocupante. Os dados relatados nas pesquisas mais recentes (FEPAM, 2023) indicam o estado crítico de poluição das águas. Os principais fatores que corroboram para a má qualidade ambiental das águas são provenientes da ação antrópica, como o descarte inadequado de resíduos sólidos, o lançamento de esgotos sanitários e de efluentes industriais sem tratamento, a ocupação habitacional irregular nas margens dos arroios e do rio Gravataí, trazendo risco para saúde dos moradores e da biota (SANTOS; VALENTINI; BOELRA; SILVA; LEANDRO; VIEIRA, 2023). A má preservação dos banhados, das matas ciliares, a canalização e a falta de um sistema de informações sobre os recur-

sos hídricos da cidade demonstram a necessidade de novas políticas públicas, maior ênfase na educação ambiental e ações severas de controle e fiscalização para garantir a qualidade das águas, dos seus ecossistemas e, consequentemente, da vida da comunidade (TEIXEIRA, 2007).

O arroio Passinhos forma a única sub-bacia localizada inteiramente em Cachoeirinha, sendo canalizado na maior parte da sua extensão, possuindo diversas nascentes identificadas, uma delas aflorando a partir de uma moradia na área urbana e outra preservada dentro do Parque Municipal Tancredo Neves. Os moradores do entorno do arroio vivenciam, frequentemente, episódios desagradáveis como deslizamentos de margens, forte cheiro de esgoto e extravasão do arroio em períodos de chuva, principalmente no bairro Parque da Matriz (BASSOA, 2024) As figuras 1 e 2 mostram os deslizamentos recorrentes que acontece no Passinhos. Recentemente foram analisadas amostras em pontos distintos do arroio, que indicaram a presença de contaminação por matéria orgânica e lançamento direto de esgoto doméstico não tratado (PETRÓ, 2023). Portanto, é notável a persistência dos mesmos problemas relatados no Plano Ambiental de 2007.

A situação do arroio Sapucaia é semelhante à do Passinhos. A ocupação irregular de suas margens, com moradias muito próximas ao curso d'água, vem aumentando o risco de inundações no bairro Meu Rincão. Além disso, o relevo plano, a baixa declividade e os solos argilosos com lençol freático superficial e baixa drenagem tornam a região altamente suscetível a inundações, intensificando os problemas ambientais e sociais locais (RIBEIRO, 2021).

O arroio Brigadeiro forma a maior sub-bacia do Município, com aproximadamente 20 Km<sup>2</sup> na divisa entre Canoas e Cachoeirinha, contém uma mata ciliar preservada em seu vale de inundação (TEIXEIRA, 2007). O arroio Barnabé situa-se quase integralmente no município de Gravataí, possuindo um pequeno trecho localizado em Cachoeirinha, onde há a presença de nascentes que se encontram canalizadas.

Como grande parte das cidades urbanizadas, Cachoeirinha sofre as consequências da expansão urbana, com problemas frequentes em relação à drenagem, agravados principalmente devido à atual situação dos recursos hídricos, causando frequentemente inundações e alagamentos em diversos pontos. As mudanças na paisagem natural em consequência da ocupação inadequada de áreas e da exploração imobiliária agravam a situação. Sendo essas diretamente ligadas ao desmatamento das áreas verdes remanescentes, às obras que afetam principalmente a transformação e a impermeabilização do solo, e alterações nos cursos d'água, com a redução do escoamento em canais apropriados, afetando o saneamento, o transporte urbano e causando possíveis danos à saúde humana.

Recentemente, diversos acontecimentos na cidade motivaram ainda mais a elaboração desta proposta. Após a denúncia da "ilha de lixo", em fevereiro de 2023, quando os materiais foram retirados do leito do rio e recolhidos por uma escavadeira, foi constatada a existência de uma camada de aproximadamente 40 centímetros de resíduos urbanos, tais como tampas de vasos sanitários, garrafas pets, embalagens de alimentos e marmitas, pneus e outros itens, que poderiam ter sido descartados corretamente e encaminhados à reciclagem. (MOREIRA, 2023). Além da ocorrência de severos eventos climáticos nos últimos anos, Cachoeirinha foi atingida pela maior enchente já registrada no Rio Grande do Sul entre abril e maio de 2024. Durante o evento, o rio Gravataí alcançou a altura de 6,22 metros, enquanto seu nível normal varia entre 2,30 e 2,60 metros. Com a inundação foram atingidas cerca de 24 mil pessoas (SILVA, 2024).

A compreensão dos desafios ambientais atinentes às águas do Município é fundamental para a implementação da educação ambiental. A partir disso, é possível traçar novos caminhos para motivar à conscientização ambiental, buscando incentivar a mudança de hábitos por parte da comunidade, evitar o agravamento ou mitigar problemas decorrentes de ações antrópicas.

**Figuras 1 e 2 | Deslizamentos no arroio Passinhos**



67



Foto: Leonardo da Costa, 2024

**Figura 3 | Ocupação irregular nas margens do arroio Sapucaia**



### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 APLICAÇÃO DA ATIVIDADE EDUCACIONAL NÃO-FORMAL

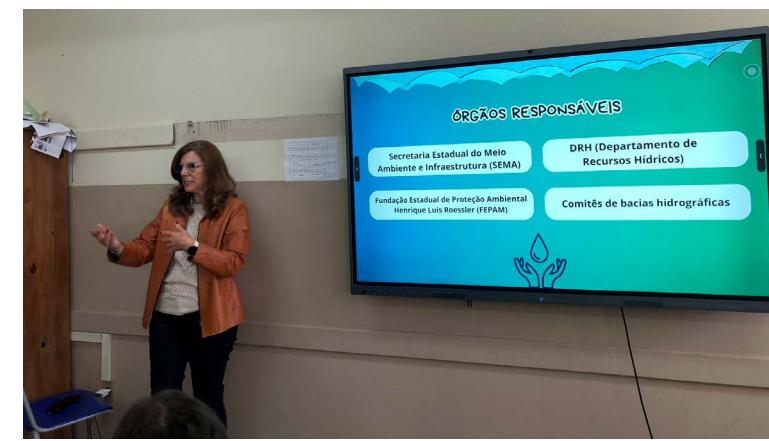
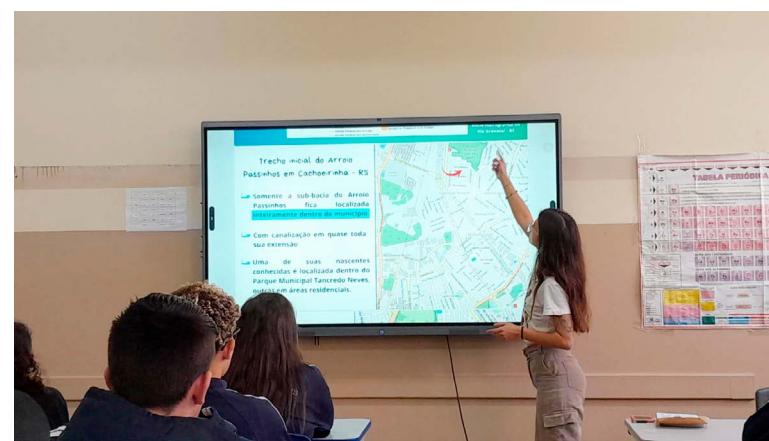
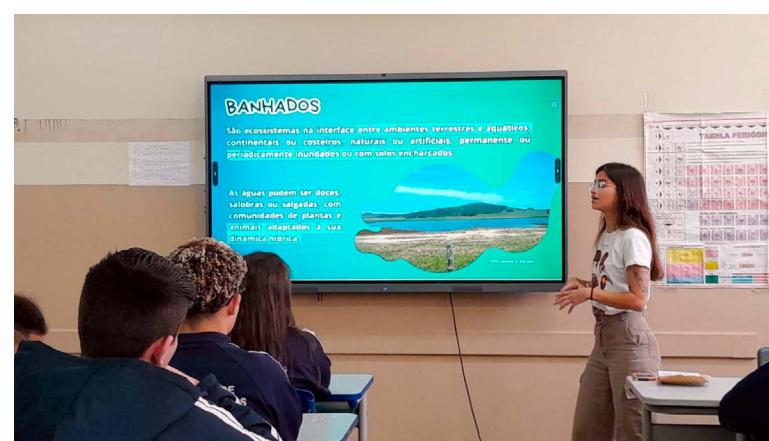
A aplicação do trabalho foi realizada na Escola Municipal de Ensino Fundamental Natálio Schlain, para uma turma do 9º ano do Ensino Fundamental, no dia 16 de agosto de 2024. Na ocasião, estavam presentes 29 alunos e o professor de Geografia da turma. A escola está situada no Bairro Granja Esperança, ao lado do Parque Municipal Doutor Tancredo Neves, atualmente a maior unidade de conservação de Cachoeirinha. A atividade consistiu em uma palestra com projeção de textos e ilustrações, seguida de discussão das temáticas com os alunos. Ocorreu em dois períodos da aula, com a duração de 01 hora e 30 minutos. Ao final, foi entregue um panfleto explicativo sobre “pegada hídrica” e práticas sustentáveis para adoção pelas famílias. A apresentação e o panfleto foram construídos utilizando o Canva, ferramenta de editoração eletrônica para design gráfico, disponível de forma gratuita

na Internet. Essa aplicação possui ferramentas para a elaboração de gráficos interativos, mapas mentais, imagens, fontes, e acessórios, os quais foram selecionados, criteriosamente, para compor a apresentação, motivando a atenção dos jovens de forma visual. O conteúdo selecionado abordou conceitos sobre a água, recursos hídricos, bacia hidrográfica, banhados, a importância da água para cada ser vivo, o ciclo da água, exemplos dos principais serviços ecossistêmicos prestados, dados sobre o uso da água no Brasil e no Município, sobre o saneamento, as principais leis de proteção dos sistemas aquáticos, e as instituições que se ocupam da governança da água, nas instâncias federais, estaduais e municipais, e que são responsáveis por várias ações essenciais de gerenciamento, incluindo monitoramento, abastecimento, tratamento da água, etc. Foram apresentados aos jovens imagens dos cursos d'água de todas as bacias hidrográficas do Município e sua localização espacial, explanando-se sobre o estágio atual da qualidade das águas, os problemas existentes e os conceitos geográficos desses, tais como erosão pluvial, assoreamento e movimentos de massa. Também foram exemplificados com imagens os acontecimentos mais recentes na cidade, como o caso da "ilha de lixo" e os alagamentos de 2023 e 2024. Foi ilustrada de maneira lúdica a função das matas ciliares na proteção das margens, na qualidade das águas e na diminuição de outros efeitos de eventos adversos.

A observação da atividade educacional revelou que, embora os alunos não tivessem conhecimento prévio sobre a maioria dos conteúdos abordados, a experiência foi colaborativa e extremamente enriquecedora. Ao serem apresentados os conceitos fundamentais, em forma de ilustrações lúdicas, sobre água e seu ciclo natural, recursos hídricos, bacias hidrográficas, banhados e matas ciliares, os alunos puderam manifestar sua compreensão e opiniões acerca da importância vital da água para todos os seres vivos no contexto ecológico. A abordagem prática e visual, com exemplos dos cursos d'água locais e o seu estado atual, gerou reações de espanto nos jovens. Além disso, a discussão sobre questões de governança, sobre as leis de proteção e os

órgãos responsáveis pelo gerenciamento da água e o saneamento, pode sensibilizar os jovens para seus direitos e deveres como cidadãos. Ao final com informações sobre práticas sustentáveis para conservação da água e exemplos da pegada hídrica na fabricação e uso de alguns alimentos, buscou-se despertar nos alunos a adoção de atitudes e escolhas mais conscientes em relação à água e aos recursos hídricos.

### Figuras 4,5,6 e 7 | Apresentação da atividade educacional



### **3.2 SUGESTÃO DE PONTOS EXPLORATÓRIOS PARA APLICAÇÃO DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL EM CACHOEIRINHA**

Durante a realização da pesquisa foi possível identificar locais potenciais para a aplicação de atividades de Educação Ambiental extraclasse no Município, para integrar o meio ambiente local ao processo educativo de forma mais significativa e realista para os jovens. Áreas naturais e preservadas, como o Parque Municipal Doutor Tancredo Neves e o Horto Municipal Florestal Chico Mendes, podem ser interessantes locais como laboratórios vivos ao ensino de conceitos relacionados à ecologia, sustentabilidade e cidadania, permitindo uma experiência mais prática e sensorial. Podem também proporcionar uma conexão emocional entre os estudantes e seu entorno, incentivando a conscientização para a preservação desde cedo. Os arroios poluídos, as margens de rios e as zonas alagadas podem ser utilizados para exemplificar o efeito da ação humana, e instigar discussões sobre os problemas existentes na cidade, as causas e possíveis soluções, provocando uma visão crítica.

Os professores podem utilizar as áreas referidas para enriquecer e complementar os conteúdos das aulas com práticas e saídas de campo. As visitas podem ser combinadas com projetos de pesquisa, criação de oficinas, coletas de dados ambientais ou ações comunitárias, possibilitando uma abordagem transversal e interdisciplinar, envolvendo as ciências biológicas, geográficas sociais entre outras. Assim, a educação ambiental integrada de forma concreta no currículo, facilita aprendizados que se relacionam diretamente com os desafios e as oportunidades do lugar onde vivem.

## **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A atividade de educação ambiental sobre recursos hídricos e água revelou-se eficaz para os jovens envolvidos. O desconhecimento prévio sobre os cursos d'água presentes na cidade foi amplamente abordado e transformado em conhecimento prático e relevan-

te. Ao explorar a importância dos recursos hídricos e a situação atual das águas que fazem parte da sua comunidade, os alunos puderam adquirir uma nova compreensão sobre o tema, e também ser inspirados a valorizar e proteger esses recursos essenciais para a vida. A proposta de atividade educacional construída pode ser relevante, não apenas para os jovens, mas para pessoas de todas idades. Contudo, é fundamental que seja aplicada de forma contínua e abrangente a todos os níveis escolares.

A inclusão de temas relacionados à água e aos recursos hídricos nas práticas pedagógicas não só contribui para a formação de cidadãos mais conscientes e responsáveis, mas também fortalece a base para a preservação e gestão sustentável dos recursos naturais, sendo uma ferramenta poderosa para contribuir a um futuro mais sustentável.

**AGRADECIMENTOS**  
Ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica da FEPAM e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela possibilidade de realização deste trabalho e a concessão da bolsa à Natana Peres da Rosa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). Ministério da Integração Nacional e do Desenvolvimento Regional. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br>.

Alcântara, LA. PRÁTICAS DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL NA GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS. Revista Eletrônica Em Gestão, Educação E Tecnologia Ambiental, v. 5, n. 5, p. 741-748, 2012. <https://doi.org/10.5902/223611704199>.

BASSOA, Fernanda. Moradores encaminham sugestões ao Executivo para amenizar alagamentos em Cachoeirinha. Correio do Povo, Porto Alegre, 15 fev. 2024. Cidades. Disponível em: <https://www.correiodopovo.com.br/not%C3%ADcias/cidades/moradores-encaminham-sugest%C3%B5es-ao-executivo-para-amenizar-alagamentos-em-cachoeirinha-1.1466741>.

BRASIL. Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999. Dispõe sobre a Educação Ambiental e institui a Política Nacional de Educação Ambiental. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 28 abr. 1999.

BRASIL DE FATO. Moradores de Cachoeirinha se mobilizam em defesa do Mato do Júlio. Brasil de Fato, 26 dez. 2024. Disponível em: <https://www.brasildefato.com.br/2024/12/26/moradores-de-cachoeirinha-se-mobilizam-em-defesa-do-mato-do-julio/>

CAMPOS, Jonas. Moradores de Cachoeirinha denunciam descarte irregular de lixo no Rio Gravataí; veja imagens. G1 RS; RBS TV, 6 fev. 2023. Rio Grande do Sul. Disponível em: <https://g1.globo.com/rs/rio-gran>

[de-do-sul/noticia/2023/02/06/moradores-de-cachoeirinha-denunciam-descarte-irregular-de-lixo-no-rio-gravatai-veja-imagens.html](http://de-do-sul/noticia/2023/02/06/moradores-de-cachoeirinha-denunciam-descarte-irregular-de-lixo-no-rio-gravatai-veja-imagens.html).

CASCAIS, Maria das Graças Alves; TERÁN, Augusto Fachín. Educação formal, informal e não formal na educação em ciências. Ciência em tela, v. 7, n. 2, p. 1-10, 2014.

DE OLIVEIRA, Jeane Teresinha; MACHADO, Rita de Cássia Dallago; DE OLIVEIRA, Everton Mário. Educação ambiental na escola: um caminho para aprimorar a percepção dos alunos quanto à importância dos recursos hídricos. Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista, v. 11, n. 4, 2015.

DORNELES, Carmen Lúcia Rodrigues. A agricultura urbana no município de Cachoeirinha, RS. 2013.

GUERRA, Teresinha. Educação ambiental: contribuição para a gestão socioambiental na bacia hidrográfica do Rio Gravataí. 2015.

GUIMARÃES, Mauro; VASCONCELLOS, Maria das Mercês N. Relações entre educação ambiental e educação em ciências na complementaridade dos espaços formais e não formais de educação. Educar em Revista, n. 27, p. 147-161, 2006. Disponível em: <http://educa.fcc.org.br/pdf/er/n27/n27a10.pdf>.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Biblioteca. Catálogo, 2378, Código municipal: 4303103, Cachoeirinha RS. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/biblioteca-catalogo.html?id=32378&view=detalhes>. Acesso em 22 out 2025.

IPCC. Climate change 2022: impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 3056 pp.

IPCC. Climate change 2023: synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland.

INSTITUTO RIO GRANDENSE DO ARROZ – IRGA. Estação Experimental do Arroz do Irga: uma história com mais de 70 anos. Cachoeirinha: Irga, 2017. Disponível em: <https://irga.rs.gov.br/estacao-experimental-do-arroz-do-irga-uma-historia-com-mais-de-70-anos>.

LEI ESTADUAL Nº 11.730, DE 9 DE JANEIRO DE 2002. EDUCAÇÃO AMBIENTAL. Disponível em: <https://www.al.rs.gov.br/filerepository/repLegis/arquivos/11.730.pdf>.

MARTINS, Eduardo Marques; BASSO, Luis Alberto. Projeto "A qualidade das águas do Arroio Passinhos": A retribuição à comunidade. In: Anais do XVI Encontro Nacional de Geógrafos, Porto Alegre, 25 a 31 de julho de 2010. ISBN 978-85-9990. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/291335306\\_projeto\\_a\\_qualidade\\_das\\_aguas\\_do\\_arroio\\_passinhos\\_a\\_retribuicao\\_a\\_comunidade](https://www.researchgate.net/publication/291335306_projeto_a_qualidade_das_aguas_do_arroio_passinhos_a_retribuicao_a_comunidade)

OLIVEIRA, Virgênia Maria Bezerra de. O papel da educação ambiental na gestão dos recursos hídricos: caso da Bacia do Lago Descoberto/DF. 2008.

PETRÓ, Glenda Stéfane Dal Castel. Caracterização das Águas do Arroio Passinhos – Cachoeirinha/RS. 2023. 74p. Trabalho de Conclusão de Curso, Engenharia Ambiental e Sanitária, ULBRA.

Projeto MapBiomas – Coleção 2023 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil, acessado em 5 de junho de 2024.

RIBEIRO, Grégory Cardoso Marmacedo. Inundações e alagamento e suas características geomorfológicas no município de Cachoeirinha-RS. 2021.

RIO GRANDE DO SUL. Lei nº 12.780, de 30 de novembro de 2007. Institui a Política Estadual de Educação Ambiental. Diário Oficial do Estado do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

SAKAKIBARA, Gabriel de Melo. (Re)conhecimento e (re)valorização de recursos hídricos municipais através da educação ambiental. In: Lucas da Silva; Mariano da Franca Alencar Neto. (Org.). Projetos de Intervenção Vol. 4 - Educação Ambiental e Recursos Hídricos. 1ed. Assis: Triunfal Gráfica e Editora, 2019, v. 4, p. 9-32.

SANTOS, G. B.; VALENTINI, M. H. K.; BOEIRA, L. S.; SILVA, L. A.; LEANDRO, D.; VIEIRA, B. M. Análise da qualidade das águas superficiais através de métodos estatísticos e do índice de violação: estudo de caso da Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí – RS. Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, n. 42, p. 54-75, 2023.

SAUVÉ, Lucie. Environmental education: possibilities and constraints. Connect: UNESCO International Science, Technology & Environmental Education Newsletter, v. 30, n. 1-2, p. 1-4, 2005.

SILVA, Alan da Costa. Análise do uso e cobertura da terra do Mato do Júlio (Cachoeirinha-RS) e seu papel na minimização do impacto das inundações de maio de 2024. 2024.

TAVARES, Bryan Augusto da Rosa; LIPP-NISSLINEN, Katia Helena. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA SUPERFICIAL NO INTERIOR DA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO BANHADO GRANDE. Revista de Ciências Ambientais, v. 16, n. 3, 2022. Disponível em: <https://revistas.unilasalle.edu.br/index.php/Rbca/article/view/8942>

TEIXEIRA, M. B. Plano Ambiental, 2007. Disponível online em: <https://www.yumpu.com/pt/document/read/12832327/volume-2pdf-prefeitura-municipal-de-cachoeirinha-governo-do->.

TEIXEIRA, Maria Fabiana da Rosa Gomes; LADEIRA, Jaciane Cristina Costa. A vida dos cidadãos afetada pelas licitações públicas: o caso da coleta de lixo no município de Cachoeirinha/RS. Revista Estudos de Planejamento, Porto Alegre, v. 7, n. 1, p. 1-16, 2020. Disponível em: <https://revistas.planejamento.rs.gov.br/index.php/estudos-planejamento/article/view/4557>

UNESCO. Intergovernmental Conference on Environmental Education: final report. Tbilisi, USSR, 14–26 October 1977. Paris: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, 1978. 96 p.

UNESCO; PNUMA. The Belgrade Charter: a global framework for environmental education. Belgrade: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization; United Nations Environment Programme, 1975.

# DESENHANDO O AMANHÃ: INICIATIVAS DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL NA ESCOLA PÚBLICA

KAMYLLE MELISSA HELLER

ENGENHEIRA AMBIENTAL E SANITARISTA • KAMYLLE.HELLER@ACAD.UFSM.BR

WILLIAN FERNANDO DE BORBA • MARIZA DE CAMARGO

**RESUMO:** A educação ambiental desempenha um papel fundamental na sensibilização dos alunos em relação ao meio ambiente, especialmente nos anos iniciais da formação escolar. Este estudo teve como objetivo promover ações de conscientização ambiental em um ambiente escolar, abrangendo alunos do ensino fundamental e médio, totalizando cerca de 220 participantes. Foram realizadas palestras, um concurso de desenhos, exposições de minhocário e acompanhamento da compostagem doméstica. Todos esses eventos enfatizaram a correta separação dos resíduos, focando especialmente na compostagem dos resíduos orgânicos e segregação dos resíduos em seco, orgânico e rejeito. Inicialmente, observou-

-se que os alunos já discutiam a importância do descarte adequado dos resíduos, embora apresentassem dúvidas sobre a separação correta. Ao longo das atividades, notou-se um aumento no engajamento dos estudantes com o tema, destacando-se especialmente pela criatividade demonstrada na fase do concurso de desenhos. Constatou-se que essas iniciativas contribuíram para elevar a conscientização ambiental dentro da comunidade escolar, além de colaborar para o aprimoramento do processo de coleta seletiva no município.

**PALAVRAS-CHAVE:** Coleta seletiva. Conscientização. Resíduos sólidos.

## INTRODUÇÃO

As práticas diárias da sociedade exercem uma influência significativa nas questões ambientais, sendo a natureza e seus recursos vitais para a sobrevivência da humanidade. Infelizmente, enfrentamos uma gama de desafios, como queimadas, poluição do ar por gases nocivos, contaminação da água, geração exagerada de resíduos sólidos, excessiva utilização de agrotóxicos e o contínuo desmatamento na Amazônia. Esses problemas têm impactos profundos na vida dos seres vivos do planeta, incluindo a própria humanidade. É essencial adotar práticas mais sustentáveis e políticas que visem à preservação e restauração do meio ambiente para as atuais e futuras gerações (CUNHA; AUGUSTIN, 2014).

A Constituição Federal de 1988 (BRASIL, 1988) assegura a Educação Ambiental como um direito humano fundamental dos cidadãos brasileiros. Este direito está ancorado no Artigo 225, que garante a todos o acesso a um meio ambiente equilibrado e de qualidade. Além disso, atribui ao poder público a responsabilidade de promover a Educação Ambiental em todos os níveis de ensino, assim como conscientizar a sociedade sobre a preservação do meio ambiente para as gerações presentes e futuras. Esta abordagem visa não apenas proteger o meio ambiente, mas também promover a cidadania e a dignidade das pessoas.

A Educação Ambiental, que possui uma legislação específica, no caso a Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999, desempenha um papel fundamental na formação integral das crianças no Ensino Fundamental. Ela vai além do contato com a natureza, buscando a interdisciplinaridade e integrando aspectos emocionais, o respeito ao próximo, a colaboração, o senso de pertencimento e outros elementos essenciais para a formação das crianças. (BRASIL, 1999).

A visão apresentada por Rodrigues (2011) e Saheb (2013) destacam a importância da Educação Ambiental não apenas na Educação Infantil, mas em todos os níveis educacionais. Elas ressaltam que a integração do ser humano com as ciências naturais e seu reconhecimento como parte da natureza e da sociedade são fundamentais para iniciar a formação da sua condição humana.

De acordo com o Ministério da Educação e do Desporto (1998), no Ensino Fundamental, a Educação Ambiental desempenha um papel crucial na constituição dessa condição humana. Ao integrar elementos da natureza, promover o entendimento das interações entre seres humanos e meio ambiente, e fomentar o sentimento de pertencimento à sociedade, ela contribui para uma visão global do indivíduo e para sua inserção consciente e responsável no contexto social em que está inserido.

Morin (2011) enfatiza que o contato com a natureza permite ao aluno despertar sua consciência sobre o

meio. Esse contato não apenas permite que a criança se conecte com o ambiente natural, mas também promove um reconhecimento e um senso de pertencimento do indivíduo ao planeta Terra.

É crucial que desde cedo, as pessoas compreendam a necessidade de cuidar, conservar e preservar o meio ambiente, uma vez que o futuro do planeta depende diretamente do equilíbrio ambiental. Isso requer uma reflexão sobre o uso racional dos recursos naturais. O papel do educador é instigar o estudante de maneira simples, incentivando a observação do ambiente ao redor para que possa identificar os elementos essenciais e construir conhecimentos relacionados às questões ambientais. Essa abordagem visa capacitar as gerações futuras a serem agentes ativos na preservação do meio ambiente (MEDEIROS et al., 2011).

Neste artigo, são relatadas atividades de Educação Ambiental, centradas na prática da separação de resíduos, desenvolvidas na Escola Estadual de Ensino Médio Mathias Balduino Hupp no município de Cristal do Sul-RS com alunos e professores. Através dessas ações de extensão visamos promover a conscientização ambiental e contribuir para a formação cidadã das crianças e jovens.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Um projeto de educação ambiental foi realizado ao longo de seis meses, entre maio e novembro de 2023, na Escola Estadual Ensino Médio Mathias Balduino Hupp, localizada em Cristal do Sul – RS. As atividades foram conduzidas pela bolsista de um projeto de extensão universitária, com o auxílio do orientador do projeto e demais colaboradores, teve como foco principal conscientizar os alunos sobre questões ambientais cruciais, com ênfase na separação e gerenciamento adequado de resíduos.

As ações iniciaram com palestras interativas e informativas sobre o meio ambiente, apresentando conceitos fundamentais, como coleta seletiva, importância do gerenciamento de resíduos, a compostagem e

outros tópicos pertinentes. Nas palestras para alunos do 1º ao 5º ano, foi adotada uma abordagem lúdica e linguagem simplificada, adequada à compreensão e ao engajamento das crianças.

Ao trabalhar com os estudantes do 6º ao 9º ano, buscou-se uma linguagem mais elaborada, porém acessível, e, para o ensino médio (1º ao 3º ano), foi focada uma abordagem mais aprofundada e complexa, visando estimulá-los a revisitar e consolidar conceitos previamente abordados em sala de aula. Além disso, para ampliar o alcance das informações, foram distribuídos panfletos explicativos e promovemos sorteios de materiais fabricados a partir de materiais recicláveis, o que despertou bastante interesse e engajamento entre os estudantes.

Além das atividades de ensino teórico foi desenvolvida a exposição dos minhocários, oferecendo aos alunos do 1º ao 7º ano a oportunidade de se familiarizarem com o processo de compostagem. Em outra iniciativa, uma composteira doméstica, composta por baldes, foi doada à escola para estudos considerados relevantes pela instituição.

Dando continuidade as ações implementaram-se estratégias para envolver os alunos no contexto ambiental, como a organização de um concurso de desenhos para os alunos do ensino fundamental (1º ao 5º ano). Esse concurso visou estimular a criatividade e permitir que cada aluno expressasse sua visão sobre a importância da preservação ambiental desde a infância.

Os desenhos, após serem plastificados e numerados, foram exibidos em locais estratégicos tanto na UFSM Campus de Frederico Westphalen, quanto na Escola e na prefeitura Municipal de Cristal do Sul. A comunidade acadêmica, escolar e em geral teve a oportunidade de votar nos desenhos preferidos por meio de QRCode. Os desenhos foram expostos de acordo com os anos escolares, possibilitando a seleção de até três desenhos por ano.

Um seminário municipal sobre resíduos sólidos foi realizado no município para apresentar as ações desenvolvidas pelo projeto de extensão na escola. Du-

rante o evento ocorreu a premiação dos desenhos mais votados e a escola teve a oportunidade de destacar suas atividades e discutir como atua na temática ambiental, compartilhando os projetos desenvolvidos nessa área com a comunidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram conduzidas palestras com os alunos do Fundamental e Médio, com o objetivo de fomentar a consciência ambiental na comunidade escolar (Figura 1). Esta iniciativa impactou cerca de 220 estudantes, oferecendo noções fundamentais sobre resíduos sólidos, incluindo técnicas apropriadas de separação, reciclagem, compostagem, e a distribuição de materiais educativos.

Durante essa atividade, constatou-se que os alunos já possuíam certo nível de conhecimento sobre o tema, porém, identificaram-se dúvidas recorrentes quanto à correta separação dos resíduos nas categorias de seco, orgânico e rejeitos. Para aprimorar essa conscientização, foram distribuídos folhetos educativos contendo essas informações.

**Figura 1 | Palestras educativas sobre a correta segregação dos resíduos sólidos**



Fonte: Acervo particular, 2023.

Fonte: Acervo particular, 2023.



**Figura 2 |Mostra do Minhocário e composteira**

Sobre a experiência prática do minhocário, a mesma permitiu uma compreensão mais próxima e real do papel das minhocas e do processo de compostagem na reciclagem de resíduos orgânicos aos discentes (Figura 2). Durante essa atividade, a direção aproveitou para dar início à composteira, trabalho desenvolvido por alguns professores, que será destinada ao descarte dos resíduos alimentares da merenda escolar e demais materiais relacionados. Essa iniciativa prática demonstrou aos estudantes como eles podem ser protagonistas na redução de resíduos orgânicos e na promoção do processo de compostagem dentro do ambiente escolar.

No concurso de desenhos, cada aluno criou uma ilustração relacionada ao tema ambiental: “O que o meio ambiente significa para mim”. No total, foram produzidos 61 desenhos, abordando temas como resíduos, água, florestas, animais, entre outros (Figura 3). Cada desenho foi devidamente identificado no verso da

folha, numerado e plastificado para apresentação. Posteriormente, essas obras foram exibidas à comunidade em geral, incluindo residentes do município e membros da universidade. Os participantes tiveram a oportunidade de votar em até três desenhos por ano através de QR Code (Figura 4).

**Figura 3 | Realização dos desenhos para o concurso de desenhos**



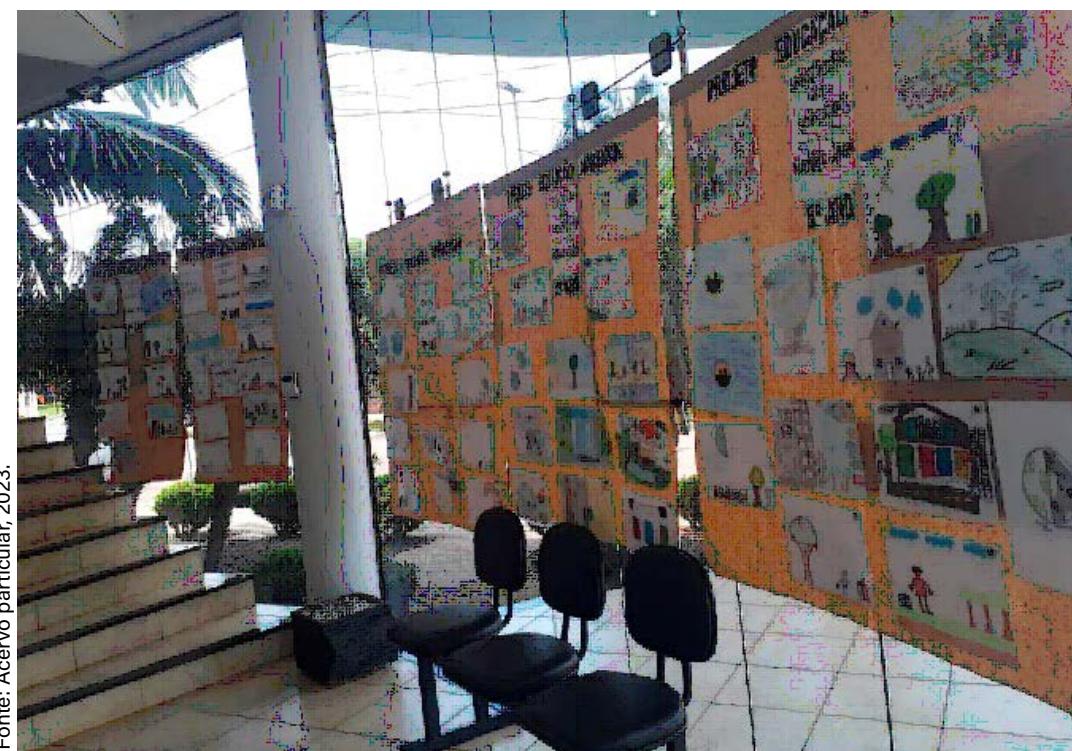
Fonte: Acervo particular, 2023.

**Figura 4 | Exposição dos desenhos para votação**



Fonte: Acervo particular, 2023.

**Figura 5 | Exposição dos desenhos para votação**



Fonte: Acervo particular, 2023.

Durante o Seminário Municipal de Resíduos Sólidos, que aconteceu em Cristal do Sul no dia 28 de novembro, na câmara de vereadores do município, os vencedores do concurso de desenhos foram anunciados (Figura 5). O evento foi uma colaboração entre a Secretaria do Meio Ambiente do município, a escola e a universidade. Durante essa ocasião, o orientador, um bolsista e um colaborador tiveram a oportunidade de abordar com a comunidade questões relacionadas aos resíduos sólidos e a situação atual no município.

**Figura 6 | Premiação do concurso de desenhos realizado durante o Seminário Municipal**



Fonte: Acervo particular, 2023.

Além da divulgação do concurso de desenhos, o evento também apresentou as ações realizadas pelo projeto na escola. A escola aproveitou a oportunidade para demonstrar aos pais dos alunos como eles trabalham na prática questões ambientais, mencionando viagens e atividades práticas realizadas no contexto da educação ambiental.

## CONCLUSÕES

As atividades educacionais implementadas na Escola Municipal Sebastião Lemes Matias, em Erval Seco - RS, capacitaram a comunidade escolar para engajar-se em práticas relacionadas ao meio ambiente, facilmente aplicáveis em suas rotinas diárias. Essas iniciativas possibilitaram aos alunos visualizarem o destino adequado dos resíduos, fortalecendo a contribuição deles para a coleta seletiva do município.

Além disso, os desenhos produzidos têm sido uma ferramenta valiosa para a comunidade acompanhar as iniciativas da universidade na região, enquanto incentivam a participação ativa dos familiares nas atividades desenvolvidas.

A expectativa é de que a exposição dos resultados no Seminário Municipal tenha contribuído para conscientizar a população sobre a importância da preservação ambiental. Além disso, a realização de ações como essa e eventos similares serve para promover tanto o curso de Engenharia Ambiental e Sanitária quanto a Universidade Federal de Santa Maria entre os moradores locais. Essa divulgação abrangente certamente terá um impacto significativo na conscientização ambiental dentro do município.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro (Bolsa de extensão e custeio) concedido a primeira autora por meio do Fundo de Incentivo à Extensão (FIEX/PRE) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), a comunidade escolar Escola Estadual Ensino Médio Mathias Balduino Huppes e a equipe da administração Municipal de Cristal do Sul - RS.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Constituição Federal de 1988. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituciona/constituicao.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituciona/constituicao.htm). Acesso em: 09 de dez. 2023.

BRASIL. Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9795.htm#:~:text=L9795&text=LEI%20No%209.795%2C%20DE%2027%20DE%20ABRIL%20DE%201999.&text=Disp%C3%B5e%20sobre%20a%20educa%C3%A7%C3%A3o%20ambiental,Ambiental%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%A3o%C3%AAs.&text=Art.](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9795.htm#:~:text=L9795&text=LEI%20No%209.795%2C%20DE%2027%20DE%20ABRIL%20DE%201999.&text=Disp%C3%B5e%20sobre%20a%20educa%C3%A7%C3%A3o%20ambiental,Ambiental%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%A3o%C3%AAs.&text=Art.)> Acesso em: 09 de dez. 2023.

CUNHA, Belinda Pereira; AUGUSTIN, Sérgio. Sustentabilidade Ambiental: estudos jurídicos e sociais / org. Dados Eletrônicos. Caxias do Sul, RS: Educs, 2014. Acesso em 11 de dez. 2023.

MEDEIROS, A. B. et al. A Importância da educação ambiental na escola nas séries iniciais. Revista Faculdade Montes Belos, v.4, n. 1, set. 2011. Disponível em: <[http://www.terrbrasilis.org.br/ecotecadigital/index.php?option=com\\_abook&view=book&catid=4:educacaoambiental&id=1462:a-importancia-da-educacao-ambiental-na-escola-nas-series-iniciais&Itemid=54](http://www.terrabrasilis.org.br/ecotecadigital/index.php?option=com_abook&view=book&catid=4:educacaoambiental&id=1462:a-importancia-da-educacao-ambiental-na-escola-nas-series-iniciais&Itemid=54)> Acesso em 10 de dez. 2023.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO CONSELHO NACIONAL DE EDUCAÇÃO. [s.l: s.n.]. Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Fundamental. 1998. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/PCB0498.pdf>>. Acesso em 10 de dez. 2023.

MORIN, E. A cabeça bem-feita. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. Acesso em 11 de dez. 2023.

RODRIGUES, C. Educação infantil e Educação Ambiental: um encontro das abordagens teóricas com a prática educativa. Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental, Rio Grande, RS , v. 26, p. 169-182, jan./jun. 2011. Disponível em: <<https://www.seer.furg.br/remea/article/view/3354>>. Acesso em: 10 de dez. 2023.

SAHEB, D. Os saberes socioambientais e a formação do educador ambiental sob o foco da complexidade. 2013. 218 f. Tese (Doutorado em Educação) - Programa de Pós-Graduação de Educação, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.



## PARTICIPE. ASSOCIE-SE NA ABES E/OU TORNE-SE MEMBRO E MEMBRA DOS JPS

Em 2026, participe das discussões das Câmaras Técnicas da ABES/RS. Converse com as coordenadoras do JPS e envolva-se na criação e realização de projetos. Encaminhe seus trabalhos e suas opiniões: ajude a fazer a Revista Afluente.

A ABES é uma associação nacional de profissionais e empresas dedicada a qualificar o setor de saneamento e meio ambiente no Brasil.

Envolve-se você também nas Câmaras Temáticas. Participe dos cursos, encontros, simpósios e congressos. Envie artigos para as revistas. Conviva com os melhores profissionais da área. Desfrute de descontos em eventos, cursos e na livraria virtual da ABES.

O programa Jovens Profissionais do Saneamento (JPS) garante uma atenção especial da Diretoria Nacional e das Seccionais para as necessidades dos novos profissionais que ingressam no mercado.

Informe-se.

## VISITE OS SITES DA ABES/RS E DA DIRETORIA NACIONAL

Visite também a página do programa **Jovens Profissionais do Saneamento**, onde você encontra todas as edições da **Revista Afluente** e fique por dentro das atividades promovidas especialmente para os profissionais em início de carreira.

ABES-RS [www.abes-rs.org.br](http://www.abes-rs.org.br)

DIRETORIA NACIONAL [www.abes-dn.org.br](http://www.abes-dn.org.br)

JPS <https://abes-rs.org.br/jps/>

## AGENDA JPS – ABES/RS 2026!!

### EVENTOS VIRTUAIS

#### ABES DEBATES

Reuniões das Câmaras Técnicas da ABES-RS voltadas para discutir assuntos do momento, utilizando a plataforma Google Meet. São divulgadas nas redes sociais e, eventualmente, podem ser gravadas para disponibilização posterior de link de acesso.

### EVENTOS PRESENCIAIS

**SETEMBRO DE 2026** – 13º Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental – SIQA.

### EDUCAÇÃO E MOBILIZAÇÃO SOCIAL

**AGOSTO** – Dia Interamericano da Qualidade do Ar – promoção de atividades (plantação de árvores, palestras, debates, etc.). Celebrado na segunda sexta-feira de agosto.

**SETEMBRO** – Dia Interamericano de Limpeza e Cidadania – DIADESOL (retomada de projetos educação para a coleta seletiva e para a limpeza dos ambientes). Celebrado no terceiro sábado de setembro.

**OUTUBRO** – Dia Interamericano da Água. Celebrado no primeiro sábado de outubro. – 33ª Semana Interamericana e 26ª Semana Estadual da Água. Tema: “Universalização do Saneamento – Água para Quem?”

**NOVEMBRO** – Dia Interamericano do Saneamento – promoção de atividades voltadas aos cuidados com os efluentes sanitários; e **World Toilet Day | Dia Mundial do Banheiro** – atividades voltadas à conscientização sobre questões fundamentais relacionadas à sustentabilidade e aos direitos humanos. As duas datas são celebradas em 19 de novembro.

Entre em contato com a coordenação do JPS/RS pelo email

**jps-rs@abes-rs.org.br**



SIGA A ABES-RS E O JPS-RS NO INSTAGRAM

@abes-rs @jpsabesrs

UM FUTURO MELHOR  
DEPENDE DAS ESCOLHAS  
QUE FAZEMOS NO  
PRESENTE

**ABES-RS**

Associação Brasileira de Engenharia  
Sanitária e Ambiental – Seção RS  
[www.abes-rs.org.br](http://www.abes-rs.org.br)

