



# Tecnologia e Biodiversidade

# Organização:

Mestrado Profissional em Ciências Ambientais



# Tecnologia e Biodiversidade

Organização

Mestrado Profissional em Ciências Ambientais

#### Presidente da Fundação Educacional Severino Sombra (FUSVE)

Adm. Gustavo de Oliveira Amaral

#### Superintendência acadêmica / Reitoria

Dr. Marco Antonio Soares de Souza

#### Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação

Dr. Carlos Eduardo Cardoso

#### Coordenadora do Curso de Mestrado Profissional em Ciências Ambientais

Dra. Cristiane de Souza Siqueira Pereira

#### Vice Coordenador do Curso de Mestrado Profissional em Ciências Ambientais

Dr. Paulo Wilton da Luz Câmara

#### Secretário do Curso de Mestrado Profissional em Ciências Ambientais

Prof. Paulo Sérgio Tamiozzo

#### Editora-Chefe das Revistas Online da Universidade de Vassouras

MSc. Lígia Marcondes Rodrigues dos Santos

Tecnologia e biodiversidade / Organizadores Mestrado Profissional em Ciências Ambientais. - Vassouras, RJ: Editora Universidade de Vassouras, 2023.

2023. 209 p.

> Recurso eletrônico Formato: E-book

ISBN: 978-65-87918-75-4

DOI: https://doi.org/10.21727/Tecnologia e biodiversidade.pdf

 Sustentabilidade e meio ambiente. 2. Tecnologia. I. Mestrado Profissional em Ciências Ambientais. II. Título. Universidade de Vassouras. III. Título.

Sistema Gerador de Ficha Catalográfica On-line - Universidade de Vassouras

Todos os direitos reservados. É permitida a reprodução parcial ou total desta obra, desde que citada a fonte e que não seja para venda ou qualquer fim comercial. O texto é de responsabilidade de seus autores. As informações nele contidas, bem como as opiniões emitidas, não representam pontos de vista da Universidade de Vassouras.

#### Organização e Editoração

Dra. Cristiane de Souza Siqueira Pereira

MSc. Lígia Marcondes Rodrigues dos Santos

Dra. Paloma Martins Mendonça

#### Conselho Editorial

Anna Luiza Pinage Barbosa (UFF)

André Hacl Castro (UNIRIO/UNESA)

Carlos Eduardo Cardoso (Univassouras)

Carlos Eduardo Peralta Montero (Universidade da Costa Rica)

Clarissa Maria Beatriz Brandão de Carvalho Kowarski (UFF)

Cristián Andrés Quintero (Facultad de Ciencias Médicas, Universidad de Mendonza)

Isabella Franco Guerra (UNESA/PUC-RJ)

Luis Alcides Brandini De Boni (Araucária Associação Científica)

Ketevan Kupatadze (Faculty of Medicine and Natural Science)

Marco Antonio Soares de Souza (Univassouras)

Pedro Curvello Saavedra Avzaradel (UFF)

Roberta Oliveira Lima (UFF)

Shaima Rabeea Bannon (College of Science, University of Misan)

Thiago Guerreiro Bastos (UFF)

Walter José Peláez (Universidad Nacional de Cordoba)

Wilson Tadeu de Carvalho Eccard (FGV/UNESA)

#### Revisão por Pares

Dr. Carlos Vitor de Alencar Carvalho

Dra. Cristiane Borborema Chaché

Dra. Cristiane de Souza Siqueira Pereira

Dra. Irenilda Reinalda Barreto de Rangel Moreira Cavalcanti

Dra. Paloma Martins Mendonça

Dr. Sandro Pereira Ribeiro

#### Apresentação

Caros leitores, sejam bem-vindos ao ebook do Mestrado Profissional em Ciências Ambientais da Universidade de Vassouras. Este material nos leva a uma exploração da intersecção entre tecnologia e biodiversidade, revelando um panorama que redefine nossa compreensão e preservação do meio ambiente. Nesta jornada além dos limites da ciência convencional, vislumbramos as oportunidades e desafios da era tecnológica, com a missão de promover uma coexistência sustentável entre inovação e riqueza biológica.

Neste ebook, convidamos você a explorar as fronteiras da pesquisa ambiental, onde a tecnologia se torna uma poderosa aliada na busca por soluções eficientes para os complexos desafios que enfrentamos. O programa de mestrado da Universidade de Vassouras oferece uma plataforma única para aprofundar o conhecimento e as habilidades dos profissionais, preparando-os para liderar a próxima geração de especialistas em sustentabilidade ambiental.

O Mestrado Profissional em Ciências Ambientais, vinculado à Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa, é composto por docentes de diversas unidades acadêmicas. Ele propõe uma análise, discussão e compreensão de todos os principais aspectos ambientais dos ecossistemas naturais e transformados. Nosso objetivo principal é formar profissionais competentes para a prática avançada em diferentes segmentos do setor ambiental, com foco na conservação, sustentabilidade dos ecossistemas naturais e desenvolvimento de novas tecnologias ambientais.

A Universidade de Vassouras está comprometida em expandir sua colaboração internacional e suas fronteiras acadêmicas e de pesquisa. Este processo de internacionalização, juntamente com a expansão da universidade, é visto como uma semente que tem o potencial de gerar frutos significativos para a universidade e para a comunidade em geral.

Nossos pesquisadores estão constantemente explorando novas tecnologias e metodologias para melhorar a sustentabilidade e a eficiência de nossos ecossistemas. Acreditamos que a colaboração internacional e a expansão da universidade são passos cruciais para alcançar nossos objetivos.

Boa Leitura!

#### **Presentation**

Dear Readers, welcome to the eBook of the Professional Master's in Environmental Sciences at the University of Vassouras. This eBook delves into the waters of the intersection between technology and biodiversity, unveiling a panorama that redefines how we understand and preserve our environment. As we cross the boundaries of conventional science, we glimpse the opportunities and challenges that the era of technology holds for us, guided by the mission to cultivate a sustainable coexistence between innovation and the biological richness of our planet.

Throughout the pages of our eBook, we invite you to explore the frontiers of environmental research, where technology becomes a powerful ally in the search for practical and efficient solutions to the complex challenges we face. Our master's program, rooted in the academic excellence of the University of Vassouras, provides a unique platform to deepen the knowledge and skills of professionals, preparing them to lead the next generation of professionals committed to environmental sustainability.

The Professional Master's in Environmental Sciences, linked to the Pro-Rectorate of Post-graduate and Research at the University of Vassouras, comprises professors from various academic units. It proposes an analysis, discussion, and understanding of all the main environmental aspects of natural and transformed ecosystems. Our main objective is to train professionals with competencies and skills to exercise advanced professional practice in different segments of the environmental sector, mainly aimed at the conservation and sustainability of natural ecosystems and the development of new environmental technologies.

The University of Vassouras is committed to expanding its international collaboration and academic and research borders, seeking partnerships with educational and research institutions worldwide. This process of internationalization, together with the expansion of the university, is seen as a seed that has the potential to generate significant fruits for the university and the community in general.

Our researchers are constantly exploring new technologies and methodologies to improve the sustainability and efficiency of our ecosystems. We believe that international collaboration and the expansion of the university are crucial steps to achieve our goals.

Enjoy the Book!

# Sumário

Promovendo Sustentabilidade e Segurança no Ambiente Educacional: Um Estudo Estatístico
sobre a Substituição de Lâmpadas Fluorescentes por LED
Luiz Carlos de Oliveira, Carlos Vitor Alencar Carvalho, Marco Antônio Pereira Araújo
Construindo caminhos verdes: o papel das pontes ecológicas na conservação da
biodiversidade20
Ana Carolina Pereira de Oliveira
A Escola Frente A Agenda 2030 – Desafios de Erradicação da Pobreza3
Aline dos Santos Moreira de Carvalho
Biodiversidade Marinha e as Florestas Subaquáticas: O branqueamento de corais e sua invisibilidade perante o contexto social40
Marília Monteiro Santos, Paloma Martins Mendonça
Dia Mundial da Limpeza: uma ação de educação ambiental para preservação dos recursos hídricos no município de Vassouras – RJ
Tecnologias e Aplicações da Captura e Armazenamento de Carbono (CCS e CCUS)71
Artur Radoman-de-Oliveira, Paulo Wilton da Luz Câmara, Sandro Pereira Ribeiro
Panorama de Resíduos Sólidos Gerados na Região Sudeste do Brasil
Os Desafios da Coleta Seletiva: A Experiência de Paty do Alferes - RJ
Visualização e interpretação dos dados do programa Rio+Limpos: uma análise dos resíduoscoletados124
Caio Guilherme Chaves Jannuzzi de Souza, Carlos Vitor de Alencar Carvalho, Tássio Ferenzini Martins Sirqueira
Avaliação da emissão de gases inalatórios no centro cirúrgico visando a redução da poluição ambiental
Bruna Barreto Falcão, Nathália Fagundes de Freitas Freire, Raphael Fernandes de Brito Esquef, Conceição de Maria Melo e Alvim Pacheco, Margareth Maria de Carvalho Queiroz
Educação ambiental nas escolas: Projeto "Conheça seu Rio"
Integração dos Profissionais de Saúde na Abordagem "Saúde Única"

Educação Ambiental: Ferramenta Essencial no Projeto de Coleta Seletiva no Município de Piraí, RJ1	77
Renata Costa Albuquerque, Cristiane de Souza Siqueira Pereira	
O potencial biotecnológico de Brevibacillus laterosporus	84
Estado de Direito Ambiental Contemporâneo e o Estudo das Crises	97

# Promovendo Sustentabilidade e Segurança no Ambiente Educacional: Um Estudo Estatístico sobre a Substituição de Lâmpadas Fluorescentes por LED

Luiz Carlos de Oliveira, Carlos Vitor Alencar Carvalho, Marco Antônio Pereira Araújo

#### Resumo

Este artigo aborda a prática comum de substituir lâmpadas em uma instituição de ensino e destaca seu significado fundamental no contexto ambiental e de segurança. A substituição de lâmpadas é uma atividade essencial, não apenas para manter uma iluminação eficaz, mas também para incorporar princípios de sustentabilidade em ambientes educacionais. O estudo analisou dados quantitativos relacionados à substituição de lâmpadas, com ênfase na transição das lâmpadas fluorescentes (LF) para as lâmpadas de diodo emissor de luz (LED). Uma descoberta relevante foi a redução significativa do risco de intoxicação por mercúrio, um resultado direto da substituição. Além disso, a análise estatística demonstrou consistência ao longo do tempo, não revelando diferenças significativas entre os anos de 2021 e 2022. Esses resultados ressaltam a importância das ações proativas para promover a sustentabilidade e a segurança em ambientes educacionais, oferecendo benefícios ambientais e de saúde enquanto mantém a eficiência operacional. Este estudo fornece uma perspectiva valiosa sobre a gestão eficaz da substituição de lâmpadas em instituições de ensino.

Palavras-chave: Sustentabilidade, Segurança, Lâmpadas fluorescentes, Lâmpadas LED, Estudo estatístico







#### INTRODUÇÃO

A gestão Ambiental e a **eficiência energética** são assuntos preponderantes na atualidade, pois ambas buscam a utilização racional dos recursos, visando à sustentabilidade. A eficiência energética consiste em obter o melhor desempenho na produção de um serviço com o menor gasto de energia, como, por exemplo, a modernização de equipamentos e processos no sentido de reduzir seu consumo, o que também contribui para a economia.

Após a crise energética de 2001 no Brasil, a necessidade de redução de consumo de energia elétrica para evitar o racionamento impulsionou diversas ações e projetos vislumbrando a melhoria da eficiência no consumo de energia. Nesse momento, as lâmpadas incandescentes (LI), utilizadas de forma majoritária na iluminação artificial, passaram a ser substituídas pelas de descarga, entre elas, as fluorescentes, mais eficientes e econômicas, mas que, devido à presença de mercúrio em sua constituição, enquadram-se como resíduos sólidos perigosos, devendo ser tratadas de forma diferente na etapa de pós-consumo.

Pela sua composição química, as lâmpadas fluorescentes (LF) resultam em resíduos sólidos perigosos que causam danos ao meio ambiente e às pessoas, necessitando de descarte adequado. Por serem utilizadas em grande escala pela sociedade, seu descarte também tem sido volumoso e feito de forma indiscriminada, podendo ser encontradas em terrenos baldios, vales, lixões e aterros sanitários e algumas armazenadas em depósitos abertos, sujeitos a invasões e utilização indevida. Quando descartadas em locais inadequados, podem contaminar o meio ambiente e intoxicar os seres humanos causando problemas físicos e neurológicos (CESTARI; MARTINS, 2015)

Neste contexto, faz-se necessário compreender mais sobre o descarte e substituição das lâmpadas na Univassouras, inexistindo estudos que analisem estatisticamente este tipo de dados. A partir disso, este estudo justifica-se a fim de suprir esta lacuna no arcabouço científico da instituição.

Assim, objetiva-se com este artigo analisar os dados dos últimos quatro meses de 2023 e dos quatro primeiros de 2023, através do aplicativo Minitab. Dessa maneira, será viabilizada uma análise estatística da transição das lâmpadas fluorescentes (LF) para as lâmpadas de diodo emissor de luz (LED) em nossa instituição.

#### **METODOLOGIA**

O estudo foi realizado na Univassouras, localizada na cidade de Vassouras, Rio de Janeiro, no período de setembro de 2022 a abril de 2023. Assim, três etapas foram realizadas: requisição de documentos oficiais e visitas aos locais de armazenamento das lâmpadas queimadas para avaliação; extração de dados dos documentos fornecidos pela instituição para quantificação; e qualificação das



lâmpadas descartadas e estudo da viabilidade econômica da substituição das LF por lâmpadas LED dentro da Univassouras.

Nas instituições privadas, todo o processo de aquisição de material e contratação de serviços não necessita de submissão a processos licitatórios. Na Univassouras, as lâmpadas queimadas ficam armazenadas por períodos variáveis de, no máximo, um mês para serem recolhidas e receber a destinação adequada. Antes de 2014, as lâmpadas queimadas eram descartadas em lixo comum. Como a Univassouras é uma instituição de ensino que se preocupa com a preservação do meio ambiente e, ainda, para atender à Lei nº 12.305/2010 (BRASIL, 2010), referente à gestão de resíduos sólidos, instituiu processos para o descarte adequado desse material.

Com base nesses documentos, foi possível realizar levantamentos qualitativos e quantitativos das lâmpadas descartadas e os seus custos. Nos meses de setembro e outubro de 2022, foram realizadas visitas aos locais de armazenamento para conhecimento da forma atualmente empregada para a estocagem das lâmpadas queimadas. Para demonstrar a viabilidade econômica e as relações de custobenefício da substituição das LF pelas LED, cálculos foram realizados a partir de uma amostra de 60 lâmpadas, tomando-se como base 16salas de aula do bloco 9, localizado no Campus de Vassouras/RJ. Esse bloco foi o escolhido por representar, em similaridade, os demais blocos de salas de aulas dos campi da Univassouras, além de contemplar os critérios de adoção das normas técnicas brasileiras de instalações elétricas.

Para realização deste artigo foi feita uma pesquisa no Google Acadêmico para conhecer a literatura sobre o tema substituição de lâmpadas. A *string* de pesquisa utilizada foi (lâmpada AND fluorescente AND led AND mercúrio). O período de referência foi entre 2019 e 2023. Como resultado de pesquisa obteve-se 97 artigos. A tabela 1 apresenta as etapas de triagem seguidas para a seleção dos estudos mais relevantes.

Tabela 1. Etapas da Pesquisa Bibliográfica

Etapas	Artigos	N°
1 <sup>a</sup> Etapa	Total	97
2ª Etapa	Triagem	30
3ª Etapa	Resumos	3
4 <sup>a</sup> Etapa	Seleção Final	2

Fonte: os autores (2023)

De acordo com Lins *et al.* (2022), a substituição de lâmpadas fluorescentes por LED aumenta a eficiência energética de uma empresa, gerando como resultado não apenas um menor consumo de energia, como também pouca necessidade de manutenção. Dentre os diversos benefícios trazidos pela implantação desse projeto, pode-se citar uma vida útil superior a quarenta mil horas, com depreciação luminosa inferior a 15%, além de possuírem alta resistência à vibração e impacto, reduzindo em



até 95% o consumo de energia em relação a outras lâmpadas. Possuem fator de potência acima de 96% garantindo, assim, uma menor potência reativa. O descarte é simplificado por não possuírem mercúrio ou outras substâncias perigosas.

Já Antonia Ferreira dos Santos Cruz (2002) discute, quanto à eficiência energética, que fica evidente a superioridade das tecnologias estudadas quando comparadas com as lâmpadas incandescentes. Entretanto, quando se observa os efeitos das lâmpadas fluorescentes e Led's sobre a rede elétrica, verifica-se certo comprometimento na qualidade de energia, devido ao surgimento de distorções harmônicas assim como o baixo fator de potência.

Segundo Naime e Garcia (2004), uma LF, enquanto estiver intacta, não oferece nenhum risco ambiental aos meios físico, biológico e antrópico, porém, ao ser rompida, o mercúrio existente em seu interior se libera sob a forma de vapor podendo ser inalado por quem manuseia o resíduo. As lâmpadas quebradas acidentalmente deverão ser separadas das demais e guardadas em recipientes herméticos, como tambores de aço com vedação adequada (SANCHES, 2008). Também não se devem embutir os pinos de contato elétrico para identificar as LFs inservíveis, prática condenada, já que os orifícios resultantes nos soquetes das extremidades da lâmpada permitem o vazamento do mercúrio para o ambiente (LIMA, 2007).

Dessa forma, a revisão da literatura revela que a substituição das lâmpadas fluorescentes por LEDs oferece inúmeras vantagens em termos de eficiência energética e durabilidade. No entanto, observações de Cruz (2022) indicam que a transição para LEDs pode afetar a qualidade da energia elétrica devido a distorções harmônicas e baixo fator de potência. Quanto ao aspecto ambiental, Naime e Garcia (2004) ressaltam que as lâmpadas fluorescentes representam riscos quando quebradas, liberando mercúrio no ambiente, tornando importante o manuseio e descarte adequados para evitar danos à saúde e ao meio ambiente.

A Tabela 2, apresenta os dados referentes à substituição de lâmpadas na Univassouras, tendo como meses de referência de fevereiro a setembro de 2021.

A Tabela 3 apresenta os dados referente aos meses de fevereiro a setembro de 2022. Todos os dados foram fornecidos pela Univassouras.





Tabela 2. Dados de substituição de lâmpadas - 2021

Mês/ano	Quantidade de lâmpadas
Fev/2021	2
Mar/2021	3
Abr/2021	15
Mai/2021	10
Jun/2021	12
Jul/2021	7
Ago/2021	5
Set/2021	8
Total	62

Fonte: Univassouras (2023).

O Gráfico 1 apresenta a comparação de lâmpadas substituídas no bloco9 total em quantidade referente aos anos 2021 e 2022. Nota-se que a quantidade no ano de 2021 é maior que o ano de 2022, isso pode ser devido ao fato das salas de aula terem sido utilizadas até fora do horário estipulado em fevereiro de 2021.

Tabela 3. Dados de substituição de lâmpadas - 2022

Mês/ano	Quantidade de lâmpadas
Mar/2022	5
Abr/2022	11
Mai/2022	9
Jun/2022	7
Jul/2022	15
Ago/2022	6
Set/2002	7
Total	60

Fonte: Univassouras (2023).



1



2500

2021

2022

2000

1500

500

67

55

Gráfico 1. Comparação de lâmpadas total em quantidade

Fonte: os autores (2023).

Ano Total

#### RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao aplicar análise estatística aos dados sobre a substituição de lâmpadas realizada na Univassouras obteve-se os resultados apresentados na Tabela 4. Com a análise realizada foi possível identificar a média, EP média, desvio padrão, mínimo, Q1, mediana, Q3 e máximo dos dados.

EP Desvio N\* Variável Ano Média Mínimo Q1 Mediana Q3 Máximo Média Padrão 2021 8 0 7,75 1,58 4,46 2,00 3,50 7,50 11,50 15,00 Quantidade 2022 0,00 5,25 7,00 15,00 8 0 7,50 1,56 4,41 10,50

Tabela 4. Estatísticas descritivas

Fonte: os autores (2023).

Com os dados, pode-se perceber que a média entre os anos de 2021 e 2022 do bloco 9 da Universidade aparentemente apresenta diferença. Porém, para a afirmar, é necessário elucidar através de dados utilizando outras análises estatísticas. O Gráfico BoxPlot (Gráfico 2) apresenta uma visualização da distribuição desses dados.





Gráfico 2. BoxPlot

Boxplot de quantidade

Fonte: os autores (2023).

A primeira etapa da análise consiste em verificar o método estatístico mais apropriado para comparação dos grupos. Para tanto, executa-se um teste de normalidade e, em tendo os dados uma distribuição normal, um teste de homoscedasticidade (igualdade de variâncias). Daí pode-se determinar se será utilizado um método paramétrico ou então um não-paramétrico. As hipóteses utilizadas no teste de Normalidade, considerando um índice de significância de 5% foram:

H0: Dados possuem distribuição normal

H1: Dados não possuem distribuição normal

O Gráfico 3 apresenta o resultado do teste de normalidade.



Gráfico 3. Teste de Normalidade

Fonte: os autores (2023).



Como p-value (ou valor-p) > 0,100 é superior ao nível de significância estabelecido de 5% (= 0,05) então aceita-se a hipótese nula de que os dados possuem distribuição normal. Desta forma, devese proceder com o teste de homoscedasticidade (igualdade de variâncias). As hipóteses utilizadas no teste, considerando um nível de significância de 5% foram:

H0: Grupos possuem variâncias iguais (homocedásticos)

H1: Grupos não possuem variâncias iguais (não homocedásticos)

O Gráfico 4 apresenta o resultado do teste de homocedasticidade.

Teste e IC para Duas Variâncias: quantidade versus ano Razão = 1 vs Razão ≠ 1 95% IC de o(2021) / o(2022) Teste de Bonett Valor-p 0.972 Teste de Levene Valor-p 0.724 IC de 95% para o 2032 Boxplot de quantidade versus ano 202 2.8 12.5 15.0

Gráfico 4. Teste de homoscedasticidade.

Fonte: os autores (2023).

Pelo teste de Levene, como *p-value* (valor-p) = 0.724 é superior ao nível de significância estabelecido de 5% (= 0.05), aceita-se a hipótese nula de que os dados são homocedásticos (possuem igualdade de variâncias).

Como os dados são normais e homocedásticos, pode-se utilizar um método estatístico paramétrico para comparação das médias. Como nosso estudo fará a comparação de dois grupos, o delineamento experimental é de um fator e dois tratamentos. Assim, será utilizado o teste t de *student* para comparar as médias. No teste foram consideradas as seguintes hipóteses, com nível de significância de 5%:





H0: Não existe diferença significativa entre as médias dos grupos (médias iguais)

H1:Não existe diferença significativa entre as médias dos grupos (médias diferentes)

O Gráfico 5 apresenta o resultado do teste de comparação das médias.

Gráfico 5. Teste de comparação das médias

Hipótese nula	H <sub>0</sub> : $\mu_1$ - $\mu_2$ = 0
Hipótese alternativa	H <sub>1</sub> : $\mu_1 - \mu_2 \neq 0$

Valor-T	GL	Valor-p
0,11	13	0,912

Fonte: os autores (2023).

Como *p-value* (valor-p) = 0,912 é superior ao nível de significância estabelecido de 5% (= 0,05), aceita-se a hipótese nula de que não existe diferença significativa entre as médias da variável quantidade em relação aos anos de 2021 e 2022, a um nível significância de 5%.

#### **CONCLUSÕES**

A conclusão do artigo destaca a importância da substituição de lâmpadas, uma atividade comum na instituição, especialmente do ponto de vista ambiental, pois incorpora práticas de sustentabilidade XE "sustentabilidade" \b essenciais, particularmente em um ambiente educacional. A análise realizada neste artigo teve como objetivo quantificar os benefícios e impactos da substituição das lâmpadas em um contexto em que o meio ambiente é uma instituição educacional.

Uma descoberta interessante, através da revisão da literatura, foi a considerável redução do risco de intoxicação por mercúrio resultante da substituição das lâmpadas fluorescentes (LF)\ por lâmpadas de diodo emissor de luz (LED). A análise estatística, utilizando o teste t, não revelou diferença significativa entre as médias da variável "quantidade" em relação aos anos de 2021 e 2022, o que sugere uma consistência na implementação dessa prática ao longo do tempo.

Portanto, os resultados indicam que a substituição das lâmpadas não apenas promove uma abordagem mais sustentável, mas também contribui para a segurança e saúde dos ocupantes da instituição, ao mesmo tempo em que mantém uma eficiência e consistência notáveis na gestão dessa importante área de manutenção. Essa experiência destaca a relevância de medidas proativas para reduzir os impactos ambientais e promover um ambiente de ensino mais seguro e sustentável.



#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS



CRUZ, A. F. S. Análise Comparativa da Eficiência Energética e Qualidade de Energia em Lâmpadas Incandescentes, Fluorescentes e LED's. Mestrado em Regulação da Indústria de Energia. Centro Universitário Jorge Amado, 2022.

LINS, E. A. Maia. Análise Comparativa da Logística Reversa de Lâmpadas Fluorescentes e LED em uma Siderúrgica Pernambucana. Instituto Federal de Pernambuco / Universidade Católica de Pernambuco, 2022.

NAIME, R.; GARCIA, A.C. Propostas para o gerenciamento de resíduos de lâmpadas fluorescentes. **Espaço para a Saúde**, Londrina, v. 6, n. 1, p. 1-6, 2004.

LIMA, V.D. Procuradoria Geral da República. Secretaria de Administração do MPF. Programa de Gestão Ambiental. **Projeto de Descontaminação de Lâmpadas com Mercúrio.** Brasília: PGR/MPF, 2007. 15 p.

SANCHES, E.S.S. Logística reversa de pós-consumo do setor de lâmpadas fluorescentes. In: Congresso Nacional de Engenharia Mecânica, 5., 2008. Salvador, p. 18-22 de 2008.

CESTARI, W.; MARTINS, C.H. Logística reversa de lâmpadas fluorescentes pós-consumo: estudo de caso: sistema de armazenagem em uma instituição de ensino. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v. 19, n. 3, p. 124-135, 2015. Disponível em: http://dx.doi.org/10.5902/2236117017725.

#### Informação sobre os autores

#### Luiz Carlos de Oliveira

Tecnólogo em Gestão de Recursos Humanos, pós-graduado em Sistema de Gestão Integrado (QSMRS) e Mestrando em Ciências Ambientais - PMPCA, Univassouras.

Email: luizcarlostecseg@gmail.com

#### Prof. Dr. Carlos Vitor Alencar Carvalho

Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Pará, mestrado em Engenharia Civil e doutorado em Engenharia Civil pela Pontificia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Pósdoutorado em Educação Matemática pela Universidade Bandeirante de São Paulo. Aperfeiçoamento/Extensão Universitária em Competitive Project Management e Business English na State University of New York at New Paltz. Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho, Especialista em Big Data e Ciência de Dados e Especialista em Gerenciamento de projetos. Professor da Univassouras no Mestrado Profissional em Ciências Ambientais. Também é Professor Associado da UERJ, vinculado ao Departamento de Naval e Pesca. Naval. Professor no Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia Ambiental da UERJ.

Email: carlos.vitor@univassouras.edu.br

#### Prof. Dr. Marco Antônio Pereira Araújo

Doutor e Mestre em Engenharia de Sistemas e Computação pela COPPE/UFRJ. Especialista em

Métodos Estatísticos Computacionais e Bacharel em Matemática com Habilitação em Informática pela UFJF. Professor Adjunto da Universidade Federal de Juiz de Fora. Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais - Campus Juiz de Fora. Professor dos cursos de Bacharelado em Sistemas de Informação e Engenharia de Software do UniAcademia, da FMG e da Universidade de Vassouras. Professor do Mestrado em Ciência da Computação da UFJF. Professor do Mestrado em Ciências Ambientais da Univassouras.

Email: marco.araujo@univassouras.edu.br





# Construindo caminhos verdes: o papel das pontes ecológicas na conservação da biodiversidade

Ana Carolina Pereira de Oliveira

#### INTRODUÇÃO

A crescente expansão das infraestruturas humanas ao redor do mundo tem trazido benefícios indiscutíveis em termos de mobilidade e desenvolvimento econômico. No entanto, esse desenvolvimento muitas vezes vem acompanhado de um impacto significativo sobre os ecossistemas naturais e a vida selvagem que habitam essas áreas. A fragmentação do habitat devido a estradas, ferrovias e outros obstáculos artificiais têm sido uma das principais ameaças à biodiversidade global.

À medida que enfrentamos os desafios do século XXI relacionados às mudanças climáticas e à perda de biodiversidade, surge uma necessidade premente de reconciliar o crescimento urbano e a conservação da natureza. É nesse contexto que as pontes ecológicas emergem como uma solução inovadora e promissora.

As pontes ecológicas são estruturas cuidadosamente projetadas e construídas que conectam áreas de habitat fragmentadas, permitindo que animais selvagens atravessem com segurança as barreiras criadas pela infraestrutura humana. Essas estruturas oferecem um vislumbre da coexistência harmoniosa entre a engenharia e a ecologia, demonstrando que é possível construir um mundo onde as necessidades da sociedade e da natureza se complementem.

Neste capítulo, exploraremos em profundidade o papel vital das pontes ecológicas na conservação da biodiversidade. Discutiremos os benefícios ambientais e econômicos dessas estruturas, examinaremos estudos de caso de sucesso em várias partes do mundo e consideraremos os desafios técnicos e políticos associados à sua implementação. Além disso, destacaremos como as pontes ecológicas não apenas preservam a vida selvagem, mas também promovem um ambiente mais saudável e sustentável para as comunidades humanas.

#### CONECTIVIDADE ECOLÓGICA

A conectividade ecológica é um conceito central na compreensão dos desafios enfrentados pela biodiversidade em paisagens fragmentadas. Refere-se à capacidade dos organismos e ecossistemas de manterem interações funcionais em um ambiente fragmentado, permitindo o fluxo de genes, espécies e processos ecológicos essenciais. A fragmentação do habitat, causada por estradas, urbanização e outras barreiras artificiais, frequentemente interrompe essa conectividade natural, levando a uma série de impactos negativos.

Neste contexto, as pontes ecológicas desempenham um papel crucial ao restabelecer as





conexões perdidas. Elas proporcionam corredores seguros para a fauna, permitindo a movimentação livre de animais e plantas entre áreas fragmentadas. Além disso, promovem a diversidade genética, o que é essencial para a sobrevivência de populações isoladas.

Ao compreender a importância da conectividade ecológica, podemos apreciar melhor o valor das pontes ecológicas como soluções práticas para mitigar os efeitos prejudiciais da fragmentação do habitat e promover a conservação da biodiversidade em paisagens humanizadas. Este artigo explorará em detalhes como as pontes ecológicas desempenham um papel vital na restauração da conectividade ecológica, contribuindo para a saúde dos ecossistemas e a sobrevivência de muitas espécies.

#### O CONCEITO DE PONTES ECOLÓGICAS

Segundo Banger e o CBEE, em média, 475 milhões de animais selvagens são atropelados todo ano no País - cerca de 90% bichos de pequeno porte, como pássaros e sapos. As pontes ecológicas, também conhecidas como passagens de fauna, são estruturas projetadas e construídas com o propósito específico de conectar áreas naturais fragmentadas por barreiras humanas, como estradas, ferrovias e corpos d'água. Essas estruturas são cuidadosamente planejadas para permitir que animais selvagens, incluindo mamíferos, aves, répteis e anfíbios, atravessem com segurança essas barreiras artificiais, garantindo a continuidade dos fluxos genéticos, das migrações sazonais e das interações ecológicas.

O conceito fundamental por trás das pontes ecológicas é restabelecer a conectividade ecológica em paisagens fragmentadas, onde a expansão urbana e a infraestrutura de transporte interrompem rotas de movimentação natural de animais. Essas estruturas não apenas reduzem o risco de colisões entre veículos e vida selvagem, mas também promovem a recuperação de populações de espécies ameaçadas e contribuem para a conservação da diversidade biológica.

As pontes ecológicas são projetadas levando em consideração as necessidades específicas das espécies locais, bem como a topografia e as características do ambiente. Elas podem variar em tamanho, forma e localização, dependendo do contexto ecológico e das espécies-alvo. Além disso, muitas vezes são acompanhadas por cercas e outras medidas de manejo para direcionar os animais em direção às passagens seguras.

No cerne desse conceito está a ideia de que o desenvolvimento humano e a conservação da natureza podem coexistir de maneira harmoniosa. As pontes ecológicas representam um exemplo tangível de como a engenharia ecológica pode ser aplicada para proteger a biodiversidade e promover a sustentabilidade em um mundo cada vez mais urbanizado. Este artigo explorará a evolução das pontes ecológicas, sua eficácia e os benefícios que proporcionam tanto para a vida selvagem quanto para as comunidades humanas.



#### BENEFÍCIOS DAS PONTES ECOLÓGICAS



#### Conservação da biodiversidade:

A conservação da biodiversidade é uma preocupação global urgente, à medida que a expansão urbana e a fragmentação do habitat ameaçam a variedade de vida na Terra. Nesse cenário desafiador, as pontes ecológicas emergem como soluções inovadoras e eficazes para proteger a biodiversidade.

Essas estruturas permitem que a fauna cruze com segurança rodovias e estradas, restaurando a conectividade entre habitats fragmentados. Isso é essencial para a sobrevivência de muitas espécies, uma vez que populações isoladas enfrentam riscos significativos, como a perda de diversidade genética e a ameaça de extinção.

Além disso, as pontes ecológicas promovem o fluxo genético, permitindo que os genes fluam entre diferentes populações. Isso fortalece a saúde genética das espécies e ajuda na adaptação às mudanças ambientais.

Essas estruturas também reduzem o número de animais atropelados em estradas, protegendo tanto a fauna quanto a segurança viária. E, ao evitar conflitos entre humanos e animais, elas contribuem para uma coexistência mais harmoniosa entre todas as formas de vida. As pontes ecológicas são um farol de esperança para a conservação da biodiversidade. Elas oferecem uma série de benefícios notáveis:

- Aumento da Diversidade de Espécies: Facilitam a movimentação de animais, permitindo que uma variedade de espécies colonize áreas anteriormente isoladas.
- Fluxo Genético: Promovem o fluxo genético entre populações separadas, preservando a variabilidade genética essencial para a saúde a longo prazo de muitas espécies.
- Recuperação de Espécies Ameaçadas: Contribuem para a recuperação de espécies ameaçadas, permitindo que populações fragmentadas se interconectem e fortaleçam.

#### Segurança Viária:

A segurança viária é uma preocupação crucial em todo o mundo, à medida que o tráfego rodoviário aumenta e as estradas cruzam habitats naturais. Nesse contexto, as pontes ecológicas desempenham um papel fundamental na promoção da segurança viária.

Essas estruturas oferecem passagens seguras para a fauna, ajudando a reduzir o número de colisões entre veículos e animais. Isso não apenas protege a vida selvagem, mas também salva vidas humanas, prevenindo acidentes causados por colisões com animais de grande porte.

Além disso, as pontes ecológicas contribuem para a redução de danos materiais e custos



associados a acidentes rodoviários, tornando-se uma solução econômica a longo prazo. Elas proporcionam paz de espírito aos condutores, reduzindo o risco de encontros perigosos com animais nas estradas. Além de conservar a fauna, as pontes ecológicas oferecem benefícios diretos para a segurança viária:

- Redução de Atropelamentos: Ao fornecer passagens seguras para animais, reduzem drasticamente o número de colisões entre veículos e fauna, protegendo vidas humanas e animais selvagens.
- Diminuição de Acidentes Humanos: Minimizam o risco de acidentes rodoviários causados por colisões com animais de grande porte, aumentando a segurança dos motoristas.

#### Saúde do ecossistema:

A saúde do ecossistema é fundamental para o equilíbrio ecológico e o bem-estar da vida na Terra. As pontes ecológicas desempenham um papel significativo na promoção da saúde desses sistemas naturais.

Essas estruturas contribuem para a preservação da paisagem, evitando a fragmentação do habitat. Ao conectar áreas anteriormente isoladas, as pontes ecológicas permitem que ecossistemas inteiros permaneçam intactos. Isso é vital para a manutenção da biodiversidade e a preservação de espécies ameaçadas.

Além disso, as pontes ecológicas promovem a biodiversidade ao permitir que espécies se movam livremente. Essa mobilidade facilita a disseminação de sementes, a polinização e a recuperação de áreas perturbadas.

As pontes ecológicas desempenham um papel fundamental na manutenção da saúde dos ecossistemas:

- Preservação da Paisagem: Evitam a fragmentação do habitat, permitindo que ecossistemas inteiros se mantenham intactos e minimizando a degradação.
- Promoção da Biodiversidade: Ao facilitar o movimento de espécies, contribuem para a manutenção da diversidade biológica e da interdependência entre organismos.

Em resumo, as pontes ecológicas não são apenas estruturas físicas, são manifestações tangíveis de nossa responsabilidade compartilhada de proteger a biodiversidade e promover a coexistência harmoniosa com a natureza. Investir em sua construção e manutenção é um investimento no futuro da biodiversidade e na harmonia entre todos os seres vivos em nosso planeta. Elas são um testemunho da nossa capacidade de encontrar soluções que permitam que a infraestrutura humana e a vida selvagem compartilhem um espaço comum de maneira sustentável e benéfica para ambas as partes.



#### VARIEDADE DE PONTES ECOLÓGICAS



As pontes ecológicas, também conhecidas como passagens de fauna ou ecodutos, vêm em diversos tipos, cada um adaptado para atender às necessidades específicas de diferentes espécies e ambientes. Aqui estão alguns dos principais tipos de pontes ecológicas:

- Passagens Terrestres: São pontes que permitem que animais terrestres, como mamíferos, répteis e anfíbios, atravessem estradas e rodovias com segurança. Elas são frequentemente projetadas com vegetação e características naturais para atrair a fauna.
- Passagens Aquáticas: Projetadas para permitir que animais aquáticos, como peixes e anfíbios aquáticos, naveguem sob ou sobre estradas e ferrovias. Essas passagens podem incluir canais subaquáticos, túneis ou até mesmo pontes suspensas sobre rios.
- Ecodutos Arborizados: São pontes ecológicas cobertas por vegetação, criando uma continuidade natural para animais que se movem pela copa das árvores. Isso é especialmente útil para espécies arbóreas, como primatas e algumas espécies de aves.
- Ecodutos Subterrâneos: São túneis subterrâneos que permitem que animais subterrâneos, como topos e pequenos mamíferos, atravessem estradas com segurança.
- Ecodutos Lineares: São passagens longas e estreitas que se estendem ao longo de uma rodovia, permitindo que a fauna se mova gradualmente de um lado para o outro. Isso é particularmente eficaz para animais que preferem deslocar-se ao longo de uma linha reta.
- Pontes Ecológicas Multiníveis: São estruturas que incluem múltiplos níveis ou camadas para acomodar diferentes espécies que se movem em alturas diferentes. Isso pode incluir passagens terrestres e ecodutos arborizados em uma única estrutura.
- Passagens Aéreas para Aves: São estruturas elevadas projetadas especificamente para aves, permitindo que elas cruzem com segurança estradas e rodovias. Essas passagens podem incluir poleiros e locais de descanso para as aves.
- Pontes Ecológicas Subaquáticas: Projetadas para animais marinhos, como tartarugas marinhas, golfinhos e peixes migratórios. Elas podem ser túneis subaquáticos ou passagens que flutuam na água.
- Ecodutos para Fauna de Grande Porte: São estruturas robustas projetadas para acomodar animais de grande porte, como cervos, ursos e grandes felinos. Essas passagens são mais amplas e resistentes para acomodar o tamanho e o peso dessas espécies.

A escolha do tipo de ponte ecológica depende das espécies presentes na área, do tipo de habitat e das características da infraestrutura humana. Cada tipo de passagem é projetado para atender às necessidades específicas de conservação da biodiversidade em um determinado local.

## CONSTRUÇÃO DE UMA PONTE ECOLÓGICA

A construção de uma ponte ecológica é um processo meticuloso que visa reestabelecer a



conectividade entre habitats fragmentados pela expansão urbana e infraestrutura. Essas estruturas desempenham um papel fundamental na proteção da biodiversidade e na promoção da coexistência harmoniosa entre humanos e a fauna.

Tudo começa com uma fase de planejamento minuciosa. A localização da ponte ecológica é escolhida com base em análises de fragmentação do habitat, movimentos da fauna e prioridades de conservação. Estudos ambientais são conduzidos para entender o ecossistema local e as espécies que serão beneficiadas. O envolvimento das partes interessadas, incluindo comunidades locais e especialistas em conservação, é fundamental.

Durante esta fase, o projeto da ponte ecológica toma forma. Especificações técnicas, como tamanho, forma e materiais apropriados, são definidas. Modelos computacionais são utilizados para determinar a localização ideal, levando em consideração as rotas de movimentação da fauna. O design prioriza a segurança tanto para os animais quanto para as pessoas.

Com o projeto finalizado, a construção da ponte ecológica começa. O terreno é preparado, removendo-se obstáculos e criando a base sólida necessária. A estrutura principal, que inclui pilares e o tabuleiro da ponte, é cuidadosamente erguida. Elementos de paisagismo, como vegetação nativa, são incorporados para tornar a passagem atraente para a fauna. Barreiras e cercas são instaladas para guiar os animais de forma segura para a travessia.

Após a construção, a ponte ecológica entra em um estágio de monitoramento constante. Programas de observação são implementados para avaliar a utilização da passagem pela fauna e sua eficácia na restauração da conectividade ecológica. A manutenção regular é crucial para garantir a integridade estrutural e funcional da ponte. Aprendizados do monitoramento direcionam ajustes e melhorias, se necessários.

A construção de uma ponte ecológica é um testemunho da nossa capacidade de engenharia para se alinhar com a conservação ambiental. Ela simboliza a possibilidade real de proteger ecossistemas frágeis em paisagens urbanizadas. Este capítulo explorará com mais profundidade cada etapa desse processo, enfatizando o papel vital das pontes ecológicas na restauração da conectividade ecológica e na preservação da biodiversidade em nosso mundo cada vez mais desenvolvido.

#### EVIDÊNCIAS CIENTÍFICAS E ESTUDOS DE CASO

Desde a concepção das primeiras pontes ecológicas, a comunidade científica tem se empenhado em avaliar sua eficácia. O resultado é um corpo crescente de evidências científicas que respaldam a importância dessas estruturas na proteção da biodiversidade. As evidências incluem:

• Diversidade de Espécies: Inúmeros estudos demonstraram um aumento na diversidade de espécies em áreas servidas por pontes ecológicas. Essas estruturas facilitam a movimentação de animais, permitindo a colonização de áreas anteriormente inacessíveis.

- Fluxo Genético: As pontes ecológicas desempenham um papel fundamental na promoção do fluxo genético entre populações isoladas. Isso é essencial para a saúde a longo prazo de muitas espécies, prevenindo a consanguinidade e mantendo a variabilidade genética.
- Redução de Atropelamentos: Estudos de monitoramento de estradas com e sem pontes ecológicas revelam uma redução significativa no número de animais atropelados onde essas estruturas estão presentes. Isso beneficia tanto a fauna quanto a segurança humana.
- Recuperação de Espécies Ameaçadas: Pontes ecológicas têm sido fundamentais na recuperação de espécies ameaçadas. Um exemplo notável é o do tigre-da-Malásia, cujas populações fragmentadas agora estão se recuperando graças à conectividade restaurada.

Ponte de Banff, Canadá: A Ponte de Banff, no Parque Nacional de Banff, é um exemplo icônico de sucesso (figura 1). Desde sua construção, pesquisas indicam que a passagem viabiliza o movimento de 10 a 20 ursos negros por ano, além de lobos, alces e linces.



Figura 1. Ponte de Banff, Canadá.

Fonte: Ciclo Vivo (2023)

Ponte do estado de Utah, nos EUA: Possui uma rodovia (Interstate 80) que já foi apelidada de "linha de massacre" por ali morrerem muitos animais todos os anos. Hoje em dia com a construção de uma ponte ecológica, usando troncos e pedregulhos, a ponte recria a paisagem natural ao redor.







Figura 2. Ponte ecológica na Interstate 80



Figura 3. Ponte ecológica na Intertate 80



Fonte: Ciclo Vivo (2023)





Figura 4. Ponte ecológica na Intertate 80



Ponte do Canal de Wildlife Overpass, Holanda: Na Holanda, a Ponte do Canal de Wildlife Overpass é um exemplo notável de cooperação entre ecologistas e engenheiros. Sua construção resultou em um aumento na diversidade de espécies nas áreas circundantes. Uma estrutura de 64 metros permite que espécies atravesse todas as 10 pistas na rodovia.

Figura 5. Ponte do Canal de Wildlife Overpass.

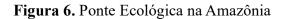


Fonte: Ciclo Vivo (2023)

Pontes Ecológicas na Amazônia, Brasil: Na floresta amazônica, pontes ecológicas têm se mostrado eficazes para preservar a biodiversidade, permitindo que espécies como jaguares e antas atravessem estradas sem risco.







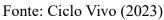


Ponte no Parques Australianos, Ilha Christmas: Para combater as mortes de caranguejos nas travessias o governo instalou uma série de pontes e mais de 40 túneis, ajudando a canalizar com mais segurança esses transeuntes.

Ponte Ecológica no Pará: O primeiro viaduto de fauna do Brasil vai contribuir para a redução dos atropelamentos de animais silvestres e ainda para a recuperação da vegetação nativa à beira da ferrovia.



Figura 7. Ponte no Parque Australiano, para caranguejos.











Esses estudos de caso ilustram como as pontes ecológicas estão desempenhando um papel vital na conservação da biodiversidade em todo o mundo. Eles não apenas fornecem evidências convincentes do sucesso dessas estruturas, mas também inspiram esforços contínuos para implementar mais passagens de fauna em paisagens fragmentadas. A ciência e os casos práticos se unem para confirmar que as pontes ecológicas são uma ferramenta crucial para proteger nosso patrimônio natural e garantir um futuro mais harmonioso entre humanos e a vida selvagem.

### INOVAÇÕES E FUTURO DAS PONTES ECOLÓGICAS

As pontes ecológicas representam uma conquista notável na busca pela coexistência harmoniosa entre a infraestrutura humana e a biodiversidade. No entanto, o campo das pontes ecológicas está em constante evolução, impulsionado por avanços tecnológicos, novas abordagens de design e uma compreensão mais profunda dos ecossistemas.

As pontes ecológicas do futuro serão cada vez mais integradas com tecnologia de ponta. Incluindo; Sensores de monitoramento que serão sensores inteligentes incorporados para coletar dados sobre o uso das pontes por animais, auxiliando na gestão e conservação; Inteligência artificial (IA) será empregada para análise de dados e tomada de decisões em tempo real, otimizando a eficácia das passagens; Conectividade digital permitirá o acompanhamento remoto e a manutenção proativa das pontes.

O design das pontes ecológicas será ainda mais orientado pela ecologia das espécies-alvo. Incluindo, passagens que abrangem múltiplas espécies, levando em consideração suas necessidades específicas; Passagens verticais são estruturas que possibilitam a travessia de animais que se movem verticalmente, como aves migratórias; Paisagismo naturalista com vegetação autóctone, criará





ambientes mais atraentes para a fauna.

À medida que a consciência sobre a importância das pontes ecológicas cresce, a implementação se expandirá globalmente e os países desenvolverão redes de pontes ecológicas interligadas, criando corredores de vida selvagem em grande escala; Priorização da conservação receberão investimentos substanciais para garantir a conectividade contínua; Educação e conscientização será ampliada para destacar a importância das pontes ecológicas na conservação global.

A colaboração multidisciplinar entre engenheiros, biólogos, planejadores urbanos e comunidades locais será a chave para o sucesso das futuras pontes ecológicas. A pesquisa conjunta e o envolvimento com stakeholders serão fundamentais para garantir a eficácia e a aceitação dessas estruturas.

O futuro das pontes ecológicas exige um compromisso contínuo com a conservação a longo prazo. O monitoramento constante, a manutenção regular e a adaptação às mudanças nas necessidades da fauna garantirão que essas estruturas continuem a ser um pilar na proteção da biodiversidade.

Em suma, o futuro das pontes ecológicas é promissor, impulsionado por avanços tecnológicos e uma compreensão crescente de como essas estruturas podem contribuir para um mundo onde a infraestrutura humana e a vida selvagem possam coexistir harmoniosamente. Ao abraçar a inovação, a ciência e o compromisso de longo prazo, as pontes ecológicas continuarão a desempenhar um papel vital na preservação da biodiversidade global.

#### **DESAFIOS E CONSIDERAÇÕES**

À medida que avançamos na discussão sobre pontes ecológicas, é fundamental abordar os desafios e considerações que surgem durante sua implementação e manutenção. Embora essas estruturas ofereçam inúmeros benefícios à biodiversidade e à coexistência entre humanos e vida selvagem, enfrentam obstáculos significativos. Neste artigo de aproximadamente 100 linhas, exploraremos esses desafios e as considerações éticas, econômicas e práticas associadas às pontes ecológicas.

Alguns desafios na implementação de uma ponte ecológica, inclui a muitas vezes exigir um investimento substancial. A obtenção de financiamento adequado pode ser um desafio, especialmente em regiões com recursos limitados. O Planejamento Complexo, como identificar a localização ideal para uma ponte ecológica exige estudos detalhados e cooperação com múltiplas partes interessadas, o que pode ser demorado. Aceitação Pública que em alguns casos, a comunidade local pode resistir à construção de pontes ecológicas, temendo impactos em suas atividades cotidianas.

Alguns estudos indicam que pode ser necessário um período de aprendizado para que a fauna utilize efetivamente as pontes ecológicas, o que pode atrasar os resultados positivos. A segurança



animal e o risco de predadores ou atropelamentos nas próprias pontes é uma preocupação, e medidas de segurança adequadas são essenciais.

Os custos de manutenção regular são cruciais para garantir o funcionamento das pontes ecológicas, e os custos associados podem ser substanciais. O Monitoramento Exigente e a coleta de dados para análise de seu impacto na fauna requerem recursos significativos e compromisso contínuo.

As mudanças climáticas podem alterar os padrões de movimento da fauna, exigindo planejamento adaptável e flexível para garantir a eficácia contínua das pontes ecológicas. Com o crescimento urbano contínuo pode criar novos desafios à medida que novas estradas e infraestruturas são desenvolvidas.

Enquanto enfrentamos esses desafios e considerações, é essencial lembrar que as pontes ecológicas continuam sendo uma ferramenta crucial para proteger a biodiversidade e a conectividade ecológica. Superar esses obstáculos exige cooperação multidisciplinar, investimento sustentado e um compromisso inabalável com a coexistência harmoniosa entre humanos e vida selvagem. À medida que avançamos em direção a um futuro mais sustentável, as pontes ecológicas desempenharão um papel vital na preservação de nosso planeta e suas maravilhosas formas de vida.

#### CONCLUSÃO

Ao longo deste capítulo, exploramos profundamente o mundo das pontes ecológicas, desde sua concepção até seu futuro promissor. Essas estruturas representam uma manifestação tangível de nossa capacidade de harmonizar o desenvolvimento humano com a conservação da biodiversidade.

As pontes ecológicas não são apenas construções de concreto e aço; são testemunhas da nossa compreensão crescente sobre os impactos da fragmentação do habitat e da nossa vontade de encontrar soluções. Os pilares dessas estruturas não apenas suportam a carga física, mas também carregam a responsabilidade de proteger a vida selvagem que compartilha nosso planeta. Elas são símbolos do nosso compromisso em preservar a riqueza natural da Terra para as gerações presentes e futuras.

A ciência e os estudos de caso nos mostraram de maneira convincente que as pontes ecológicas funcionam. Elas aumentam a diversidade de espécies, promovem o fluxo genético, reduzem atropelamentos e contribuem para a recuperação de espécies ameaçadas. Os exemplos globais de sucesso, como a Ponte de Banff no Canadá e a Ponte Ecológica de Erawan na Tailândia, demonstram que essas estruturas têm um impacto duradouro na conservação da vida selvagem.

O futuro das pontes ecológicas é promissor e emocionante. Com avanços tecnológicos, integração de IA e abordagens de design baseadas em ecologia, essas estruturas serão ainda mais eficazes em conectar habitats fragmentados. A implementação em uma escala global, com a criação de redes de conectividade e a priorização da conservação, garantirá que a biodiversidade continue a prosperar.

No entanto, não podemos subestimar os desafios à frente. O sucesso das pontes ecológicas exige colaboração multidisciplinar, educação pública e um compromisso sustentável a longo prazo. Precisamos continuar a investir em pesquisa, monitoramento e manutenção para garantir que essas estruturas continuem a ser eficazes.

À medida que concluímos esta exploração das pontes ecológicas, lembramos que elas são mais do que simples estruturas; são um símbolo de nossa responsabilidade compartilhada de proteger e preservar a maravilhosa diversidade da vida em nosso planeta. Elas nos mostram que é possível encontrar soluções inovadoras que nos permitam coexistir harmoniosamente com a natureza. Enquanto olhamos para o futuro, que as pontes ecológicas continuem a ser um farol de esperança e uma ferramenta vital na construção de um futuro mais sustentável para todas as formas de vida na Terra.



#### REFERÊNCIAS

Ciclo Vivo: Viaduto garante travessia segura de animais selvagens. Disponível em: https://ciclovivo.com.br/arq-urb/urbanismo/viaduto-travessia-segura-animais-selvagens/Acesso em outubro de 2023.

NTC Brasil. Sustentabilidade: o que são pontes verdes e qual sua importância. Disponível em:https://www.ntcbrasil.com.br/blog/sustentabilidade-o-que-sao-pontes-verdes-e-qual-sua-importancia/ Acesso em outubro de 2023.

**Gazeta do Povo.** Primeiro viaduto para travessia de animais no Brasil é alerta para "ecologia das estradas". Disponível em: https://www.gazetadopovo.com.br/haus/estilo-cultura/primeiro-viaduto-para-travessia-de-animais-no-brasil-e-um-alerta-para-ecologia-de-estradas/ Acesso em outubro de 2023.

#### Informação sobre o autor

#### Ana Carolina Pereira de Oliveira

Aluna de Graduação em Engenharia Civil da Universidade de Vassouras.

Email: carolpereira2706@gmail.com







# A Escola Frente A Agenda 2030 – Desafios de Erradicação da Pobreza

Aline dos Santos Moreira de Carvalho

#### **RESUMO**

Este artigo tem o objetivo de refletir sobre a Agenda 2030 e os desafios de erradicação da pobreza. É um artigo de pesquisa bibliográfica onde se buscou várias fontes onde se referiam ao tema. A Organização das Nações Unidas, juntamente com os representantes de seus Estados-Membros, no ano de 2015, criou a Agenda 2030, que tem o objetivo de combater diversos problemas mundiais, como a erradicação da pobreza em suas diversas dimensões através da problemática principal, que aponta o uso consciente de recursos naturais a fim deevitar sua escassez a médio e longo prazo. O papel da escola no combate à pobreza e formação de líderes críticos é fundamental.

Palavras chave: Agenda 2030. Pobreza. Escola.





#### INTRODUÇÃO

A erradicação da pobreza faz parte de muitos discursos políticos que usam essa situação de vulnerabilidade social para erguer um palco onde representa um papel de salvador da pátria usando a esperança e até ingenuidade do povo, que recebe com esperança as promessas vãs e sem responsabilidade. Portanto a pobreza se perpetua pois o povo fragilizado serve de massa de manobra para manter a governabilidade de muitos "coronéis". Nesse sentido pode-se observar que a maioria dos governantes não tem em seus programaspolíticos algo efetivo para reverter essa situação.

Como uma possível solução surge a Agenda 2030 para o desenvolvimento Sustentável que promete congregar em seu centro as principais questões e desafios nas áreas econômica, ambiental e social, de maneira integrada e transversal, sendo proposta universalmente, ou seja, para todos os países. O slogan da agenda "Não deixar ninguém para trás", já demonstraa preocupação em atingir todos os grupos, com especial atenção os mais vulneráveis, contemplando às suas necessidades para que também alcancem as metas necessárias parao bem viver, para isso conta com o apoio dos 17 objetivos traçados foram elaborados e negociados através de um longo e complexo processo de discussão entre 2012 e 2015, sob as diretrizes colocadas pela resolução da Conferência das Nações Unidas para o Desenvolvimento Sustentável, a Rio+20 (ONUBR, 2018).

Como já referido a erradicação da pobreza em todas as suas formas, em todos os lugares, o principal objetivo da Agenda 2030, sendo que em 2000, o mundo comprometeu-seem reduzir pela metade o número de pessoas vivendo em extrema pobreza e alcançou, nos anos seguintes, ganhos notáveis no desenvolvimento humano. Até 2015, a pobreza havia sidoreduzida significativamente, o acesso ao ensino básico e os resultados da saúde melhoraram, bem como houve progresso na promoção da igualdade de gênero e no empoderamento das mulheres e meninas. No entanto, a erradicação da pobreza extrema continua a ser um desafio, com mais de 700 milhões de pessoas vivendo, globalmente, com menos de US\$ 1,90 por dia e mais da metade da população global vivendo com menos de US\$ 8,00 por dia (ONUBR, 2018).

Nesse contexto a sustentabilidade passou a ser um tema importante para o mundo, que já há algum tempo, voltam a atenção para todos os setores da sociedade em busca de ações que promovam uma vida sustentável, e investidores passaram a procurar empresas socialmente responsáveis, sustentáveis e rentáveis para aplicar recursos. Cujas aplicações são denominadas "investimentos socialmente responsáveis - SRI" e determinam que empresas sustentáveis gerem valor para os acionistas no longo prazo, devido a sua maior preparação para enfrentar riscos econômicos, sociais e ambientais.

Os danos causados ao ambiente pelas atividades econômicas, (ex: marés negras, fugas radioativas) tem gerado preocupações crescentes entre os cidadãos e diversas entidades coletivas, pressionando as empresas para a observância de requisitos ambientais e exigindo a entidades



reguladoras, legislativas e governamentais a produção de quadros legais apropriados e a vigilância da sua aplicação. Os meios de comunicação social e as modernas tecnologias da informação e da comunicação têm sujeitado a atividade empresariale econômica a uma maior transparência.

A abordagem ambiental deixou de figurar como elemento diferencial de mercado e passou a ser encarada como filosofia de trabalho e sobrevivência organizacional, para algumas empresas (MENDES, 2011). Mais do que seguir as exigências da Lei, as empresasprecisam estar preparadas para ser econômica, ambiental e socialmente correta, destacando assim que são realmente sustentáveis, podendo então, gerar algum diferencial competitivo exercendo aquilo que lhe é tido como obrigação nos dias atuais.

Mas qual o papel da escola nesse cenário? Sabe-se que a educação do ser humano inicia na infância, salvo exceções que não cabe discussão nesse momento. As primeiras informações formais estão a cargo da escola, com seu currículo construído com respaldo em temas progressistas que possam levar a uma discussão à nível global, pois as informações que despertam a curiosidade da criança são como sementes que germinam e vão abrindo espaço para atingir seu ápice. Portanto, são discussões que serão aprofundadas à medida que o amadurecimento vai surgindo. E o papel da escola é ir incentivando, oferecendo subsídios e oportunidades de discussão.

Importante a pedagogia da práxis de Gadotti (1998) que reconhece que a contradição e o conflito são inerentes à sociedade, não os nega, mas tomando o vocábulo "práxis" com osentido de "ação" como no original da língua grega, entende a educação como ação transformadora, pois considera o ser humano um ser inacabado, sempre em busca para se completar e por isso, transformador.

#### Os desafios da Escola frente a Agenda 2030

Em relação à educação a agenda 2023 se encontra inserida nos temas transversais, onde são propostos, nas escolas, trabalhos de conscientização quanto aos assuntos de ordem social, de interesse comum a toda a sociedade, não somente local mas global. O quese percebe que os temas como Meio ambiente, sociedade são trabalhados sem ser vinculadosa agenda 2030, o que se pode dizer que a maioria dos educadores não tem consciência da existência.

Pode-se considerar que o trabalho da escola é a base para o mundo sustentável. Pois,quando oportuniza aos alunos atividades práticas no ensino a partir de temas transversais contemporâneos que contemplem os ODS de forma a relacionar meio ambiente e saúde com a vivência e experiência de cada um, está causando uma mudança na visão que a criança tem de mundo, de preservação e cuidados com o ambiente o que reverte na qualidade de vida.

Os temas transversais inserem a escola nas discussões sociais, pois são oportunidades de se inserir em debates relevantes que fazem parte de uma agenda global e a motivação para o



despertar do pensamento crítico deve iniciar já nas fases iniciais. Se a escola está sendo repensada, reestruturada, redesenhada, com ela também os docentes precisam rever seus conceitos e práticas. Lima e Moura (in BACICH, NETO, DE MELO TREVISAN, 2015, p. 91) descrevem este professor. Ele deve ser um profissional moderno, que se atualiza constantemente, que não mede esforços em investir na sua própria formação. Alguém que promova discussões, um mediador para os seus alunos, estimulando o protagonismo de cada um deles e um dos caminhos para isso são as práticas pedagógicas diferenciadas. Não se deve ensinar a todos como se fossem um só, pois são todos diferentes, cada um é um.

Um dos temas importantes a ser trabalhado na escola é a pobreza, que é um tema transversal, e oportuniza elencar outros fatores que influenciam no alcance do desenvolvimento sustentável, como o acesso à água potável e saneamento, energia e saúdede qualidade, alimentação ambiente saudável, que engloba a realidade de cada aluno, a limpeza de seus pátios, seu ambiente doméstico. É oportunidade de a escola buscar a melhoria de vida de sua comunidade, somando forças com as políticas públicas e sociedadeem geral. As metas do ODS 1 estabelecem esse compromisso de olharmos para aqueles queestão em pior situação. No entanto, as metas são só o início. Elas dão os horizontes do que os países têm que fazer. Mas elas não são a palavra final em si mesmas. São só o início e também atuam como parâmetros para o acompanhamento da implementação dos ODS", dizo pesquisador do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) Pedro Herculano de Souza.

Portanto, cabe a escola promover discussões políticas, mas, não partidárias, respeitando ideias, abrindo caminhos para o debate comprometido com a agenda da sustentabilidade, isento de opiniões tendenciosas ou formação de pensamentos atrelados aopartidarismo. Como diz Durkheim (1973), a educação é a ação exercida pelas gerações adultas sobre as gerações que não se encontram ainda preparadas para a vida social; tem por objetivo suscitar e desenvolver, na criança, certo número de estados físicos, intelectuais e morais, reclamados pela sociedade política no seu conjunto e pelo meio especial que a criança, particularmente, se destine

É importante essa observação pois estamos vivendo a polarização política que tenta alienar mentes questionadoras para que se foquem em um determinado ponto de discussão,mas, a sustentabilidade não é atrelada a pensamentos dominantes, ao contrário, é a liberdade de pensar e se expressar que move o mundo para o progresso. Cabe escola a estimulação do pensamento livre e crítico cumprindo a tarefa de educar. "O termo 'educar' se amplia conceitualmente como um recurso civilizador – a difusão de um padrão de moral e decostumes orientados para os novos tempos" (TELLES, 2007).

A agenda 2030 vai se materializar no livre pensar, na real vontade de mudar o mundosem esquecer que o mundo é representado por pensamentos diversos e também antagônicos.

A Agenda 2030 é extremamente importante para a transformação sociocultural, com ênfase ao setor econômico, mas não dá para deixar de observar que ''e fácil sentar com representante de



países participantes e discutir ações políticas e politizadas, sendo que o cidadão que passa fome não quer saber do melhor discurso, da mais contundente proposta de solução, e sim do pão em sua mesa,, no sustento de seus filhos, na forma de se sustentarsem se escravizar.

Mais uma vez se volta ao papel da escola. O que pode fazer para integrar e trazer para seu cotidiano a agenda 2030 que parece tão distante e formal para ser executada em realidades díspares. Mas não, a agenda é de todos nós cidadãos do mundo, é do pobre, do rico, do preto, do branco, dos indígenas, de todos. A educação não pode ser apenas intelectual, precisa atingir o ser humano em toda sua plenitude, pois, é através do diálogo, doencontro que o conhecimento se constrói.

O que falta é a popularização dos objetivos e da própria Agenda, e a conscientização que a base é a educação. Não a educação calcada na utopia, mas consciente, onde a realidade da comunidade escolar é o foco, onde a conscientização comece na possibilidade de cada uma, como por exemplo: quando a escola é particular o debate deve se focar nas diferenças sociais, promovendo a integração com as escolas das periferias que muitas vezesnão tem recursos para investir em pequenos projetos sociais que pode fazer toda a diferença na vida de seus alunos e familiares, como por exemplo plantio de árvores frutíferas, hortas, envolvendo limpeza, higiene, descarte de lixos, e muito mais que está depositado normalizando a degradação ambiental, investindo na falta de consciência, pois, nos lixos pessoais se forma a cultura do preservar ou não.

Somente na união dos cidadãos que a Agenda 2030 vai sair do papel e se tornar realidade, pois muitas vezes que faz um belo discurso para salvar o mundo passa por cima das necessidades primárias do pão na mesa.

Somente com uma educação de qualidade, onde se invista no livre pensar, sem viés ideológico, que realmente vai mudar o mundo, e essa mudança inicia elo quintal de cada um. A mudança não é somente política, mas da consciência desperta que gera uma política responsável. A aprendizagem é processada por meio da troca de experiências com os outrose consigo mesmo. Por consequência, o conhecimento vai se internalizando, o indivíduo vai aprendendo seus papéis sociais, construindo saberes, junto com a consciência de si.

Ao professor, caberia, portanto, apenas apresentarem os fatos a partir de um conjunto de ferramentais teóricos e analíticos desenvolvidos para que o aluno pudesse, a partir de seuspróprios esforços intelectuais, construir uma conclusão que lhe pareça mais apropriada. "diz-se, e eu subscrevo tal posição, que a política não pertence à sala de aula. Ela não pertencea esse espaço por parte dos estudantes. [...] Todavia, a política também não pertence às salas de aula no que concerne ao docente" (WEBER, 2015).

Isso traduz a importância do professor na formação do educando. Professes que estimulam a discussão, as descobertas, o pensamento crítico, de forma isenta, sem a pobrezado pensar o que os líderes partidários induzem a pensar, o que os líderes religiosos te fazem repetir, e assim por

diante. Mas, mostrar a cada um como se pode viver em um mundo justo não deixando ninguém para trás. De mãos dadas com o respeito ao cidadão e consciência deque somos todos iguais, com oportunidades diferentes.

Émile Durkheim, define aquele tipo de comportamento social condicionado pelos interesses comuns e pelos valores religiosos e tradicionais compartilhados em uma sociedade. Uma solidariedade inorgânica, sem articulações conscientes, portanto "mecânica"

A Agenda 2030 já estaria em execução se o compromisso com a sustentabilidade tivesse iniciado no cotidiano de cada cidade do mundo. Se os milhões gastos em deslocamento, hospedagem e outros gastos fosse de imediato aplicados na mudança de vidado mais pobre. Enquanto discutem as causas climáticas, a poluição, assuntos reconhecidamente importantes, um grande número de cidadãos está morrendo pelo investimento básico de infraestrutura, de falta alimentação. Mais ação, menos discurso, menos política, mais cidadania, mais consciência.

Em síntese, a atuação da escola consiste na preparação do aluno para o mundo adultoe suas contradições, fornecendo lhe um instrumental, por meio da aquisição de conteúdos e da socialização, para uma participação organizada e ativa na democratização da sociedade (LIBÂNEO, 1989)

Portanto, considera-se que as metas devem ser discutidas paralelas com ações que transformam vidas.

#### Erradicação da pobreza e desigualdade social

A busca pela solução da desigualdade social já faz parte da agenda de muitas discussões que se tornou global. No plano ODM estavam descritos objetivos muito parecidose relacionados aos planejados para a Agenda 2030. Em ambos, a erradicação da pobreza, em todas as suas formas e em todos os lugares, aparece em primeiro lugar. Objetiva-se diminuir em pelo menos metade o número de pessoas que passam por vulnerabilidade social. Para tanto, serão incluídos pisos salariais e auxílios para o desenvolvimento pessoal dos indivíduos (UNFPA BRASIL, 2021).

Esta vulnerabilidade traz consigo inúmeros problemas, dentre eles o da fome. O objetivo é até 2030 acabar totalmente com a desnutrição e buscar por aumento de produçõesagrícolas, acesso ao alimento saudável e crescimento saudável de crianças e jovens. Adotarmedidas para garantir o funcionamento adequado do mercado de commodities de alimentos e seus derivados, com altos investimentos e muito trabalho, além de buscar eficiência e qualidade nos processos alimentícios, o que gerará, consequentemente, a saúde e o bem estar da população (IBGE, 2021).

Dentre os objetivos, também, está a redução da taxa de mortalidade materna, o extermínio de doenças epidemiológicas, a prevenção e acesso a informações sobre doenças sexualmente transmissíveis, o apoio à pesquisa e muitos outros fatores a serem aprimorados e desenvolvidos.



Com o acesso à pesquisa e à educação inclusiva de qualidade e equitativa, serão promovidas oportunidades de aprendizagem para todos, com instalações físicas de melhor qualidade e maior disponibilidade para quem as necessite. Objetiva-se garantir que todos os alunos tenham acesso aos meios de educação, exterminando também a disparidade de gênero, tanto na educação, quanto na formação profissional (SOUZA, 2015).

Assim sendo, a busca pela igualdade de gênero, empoderará mulheres e meninas em busca do extermínio de todas as formas de discriminação e exploração sexual, além de garantir o acesso universal à saúde sexual. Enfatiza-se, também, a busca pela igualdade econômica, o direito igualitário pela luta de oportunidades de liderança e a inclusão das mesmas na política, reconhecendo e valorizando seus trabalhos profissionais e domésticos. No sexto tópico, a ONU cita a garantia de água potável e saneamento básico para todos, comacesso pleno à higiene. Para isso, faz- se necessária a preservação deste recurso, diminuindo a poluição e liberação de químicos em afluentes (SANTOS, 2021).

Portanto, combater as desigualdades em suas múltiplas faces como uma condição para atingir o desenvolvimento sustentável é reconhecidamente essencial. Esse entendimento da ONU converge com aquele que pode ser encontrado na Constituição Federal de 1988, que reconhece a relação entre redução de desigualdades sociais e regionais e o desenvolvimento.

Tanto que um dos objetivos fundamentais do Brasil é a promoção do "bem de todos, sem preconceitos de origem, raça, sexo, cor, idade e quaisquer outras formas de discriminação" explicitado no artigo 3°, inciso IV (BRASIL, 1988). A redução das desigualdades sociais sob a perspectiva da promoção do trabalho decente parece ser um caminho a ser traçado, tanto para o cenário atual quanto para as projeções de futuro. Trata- se de condições de trabalho em equilíbrio com a vida familiar, doméstica e social, que possibilite que crianças e adolescentes possam frequentar uma escola de qualidade, permanecendo longe da miséria, fome e do trabalho infantil. Refere-se ao trabalho igualitário em condições, remuneração, igualdade de gênero, raça/etnia, idade, origem, em que os indivíduos possam se ver livres da discriminação. Versa também sobre as capacidades pessoais e a possibilidade de poder aprender, desenvolver ou aprimorá-las, mantendo-seatualizado com as tecnologias que estão à disposição

Trata-se do trabalho que preserva a saúde física, mental e psíquica do trabalhador, de um local em que possa ganhar o sustento para o seu corpo e sua casa, no qual possa colaborar para o crescimento econômico do país e tenha sua dignidade assegurada. Desse modo compreende-se que para "superar la pobreza y reducir las desigualdades es necesario avanzar de manera simultánea tanto en la inclusión social como en la inclusión laboral de la población" (ABRAMO; CECCHINI; MORALES, 2019, p. 22). As circunstâncias estão indissociavelmente imbricadas, um não evoluindo, o outro estará necessariamentecomprometido em seu crescimento.





#### PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

#### Tipos de Estudo

Este estudo é baseado em pesquisa bibliográfica, pois se recorre a publicações sobreo assunto disponibilizados em livros, revistas eletrônicas, internet, em sites oficiais sobre o assunto. Para Lakatos e Marcone (1996 p. 98): "a pesquisa bibliográfica procura explicar umproblema a partir de referências teóricas publicadas, que podem ser realizadas independenteou como parte da pesquisa descritiva ou experimental".

Constitui-se em um método de pesquisa qualitativa que possibilita o entendimento de diferentes concepções sobre um determinado tema, pensado de forma coletiva num dado contexto e momento histórico (NEVES, 1996). Com esta técnica o pesquisador pode intensificar o acesso às informações sobre determinado fenômeno, seja pela intenção de gerar tantas possibilidades ou pela averiguação de uma ideia em profundidade. Portanto, a pesquisa é de caráter exploratório, e bibliográfico. Segundo Furaste (2006, p.38) a pesquisa exploratória "busca apenas mais informações sobre o que está sendo estudado".

#### CONSIDERAÇÕES FINAIS

Abordar o assunto Agenda 2030 é gratificante enquanto educador, pois é um assuntopouco abordado nas escolas, mas trabalhado desvinculado da expectativa de 2030.

O compromisso com a sustentabilidade, com a vida igualitária e saudável deve ir alémdo discurso político e um dos grandes desafios da educação atual é saber identificar, reconhecer e, acima de tudo, saber tirar proveito das transformações pelas quais a sociedade está passando, a já estabelecida sociedade do conhecimento.

No contexto atual, com as discussões que envolvem a Agenda 2030, o educador terá de aprender a ser inovador, promover a discussão, a autonomia no pensar e incentivar o pensamento crítico. Esse é o diferencial entre os professores comprometidos e professores retrógrados, envolvidos e/ou desmotivados, na sociedade instaurada, e globalizada. A globalização requer comprometimento com a realidade e com a verdade de cada um, pois asdiferenças são oportunidades para somar o conhecimento, compartilhar experiencias.

A sociedade oferece várias chances de aprendizagem, pois com os avanços de toda a ordem surgem problemas que vão se agravando ao longo do tempo, e necessitam ser solucionados prevenindo que as consequências afetem gravemente a vida no planeta, as soluções são constantemente discutidas a níveis locais e globais, e nesse sentido surgiu a agenda 2030, com 17 objetivos específicos e reuniões para comprometimentos e debates. Mas, considera-se que ainda está distante da realidade ou do cotidiano das escolas, que sãoa base da educação.

As oportunidades dadas aos educadores são grandes: instruir a pensar, conhecimento para

informar e examinar; incluir raciocínio lógico; ser livre e independente; possuir conhecimento para saber fazer uso da informação e principalmente pensar livremente. Destaforma, o educador é o que media as ações de forma isenta para promover o pensamento autentico, tendo a concepção que os educandos não são iguais e portanto, divergem em pensamentos, o que deve ser respeitado.

Uma das funções da escola, mais na figura do educador, é trabalhar as diferenças sociais, buscar alternativas locais para oportunizar o trabalho de cidadania com os alunos, pois a Agenda 2030 só vai se consolidar com a educação voltada a seus objetivos, e isso inicia desde as séries iniciais e se concretiza ao longo da vida.





#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAMO, Laís; CECCHINI, Simone; MORALES, Beatriz. Programas sociales, superación de la pobreza e inclusión laboral: aprendizajes desde América Latina y el Caribe. Santiago: Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 2019.

BACICH, L.; TANZI NETO, A.; TREVISANI, F. de M. (Orgs.) Ensino Híbrido: Personalização e Tecnologia na Educação. Porto Alegre: Penso, 2015.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil 03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 25 mar. 2023.

DURKHEIM, E. Educação e Sociologia. 9. ed. São Paulo: Melhoramentos, 1973.

FURASTÉ, Pedro Augusto. Normas técnicas para o Trabalho Científico. ABNT, 2006. GADOTTI, Moacir: Pedagogia da práxis. 2.ª ed., São Paulo, Cortez, 1998.

IBGE. RENDA do trabalho do 1% mais rico é 34 vezes maior que da metade mais pobre. Agência de Noticias IBGE, 2019. Disponível em:https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia- denoticias/noticias/25702-renda-do-trabalho-do-1-mais-rico-e-34-vezes-maior-que- dametade-mais-pobre Acesso em: 21 de mar de 2023.

LAKATOS, Eva & MARCONI, Marina. Fundamentos de Metodologia Científica. São Paulo: Atlas,2006.

LIBÂNEO, J.C. Democratização da Escola Pública: a pedagogia crítico-social dos conteúdos. São Paulo: Edições Loyola, 1989.

MENDES EV. As redes de atenção à saúde. Brasília, Organização Pan-Americana da Saúde, 2011.

NEVES, J. L. Pesquisa qualitativa – características, uso e possibilidades. Cadernos depesquisa em adminsitração, São Paulo. V. 1, nº 3, 2ºsem. 1996.

ONUBR. NAÇÕES UNIDAS NO BRASIL (ONUBR). Brasil na ONU. Disponível em: < https://nacoesunidas.org/pos2018/agenda2030/>. Acesso em 17 de mar de 2023. (ONUBR, 2018).

SANTOS, Y. M. Igualdade de gênero, objetivos de desenvolvimento sustentável e a guarda familiar. Monumenta - Revista Científica Multidisciplinar, v. 2, p. 161-170 2021. Disponível em: https://revistaunibf.emnuvens.com.br/monumenta/article/view/25. Acesso em: 18 mar. 2023.

SOUZA, J. P. A mortalidade materna e os novos objetivos de desenvolvimento sustentável (2016-2030). Revista Brasileira de Ginecologia e Obstetrícia, v. 37, n. 12, p. 549-551, 2015. Disponível em: https://doi.org/10.1590/SO100-720320150005526. Acesso em: 18 mar. 2023.

TELLES, H. (org.) Educação Desterritorializada: a expansão das fronteiras. São Cristóvam: Editora UFS. Aracaju: Fundação Oviêdo Teixeira, 2007.

UNFPA BRASIL. Objetivos de Desenvolvimento do Milênio. 2021. Disponível em: https://brazil.





unfpa. org/pt-br/objetivos-de- desenvolvimento-do-milenio. Acesso em: 18 mar. 2023.

WEBER, M. Ciência e Política: duas vocações. São Paulo, Martin Claret, 2015.

#### Informações sobre o autor:

#### Aline dos Santos Moreira de Carvalho

Doutoranda em Ciências da Educação pela Universidad Columbia del Paraguay, Mestre em Ciências da Educação, Bióloga, Psicopedagoga, Neuropsicopedagoga, Ludopedagoga, Psicomotricista, especialista em Gestão Educacional, Citologista e Especialista em Análises Clínicas.

Email: bioaline2017@yahoo.com







# Biodiversidade Marinha e as Florestas Subaquáticas: O branqueamento de corais e sua invisibilidade perante o contexto social

Marília Monteiro Santos Paloma Martins Mendonça

#### Resumo

O presente estudo tem como tema Biodiversidade marinha e as florestas subaquáticas, fazendo uma breve reflexão sobre o branqueamento de corais e sua invisibilidade perante o contexto social. Tendo como objetivo principal refletir sobre a biodiversidade marinha e as florestas subaquáticas e como objetivo específico conhecer e identificar a importância dos corais para o meio ambiente. Trata-se de uma pesquisa de revisão de literatura, com abordagem qualitativa e exploratória com base em revisão literária, onde as pesquisas bibliográficas foram realizadas em artigos, dissertações, teses, periódicos, livros, fundamentada nos estudos de autores no âmbito nacional e internacional que se dedicaram a pesquisar sobre esse tema. Em suma, escrever sobre biodiversidade marinha representa um grande alerta para a população mundial, visto que a fauna e flora existente pede socorro e de uma maneira silenciosa e invisivelmente morre um pouquinho todos os dias. Conclui-se, portanto, que para que o branqueamento dos corais não ocorra é preciso atitudes de preservação e proteção através da conscientização da população acerca das ações necessárias a serem praticadas diariamente. Educar e conscientizar a população para uma vida com ambiente sustentável.

**Palavras-chave**: Biodiversidade Marinha ; Florestas Subaquáticas; Branqueamento de Corais; Preservação





## INTRODUÇÃO



Escrever sobre biodiversidade marinha representa um grande alerta para a população mundial, visto que a fauna e flora existente pede socorro e de uma maneira silenciosa e invisivelmente morre todos os dias. Com o intuito de refletir sobre o assunto, de maneira inicial, o conceito de biodiversidade será definido a partir de olhares diferenciados.

Para Alves (2022), o termo biodiversidade surgiu na década de 1980, no entanto foi a partir do século XX que o mundo tornou-se consciente dos impactos negativos e dos perigos oriundos do esgotamento dos recursos biológicos.

Os estudos de Silva (2019) relatam que falar em biodiversidade é bem mais amplo do que apenas trazer assuntos como habitats e espécies selvagens, mas sim, enfrentamento visando a preservação das espécies domésticas, diversidade genética, bem como heranças culturais e ecológicas.

> A biodiversidade resulta de milhões de anos de evolução biológica, e é o componente do sistema de suporte à vida do nosso planeta. Além do valor intrínseco de cada espécie, seu conjunto, bem como o conjunto de interações entre espécies e essas com o meio físicoquímico, resultam em serviços ecossistêmicos imprescindíveis para manter a vida na Terra. A definição clássica de biodiversidade, disposições da Convenção sobre a Diversidade Biológica (CDB), faz alusão direta à diversidade genética, que é responsável pela variação entre indivíduos, população e os grupos taxonômicos das espécies biológicas. Populações e espécies são as unidades evolutivas básicas, que interagem entre si sem tempo e sem espaço. O conjunto de espécies, e suas interações formam os ecossistemas, moldados pelas interações com o ambiente abiótico (Joly, 2011)

Ainda sobre biodiversidade, através de um conceito amplo é possível refletir sobre as variedades de seres vivos, desde diversidade genética até a diversidade de espécies e de ecossistemas.

> Refere-se à diversidade biológica para designar a variedade de formas de vida em todos os níveis, desde micro-organismos até flora e fauna silvestres, além da espécie humana. Contudo, essa variedade de seres vivos não deve ser visualizada individualmente, mas sim em seu conjunto estrutural e funcional, na visão ecológica do sistema natural, isto é, no conceito de ecossistema (Alho, 2012).

Sabe-se que os oceanos possuem uma ampla extensão do globo terrestre, chegando a ocupar cerca de 70% da superficie do planeta, abrigando cerca de 95% da biosfera da terra (em termos genéticos) e a maior parte da diversidade, tornando a espécie humana dependente das condições ambientais que são diretamente influenciadas pela "saúde" física e biológica dos oceanos no que se diz respeito ao seu clima, disponibilidade de oxigênio, reserva de carbono etc. (Perez, 2010).

O oceano é fornecedor de variados recursos que são fundamentais para a existência da vida, manutenção dos ecossistemas bem como preservação da biodiversidade. São geradores e fornecedores naturais de alimentos e equilíbrio climático, além de favorecer a geração de renda, turismo, lazer (Matias et al, 2022).



Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima organiza nesta semana o 1º Seminário sobre Planejamento Espacial Marinho (PEM) para avançar os debates sobre a proteção e uso sustentável de recursos e ambientes costeiros e marinhos no país. A abertura dos três dias de trabalhos aconteceu na segunda-feira (25/09/2023) na sede do Ibama, em Brasília. A ministra Marina Silva destacou a importância dos oceanos, responsáveis pela absorção de 25% das emissões de CO<sub>2</sub> e pela produção de cerca da metade do oxigênio necessário para a vida na Terra. Marina ressaltou os benefícios sociais, culturais, éticos e econômicos dos mares: "Não estamos falando em momento algum de uma área desprezível, muito pelo contrário, estamos falando de uma Amazônia Azul. E com todos esses esforços que estamos tendo, vamos não só preservar, mas dar o uso correto para essas imensas riquezas naturais", discursou. (https://www.gov.br/mma/pt-br/governo-retoma-iniciativa-para-protecao-e-uso-sustentavel-da-costa-marinha-brasileira)

Desvalorizar ou subestimar a importância da biodiversidade marinha é uma maneira de negligenciar não só a vida nos oceanos, mas também é uma forma de negligenciar a vida humana na atualidade, mas indiscutivelmente no futuro, visto que os impactos negativos ocasionados pela não preservação ocasionam a morte de variadas espécies onde o ser humano nem toma ciência, mas tornase o principal responsável. Sabe-se, por diversas fontes que o aquecimento global deixou de ser uma possibilidade futura e já está presente nos dias atuais.

A queima da biomassa nos ecossistemas em virtude da necessidade de exposição de área para a expansão de fronteiras agrícolas, bem como a liberação de espaço para a pecuária contribuem de maneira significativa para o aquecimento global. Além disso, sabe-se que as queimadas provocam o empobrecimento do solo, destruição de vegetação, problemas de erosão, poluição atmosférica, afetando de maneira indireta os ambientes marinhos.

Os recifes de coral constituem-se em importantes ecossistemas, altamente diversificados, no nível local, regional e principalmente no global. Por abrigarem uma extraordinária variedade de plantas e animais são considerados como o mais diverso habitat marinho do mundo, e por isso, possuem grande importância econômica, pois representam a fonte de alimento e renda para muitas comunidades. Uma em cada quatro espécies marinhas vive nos recifes, incluindo 65% dos peixes. (https://mma.gov.br/processo-eletronico/item/397-recifes-de-corais.html)

Recifes de coral e manguezais possuem rica biodiversidade e fornecem serviços ecossistêmicos, tais como, alimento, recreação, proteção costeira, entre outros. Esses ecossistemas encontram-se entre os mais ameaçados pelos processos de urbanização, segundo Sánchez-Quinto et al. (2020) e Silva (2019), conforme figura 1.



48



Figura 1. As maiores ameaças à biodiversidade marinha costeira, segundo Silva (2019).



Fonte: Elaborado pelas autoras

Diante da vasta diversidade de fauna e flora existente nos oceanos, vamos aqui nos deter aos corais. Mas o que são corais? Qual a sua função dentro do ecossistema? Poderíamos dizer que os corais podem ser considerados as florestas dos oceanos?

Esses ambientes são importantes também para o homem em diversos aspectos: protegem as regiões costeiras da ação de ondas e tempestades, incluindo áreas do litoral brasileiro e preservam uma vasta quantidade de organismos. No entanto, nas últimas décadas, temse recebido uma atenção considerável devido ao estado avançado de degradação e pela compreensão de que a extinção desses recursos terá repercussões negativas para a sociedade (Pessoa, 2020).

Silva et al (2022), em seus relatos, consideram que os recifes de corais são conhecidos por apresentarem um ecossistema marinho grande e diversificado que formam grandes e variadas teias alimentares, tornando-se criadouros naturais de peixes de diversas espécies que estão sempre em renovação, sobretudo se área fizer parte de uma área de proteção ambiental.

Ao realizar uma comparação entre as florestas tropicais e os recifes de corais é possível remeter-se à ideia da existência de florestas dentro e fora das águas marinhas, cada uma com sua fauna e flora específica para seu habitat, porém ambas atuando na regulação das mudanças climáticas. No tocante a diversidade e observando a estrutura física básica, os recifes de corais tropicais podem sim ser, na terra, as florestas úmidas que ficam localizadas nos trópicos, uma vez que, ambos os ecossistemas acolhem uma rica diversidade de organismos (Lucas, 2022).

A reflexão sobre biodiversidade marinha, em específico sobre corais, nos remete à importância em valorizar e preservar as espécies existentes a nível mundial e a nível nacional, onde temos na costa do nordeste brasileiro, especificamente no sul da Bahia uma das maiores Áreas de Preservação Ambiental (APA'S) de agrupamentos de corais do país denominado arquipélago de Abrolhos. Importante ressaltar a necessidade de preservação também dos ecossistemas terrestres para garantir a sobrevivência dos ambientes costeiros.

Os corais possuem funções diversificadas dentro do ecossistema, que vão desde proteção à zona costeira de tempestades e erosão, abrigo para os diversos elementos que fazem parte da vida marinha, além de alimento, desenvolvimentos de medicamentos. São de extrema relevância para o desenvolvimento econômico da região através da pesca e do turismo, com atividades de mergulho, visto que a beleza dos corais e a diversidade de vida marinha que encontra-se ao seu entorno, transformam as areias do fundo do mar em uma floresta colorida e repleta de vida.

Em suas pesquisas, Santos et al. (2021) relatam a importância dos corais para o ciclo biogeoquímico do carbonato e do carbono, bem como os beneficios para meio ambiente.

Os ambientes recifais também atuam no ciclo biogeoquímico do carbonato e carbono, sendo ambos importantes serviços de regulação no âmbito das mudanças climáticas (ROSSI et al., 2017). A retenção de carbono (C) e carbonato de cálcio (CaCO<sub>3</sub>) em animais bentônicos suspensívoros diminui o fluxo de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) para a atmosfera, diminuindo a quantidade desse gás no ar e seu efeito para o aquecimento global (ROSSI e RIZZO, 2020) (Santos et al, 2021).

Mesmo diante de tudo isso, esse ecossistema encontra-se ameaçado, prejudicado em função das variadas alterações climáticas, por poluição oriunda de produtos não sustentáveis que terminam por chegar aos oceanos ao longo de décadas e até mesmo pela perda da biodiversidade atrelada a ele. Apesar da sua excelente capacidade de regeneração, os corais sofrem diante do atual contexto de poluição marinha e terrestre.

As elevadas temperaturas das águas marinhas associadas à forte luz solar geram um grande desequilíbrio em função do aquecimento das águas, tendo como uma de suas consequências a suspensão da fotossíntese das algas marinhas denominadas zooxantelas.

Mas como realmente ocorre o branqueamento dos corais? É possível refletir sobre todo o processo pelo qual os corais passam até ocorrer o branqueamento, podendo inclusive chegar a sua morte.

Para Poggio (2009), essa aparência dada aos corais em função do branqueamento caracterizase pela despigmentação da colônia em consequência da desestabilização da relação simbiótica entre os corais e as algas zooxantelas, apresentando como resultado a perda dos seus pigmentos fotossintetizantes.

O branqueamento de corais na atualidade é considerado uma ameaça mundial e tem como principais fatores, os impactos sociais nos oceanos, mudança na salinidade, aumento de irradiação solar e temperatura, acidificação da água, aumento de nutrientes, infecções bacterianas e combinações entre todos os fatores apresentados, porém, o fator mais impactante é o aquecimento da água do mar e o aumento da radiação UV (Campos, 2021), sendo as queimadas nos ecossistemas terrestres as principais fontes de aumento da temperatura global.



Quando ocorre o branqueamento dos corais e, por conseguinte sua morte, também ocorre a morte de todos os seres vivos pertencentes àquele habitat levando todo o ecossistema à ruína. A figura 2 traz uma representação desse efeito.

A espécie *Millepora alcicornis*, representada na figura 2, é um cnidário hidróide calcário, associado às bordas de recifes, que possui crescimento ramificado e caracterizando-se como construtor, sendo responsável pela formação dos recifes pelo depósito de esqueleto de carbonato de cálcio, uma vez que seu crescimento se dá por meio de depósito desta substância. Esta espécie é conhecida vulgarmente como coral-de-fogo, suas células urticantes, os nematocistos, provocam, em pouco tempo, queimaduras intensas e dores em mergulhadores que os tocam. As colônias têm tonalidades de mostarda a amarronzado e as extremidades dos ramos são esbranquiçadas. As colônias formadas por esta espécie são ramificadas, porém podem ter formas variadas. Apesar de tantas variações de formas, *M. alcicornis* é identificada facilmente entre as demais espécies brasileiras desses corais (Amaral et al., 2002).

Em seus estudos, MacDonald et al. (2021) relatam que o aquecimento da atmosfera e dos oceanos provoca perturbações como incêndios florestais, secas e branqueamento de corais que resultam no aumento das perdas de biodiversidade. Para que esse branqueamento seja minimizado é preciso atitudes de preservação e proteção através da conscientização da população acerca das ações necessárias a serem praticadas diariamente.

**Figura 2**. No alto, uma colônia saudável de corais da espécie *Millepora alcicornis*, com as algas zooxantelas vivas. Embaixo, depois de passar por evento de branqueamento.



Fonte: Camila Brasil e Reef Check - National Geographic



Para que isso ocorra, um trabalho voltado para educação ambiental pode ter início nas escolas, nas ONG's, nas empresas, nas instituições religiosas, através dos meios de comunicação e principalmente nos lares. Da criança ao idoso, toda ação de preservação importa.

Ressalta-se que a Constituição Brasileira de 1988, em seu capítulo VI, no Art. 225 dedica-se exclusivamente ao meio ambiente, fato esse que deve ser conhecido por todas as instituições e seres humanos no intuito de preservação. Destaca-se o § 4° que considera a necessidade de atenção especial às Zonas Costeiras.

Art. 225. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações. § 1º Para assegurar a efetividade desse direito, incumbe ao Poder Público: I-preservar e restaurar os processos ecológicos essenciais e prover o manejo ecológico das espécies e ecossistemas; II-preservar a diversidade e a integridade do patrimônio genético do País e fiscalizar as entidades dedicadas à pesquisa e manipulação de material genético; III-definir, em todas as unidades da Federação, espaços territoriais e seus componentes a serem especialmente protegidos, sendo a alteração e a supressão permitidas somente através de lei, vedada qualquer utilização que comprometa a integridade dos atributos que justifiquem sua proteção; IVexigir, na forma da lei, para instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente, estudo prévio de impacto ambiental, a que se dará publicidade; V-controlar a produção, a comercialização e o emprego de técnicas, métodos e substâncias que comportem risco para a vida, a qualidade de vida e o meio ambiente; VIpromover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para a preservação do meio ambiente; VII-proteger a fauna e a flora, vedadas, na forma da lei, as práticas que coloquem em risco sua função ecológica, provoquem a extinção de espécies ou submetam os animais a crueldade. § 2º Aquele que explorar recursos minerais fica obrigado a recuperar o meio ambiente degradado, de acordo com solução técnica exigida pelo órgão público competente, na forma da lei. § 3º As condutas e atividades consideradas lesivas ao meio ambiente sujeitarão os infratores, pessoas físicas ou jurídicas, a sanções penais e administrativas, independentemente da obrigação de reparar os danos causados. § 4º A Floresta Amazônica brasileira, a Mata Atlântica, a Serra do Mar, o Pantanal Mato-Grossense e a Zona Costeira são patrimônio nacional, e sua utilização far-se-á, na forma da lei, dentro de condições que assegurem a preservação do meio ambiente, inclusive quanto ao uso dos recursos naturais. § 5º São indisponíveis as terras devolutas ou arrecadadas pelos Estados, por ações discriminatórias, necessárias à proteção dos ecossistemas naturais. § 6º As usinas que operem com reator nuclear deverão ter sua localização definida em lei federal, sem o que não poderão ser instaladas (Brasil, 1988).

O branqueamento dos corais causa um impacto negativo direto não apenas na biodiversidade marinha, mas em todo o ecossistema, uma vez que nos recifes de corais ocorrem fenômenos relacionados ao desenvolvimento, bem como reprodução dos seres vivos. Esse também atua como um ambiente favorável para alimentação, uma vez que os animais predadores encontram ali suas presas.

A biodiversidade destes ambientes também beneficia a indústria farmacêutica, uma vez que diversos produtos são desenvolvidos e comercializados a partir de substâncias oriundas dos organismos ali presentes. Macedo (2022) relatou a extração de compostos anti-*Plasmodium falciparum*, plasmódios transmissores da malária em *Muricea austero*, uma espécie de coral comum



na costa brasileira. Percebe-se o imensurável prejuízo ambiental ocasionado para todos os seres vivos em função do branqueamento dos corais, fato preocupante para toda a população mundial, uma vez que as principais causas não estão controladas (figura 3).

A Organização das Nações Unidas – ONU juntos com instituições parceiras brasileiras e mundiais estão trabalhando em conjunto visando favorecer o desenvolvimento sustentável e a preservação ao meio ambiente.

Os objetivos de Desenvolvimento Sustentável são um apelo global à ação para acabar com a pobreza, proteger o meio ambiente e o clima e garantir que as pessoas, em todos os lugares, possam desfrutar de paz e de prosperidade. Estes são os objetivos para os quais as Nações Unidas estão contribuindo a fim de que possamos atingir a Agenda 2030 no Brasil. (Disponível em: <a href="https://brasil.un.org/pt-br/sdgs">https://brasil.un.org/pt-br/sdgs</a>)

**Figura 3.** As principais causas da degradação dos ambientes recifais, segundo Santos 2021.



Fonte: As autoras (2023)

Em Nunes (2022), no tocante a área educacional, a Educação Ambiental na atualidade é discutida através de um viés teórico, necessitando de políticas públicas para desenvolvimento de práticas nas instituições escolares. O desenvolvimento destes projetos visa a formação de indivíduos com consciência ambiental, possibilitando a uma nova geração crescer vivenciando ações voltadas



para preservação do meio ambiente, tendo a escola como instrumento principal para ampliar esse conhecimento na sociedade.

Por fim, fica aqui um alerta à população em geral. Educar e conscientizar a população para uma vida com ambiente sustentável é possibilitar às gerações futuras a apreciarem a natureza e respeitar o ecossistema, tendo sempre uma rica fauna e flora em equilíbrio.





# REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS



ALHO, C. J. R. Importância da biodiversidade para a saúde humana: uma perspectiva ecológica. **Estudos Avançados**, v. 26, n. 74, p. 151–166, 2012.

ALVES, I. C. **Biodiversidade no ensino de Biologia: repensando ações e sugerindo soluções.** Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Ciências Exatas e da terra, Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática. Natal, 2022.

AMARAL, F. D.; BROADHURST, M. K.; CAIRNS, S. D.; SCHLENZ, E. Skeletal morphometry of *Millepora* occurring in Brazil, including a previously undescribed species. **Proceeding of the Biological Society of Washington**, USA, v. 115, p. 681–695, 2002.

BRASIL. [Constituição (1988)] **Constituição da República Federativa do Brasil**: texto constitucional promulgado em 5 de outubro de 1988, com as alterações determinadas pelas Emendas Constitucionais de Revisão nos 1 a 6/94, pelas Emendas Constitucionais nos 1/92 a 91/2016 e pelo Decreto Legislativo no 186/2008. — Brasília: Senado Federal, Coordenação de Edições Técnicas, 2016.

CAMPOS, A. B. **Infecções virais e o branqueamento de corais**. Programa de Pós- Graduação em Ecologia. 2021. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Bahia- UFBA.

JOLY, C. A.; HADDAD, C. F. B.; VERDADE, L. M.; OLIVEIRA, M. C.; BOLZANI, V.S.; BERLINCK, R. G. S. Diagnóstico da pesquisa em biodiversidade no Brasil. **Revista USP**, [S. l.], n. 89, p. 114-133, 2011. DOI: 10.11606/issn.2316-9036.v0i89p114-133. Acesso em: 19 out. 2023.

LUCAS, C. C. **Bleaching and trophic ecology of corals on marginal reefs** (Equatorial Southwestern Atlantic). 2022. 123f. Tese (Doutorado em Ciências Marinhas Tropicais) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais, Instituto de Ciências do Mar - LABOMAR, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2022.

MACDONALD, C.; PINHEIRO, H.T.; SHEPHERD, B.; PHELPS, T.Y.; ROCHA, L.A. Disturbance and distribution gradients infuence resource availability and feeding behaviours in corallivore fshes following a warm-water anomaly. **Scientifc Reports**, USA, v. 11, p. 23656, 2021. doi.org/10.1038/s41598-021-03061

MACEDO, M. W. F. S. Microbiota associada aos cnidários *Millepora alcicornis* e Phyllogorgia dilatata: diversidade microbiana e prospecção de moléculas ativas. 2020. 187p. Dissertação (Mestrado em Ciências Genômicas e Biotecnologia) - Escola de Saúde e Medicina, Universidade Católica de Brasília, Brasília.

MATIAS T. P.; PENHA-CORREA, T.; SOUZA, A. M. D. C.; LEONEL, J. Plásticos em ecossistemas costeiros brasileiros: ocorrência e impactos na fauna marinha. **Research, Society and Development,** v. 11, n. 11, e208111133329, 2022. doi.org/10.33448/rsd-v11i11.33329.

NUNES. M.M.; LEHN. C. R. Educação ambiental e preservação da biodiversidade: relato de um estudo de caso em distintas realidades escolares. **Revbea**, São Paulo, v. 17, n. 6, p. 498-511, 2022.



PEREZ, J. Á. A. Biodiversidade marinha: uma herança ameaçada? **Ciência e Cultura** São Paulo, 3, pág. 42-44, 2010.

PESSOA, V. S. A.; SASSI, C. F. D. C.; SASSI, R.; NUNES, J. C. F.; FERREIRA, H. D. V. O que você sabe sobre os recifes de coral?: Um estudo psicopedagógico com tema ambiental. **Construção psicopedagógica.** São Paulo, v. 28, n. 29, p. 33-46. São Paulo, 2020.

POGGIO, C.; LEÃO, Z.; MAFALDA-JUNIOR, P. Registro de branqueamento sazonal em *Siderastrea* spp. em poças intermareais do recife de Guarajuba, Bahia, Brasil. **Interciência**, Caracas, v. 34, n. 7, p. 502-506, 2009.

SÁNCHEZ-QUINTO, A.; COSTA, J. C.; ZAMBONI, N. S.; SANCHES, F. H. C.; PRINCIPE, S. C.; VIOTTO, E. V.; CASAGRANDA, E.; VEIGA-LIMA, F. A.; POSSAMAI, B.; FARONI-PEREZ, L. Development of a conceptual framework for the management of biodiversity and ecosystem services in the Mexican Caribbean. **Biota Neotropica**, v. 20, p. e20190901, 2020.

SANTOS, L. A.; SILVA, B. C. A.; SILVA, K. C. R.; SANTOS, R. C.; SOUSA, E. M.; MUNIZ, R. A.; BARBOSA, A. B. Branqueamento de corais e outros cnidários bentônicos no costão rochoso da Praia do Forno (Arraial do Cabo, RJ) durante as anomalias térmicas das águas superficiais do oceano ocorridas nos meses de fevereiro e maio de 2019. **Revista Vértices**, v. 23, n. 2, p. 560–579, 2021. doi 10.19180/1809-2667.v23n22021p560-579.

SILVA, A. T. Estudo da sensibilidade e tolerância ao aumento da concentração de nutrientes em larvas de corais. 2019. Dissertação. Universidade Federal do Sul da Bahia. Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologias Ambientais.

SILVA, I. M. Apresentação - Biodiversidade (I). **Revista Internacional em Língua Portuguesa,** Lisboa, v. 35, p. 11-12, 2019.

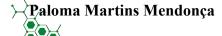
SILVA. A. D. C.; CARVALHO, L. L. Recifes de coral: A importância da tecnologia e dos jogos didáticos no processo de Educação Ambiental no Ensino Básico. Revista Ambiente & Educação, Rio Grande do Sul, v. 27, n. 2, 2022.

#### Informações dos autores:

#### Marília Monteiro Santos

Doutoranda em Ciências da Educação - Universidad Columbia del Paraguay, Mestre em Ciências da Educação - Universidad Americana-Paraguay; Master Coaching- Febracis; Formação Internacional em Coach Integral Sistêmico- Febracis; Especialista em Terapia Cognitivo Comportamental—Unyleya; Psicomotricista Titulada pela ABP; Especialista em Psicomotricidade- UECE; Especialista em Psicomotricidade Clínica- UFC; Especialista em Relações Humanas e Dinâmicas Grupais- UVA; Especialista em Educação Infantil e Desenvolvimento- UCAM; Habilitação em Administração Escolar - UNIFOR e graduada em Pedagogia-UNIFOR.

E-mail: marilia.monteiro 2345@gmail.com





Bióloga (USU), Especialista em Entomologia Médica (IOC/FIOCRUZ), Mestre em Biologia Parasitária (IOC/FIOCRUZ), Doutora em Ciências Veterinárias - Parasitologia Veterinária (UFRRJ), Pós-Doutora em Fitoprodutos (Universidade de Oriente – Cuba), Pós-Doutora em Biodiversidade e Saúde (Instituto Oswaldo Cruz – IOC/FIOCRUZ), Professora do Programa de Mestrado Profissional em Ciências Ambientais (Universidade de Vassouras, RJ – UNIVASSOURAS) e Bolsista Jovem Cientista do Nosso Estado (JCNE/FAPERJ);

E-mail: profpalomamartins@gmail.com



57

# Dia Mundial da Limpeza: uma ação de educação ambiental para preservação dos recursos hídricos no município de Vassouras – RJ

Paulo Aurélio Carvalho de Oliveira da Silva
Nicole Aparecida Martins Klimko Fraguas
Danilo Alves Pereira
Hamilton Moss de Souza
Cristiane Borborema Chaché
Carlos Vitor de Alencar Carvalho
Cristiane de Souza Siqueira Pereira

#### **RESUMO**

O Dia Mundial da Limpeza (World Cleanup Day) é uma data globalmente reconhecida, celebrada no terceiro sábado de setembro de cada ano com o objetivo de promover a conscientização sobre a importância da limpeza do meio ambiente, incentivando ações voluntárias de coleta de lixo e a preservação do planeta. Considerado a maior ação cívica do mundo, vem sendo realizado desde 2018, com a participação de 191 países, com mais de 60 milhões de voluntários. Segundo dados fornecidos pela organização do World Cleanup Day, já foram coletados mais de 303 mil toneladas de resíduos de parques, praças, praias, rio, entre outros. No Brasil, já são mais de 1,2 mil cidades imbuídas nesse trabalho. Diante deste fato, a Univassouras através do Programa de Mestrado Profissional em Ciências Ambientais, com a participação de seus professores e alunos, vem realizando a Ação de Educação Ambiental relacionada ao Dia Mundial da Limpeza. Esta ação reflete a necessidade de conscientização da sociedade para a preservação dos recursos hídricos e todo o cuidado com a fauna dos ecossistemas aquáticos. A primeira edição desta ação foi realizada em 17 de setembro de 2022 e a segunda no dia 16 de setembro de 2023. Estas ações foram realizadas nas margens da microbacia do Rio das Mortes, no município de Vassouras. Os voluntários reuniram-se utilizando devidamente os EPIs (bota galocha e luvas) e recolheram os resíduos para posterior destinação de maneira correta ao Aterro Sanitário do Município, com o apoio da Secretaria de Meio Ambiente, Agricultura e Desenvolvimento Rural, que disponibilizou o caminhão da coleta seletiva durante todo o tempo da ação. Em 2022, foram coletados 270 kg de resíduos por 31 voluntários e em 2023, foram coletados 150 kg de resíduos por 27 voluntários, durante aprox. 2 horas de ação. Diante dos resultados positivos, pretende-se enviar para a Prefeitura de Vassouras um projeto de Lei com a implantação de um Dia Municipal de Limpeza na cidade de Vassouras/RJ, estabelecendo cada vez mais o compromisso do município e da Universidade com a educação ambiental e com a preservação dos recursos hídricos. Um dia para além da limpeza, promovido para a conscientização da população quanto a importância de manter limpo os corpos hídricos. Esta ação contribui para o avanço da sociedade rumo ao desenvolvimento sustentável proposto pela Organização das Nações Unidas na Agenda 2030.

Palavras-chave: Resíduos Sólidos, Educação Ambiental, Rio das Mortes.

# INTRODUÇÃO



A Revolução Industrial representou um marco para as questões ambientais, pois o solo e subsolo receberam todos os resíduos sólidos gerados pela sociedade consumidora de produtos industrializados, em sua maioria descartáveis, constituindo em um dos grandes problemas ambientais por sua relevância e gravidade, trazendo consequências pelo acúmulo de resíduos degradação ambiental e o esgotamento de áreas destinadas para o armazenamento de resíduos (FRAXE *et al.*, 2011).

De acordo com Pozzetti e Caldas (2019), a geração excessiva e a disposição final ambientalmente segura dos resíduos sólidos têm sido foco de muitas discussões e pesquisas que buscam alternativas para atenuar ou solucionar uma das maiores preocupações da humanidade, neste sentido, o Brasil vem procurando desenvolver algumas alternativas, para isso aprovou um marco regulatório para gestão de resíduos.

Entre as alternativas de disposição final no solo, a Lei Federal admite apenas o uso dos aterros sanitários, proíbe os lixões (Artigo 47, II) e sequer menciona aterros controlados (LEITE *et al.*, 2019). Ainda reforça que para a PNRS, gestão significa um grupamento de ações direcionadas na busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma que considere as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, sendo o controle social sob o princípio do desenvolvimento sustentável.

Andrade (2014) aponta que o lixo como agente de poluição é resultado de uma atividade, produto de toda atividade natural, humana ou natural considerada de alguma maneira imprestável ao meio ambiente.

Com o desenvolvimento das atividades humanas os mares e oceanos por sua vez tornam-se os receptores desses subprodutos gerados e acolhem de forma direta ou indireta uma grande variedade de poluentes, rejeitos urbanos, agrícolas e industriais (CARVALHO-SOUZA e TINÔCO, 2011).

#### Panorama dos resíduos sólidos no Brasil

ABRELPE aponta que em 2022 o mundo vivenciou a retomada das atividades com o fim da pandemia do coronavírus, com diversas dinâmicas em comparação ao ano de 2021. Desta maneira, no setor de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, passou por flexibilização das medidas de distanciamento e do isolamento social em vários setores da sociedade, como comércio, alimentação, educação e entretenimento. Tudo isso fez com que impactasse diretamente a geração e o descarte de materiais.

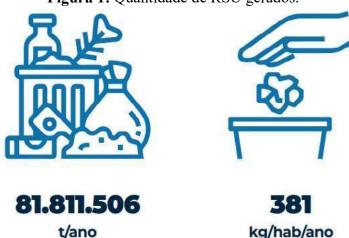
Regionalmente e nos moldes dos anos anteriores, a região com maior geração de resíduos continua sendo a Sudeste, com cerca de 111 mil toneladas diárias (aproximadamente 50% da geração do país) (ABRELPE, 2022).

A seguir, na Figura 1 é apresentada a geração de RSU no Brasil no ano de 2022





Figura 1: Quantidade de RSU gerados.



Fonte: ABRELPE, 2022.

No entanto, a quantidade de RSUcoletada (Figura 2) é inferior à quantidade gerada.

Figura 2: Quantidade de RSU coletada em 2022.



É possível observar, que a quantidade gerada de resíduos é superior à quantidade coletada, o que gera uma maior preocupação no que diz respeito ao descarte correto dos resíduos sólidos.

Sendo a quantidade coletada inferior à gerada, podemos pensar que essa diferença pode estar sendo descartada em lugares indevidos. Isso reforça o que diz Grechinski (2020), expondo que os problemas que enfrentamos nos dias de hoje com resíduos no mar, têm origem de práticas inadequadas; falta de infraestrutura para uma boa gestão dos resíduos sólidos; escolha do consumidor; alguns produtos que foram projetados sem pensar no seu ciclo de vida pós descarte; além da pouca compreensão da população sobre as consequências de suas ações.

Dos resíduos coletados, podemos visualizar no gráfico elaborado pela ABRELPE, a porcentagem da disposição final dos resíduos sólidos no Brasil, sendo que os de disposição adequada

representam os resíduos que foram para os aterros sanitários; e os de disposição final inadequada são os resíduos que foram para os lixões ou aterros controlados. No gráfico 1, a seguir é possível visualizar o que foi dito anteriormente:

29.706.226

Disposição adequada

Disposição inadequada

61,0%

46.412.091

Gráfico 1. Disposição final de RSU no Brasil em 2022.

Fonte: ABRELPE, 2023.

#### Gestão de resíduos sólidos no município de Vassouras

#### Gestão de RSU

O município de Vassouras realiza a disposição e destinação final dos seus resíduos no Complexo de Tratamento e Destinação Final de Resíduos Sólidos de Vassouras (CTDR Vassouras), localizado dentro do próprio município, na Estrada Teixeira Leite, 4040, Cananéia. Nas coordenadas UTM 23K, Latitude 7497144.00m S, Longitude 635717.00 m E, distando 11 km do centro urbano da cidade.

Atualmente, o município participa do Consórcio Intermunicipal de Gestão de Resíduos Sólidos do Vale do Café (CONVALE), junto de mais três municípios: Barra do Piraí, Rio das Flores e Valença. Além do governo do Estado do Rio de Janeiro, que também entra como um ente consorciado. Na figura 3, a seguir, fornecido pelo CONVALE, é possível observar o quantitativo de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) do município de Vassouras dispostos no CTDR no ano de 2022:





Figura 3: Quantitativo de RSU em Vassouras 2022.



Fonte: CONVALE, 2023.

#### Coleta Seletiva

Segundo a PNRS, entende-se por Coleta seletiva, a coleta de resíduos sólidos previamente segregados conforme sua constituição ou composição.

O município de Vassouras realizou junto ao CONVALE, a contratação do serviço de coleta seletiva oferecido pela Concessionária Vale do Café (empresa que atualmente opera o CTDR Vassouras). Os serviços foram iniciados no mês de maio do ano de 2022. A coleta seletiva do município conta com um caminhão da Concessionária Vale do Café e outro caminhão da própria prefeitura. Após recolhidos, os resíduos recicláveis são encaminhados para a unidade de triagem que se encontra dentro do CTDR, onde os mesmos são vendidos para empresas de reciclagem de darem continuidade ao ciclo de vida desses materiais (Figura 4).

Recicláveis Vassouras 2022

7
6,07
6,39
4,93
4,34
4,34
4,33

9
8
9
9
9
9
9
1
0
mai/22 jun/22 jul/22 ago/22 set/22 out/22 nov/22 dez/22

Figura 4: Quantidade dos recicláveis em Vassouras 2022.

Fonte: CONVALE, 2023.



#### Compostagem

A Embrapa define compostagem como sendo um método aeróbio de tratamento dos resíduos orgânicos que busca reproduzir condições ideais encontradas no processo natural de degradação da matéria orgânica, tal como garantir a segurança do processo.

A Prefeitura de Vassouras também contratou o serviço de compostagem, no qual todos os resíduos de poda do município são encaminhados para o CTDR (quantitativo de resíduos exposto na Figura 5), onde são passados no triturador e depois armazenados em leiras de compostagem (Figura 6).

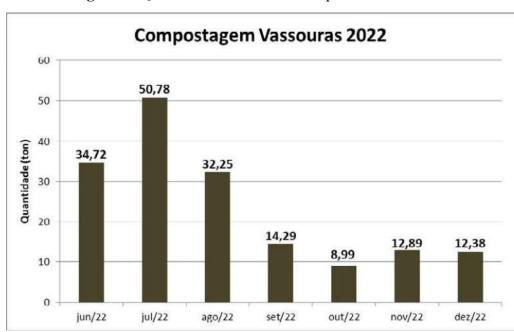
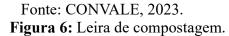


Figura 5: Quantitativo dos resíduos de poda de Vassouras.









#### Resíduos da Construção Civil (RCC)



Da mesma forma dos outros resíduos, os RCC do município são encaminhados para tratamento no CTDR Vassouras. O CTDR conta com um britador que tem capacidade de receber até 11 toneladas de RCC por dia.

Em 2022, Vassouras inicia o envio de RCC periodicamente ao CTDR, com quantidades variando potencialmente a cada mês (Figura 7).

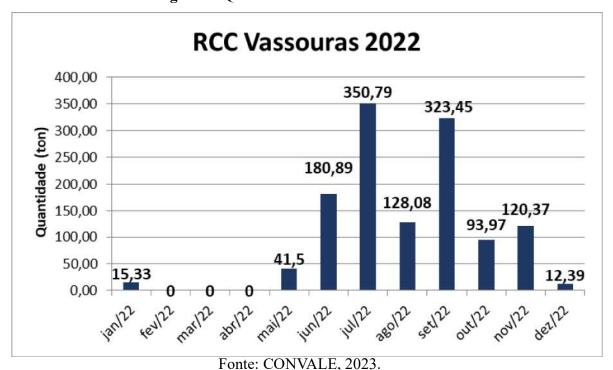


Figura 7: Quantitativo RCC Vassouras 2022.

#### Poluição hídrica por Resíduos Sólidos

A acumulação de resíduos plásticos no meio ambiente marinho é um fenômeno contemporâneo de proporções globais, reconhecido como tal pela comunidade internacional (DIÓGENES e MATIAS, 2022). Completam afirmando ainda que os efeitos negativos podem ser verificados desde os danos causados às espécies marinhas até setores como pesca e marinha, no que diz respeito à economia dessas áreas; estendendo-se também à saúde dos seres humanos.

Moore (2008) diz que para fauna marinha em geral, os cruciais problemas do contado dos resíduos com a fauna marinha estão relacionados com a ingestão ou o emaranhamento. Como reforça Carson (2013), explanando que diversos estudos vêm apontando que o emaranhamento e a ingestão dos plásticos contribuem para a mortalidade de vários animais de espécie marinha, incluindo peixes, tartarugas, aves e mamíferos.

De acordo com Lago et al. (2018), o plástico quando é inserido no ambiente marinho, sofre



ações abióticas por meio do sol, temperatura, diferentes níveis de oxigênio e fatores abrasivos. Desta forma, fragmenta-se, o que confunde a fauna e acaba tendo aparência de alimento para muito dos animais, causando a morte dos mesmos e interferindo no ciclo reprodutivo de muitas espécies. Esses poluentes possuem a capacidade de bioacumulação e biomagnificação, além de serem substâncias neurotóxicas e cancerígenas (LAGO *et al.*, 2018)

No entanto, como relata Rio *et al.* (2007), existem ainda outros problemas; poluentes orgânicos, tais como DDTs (diclorodifeniltricloroetano) e PCBs (policloretos de bifenila) eventualmente presentes nas águas dos mares; estes mesmos podem adsorver-se a partículas plásticas.

#### **METODOLOGIA**

De acordo com Portela *et al.*, a cidade de Vassouras é pertencente à região Centro-Sul Fluminense e apresenta uma extensão territorial de 552 km² e uma população estimada em 33.976 habitantes em 2022, de acordo com dados do IBGE.

O município está localizado no contexto do Corredor de Biodiversidade Tinguá-Bocaina, no ponto de ruptura entre os dois maiores cordões de Mata Atlântica do Brasil, destacando-se assim, a importância da constante manutenção da biodiversidade, dos recursos hídricos e preservação ambiental.

No dia proposto para ocorrer a ação de limpeza, a equipe de voluntários composta por professores e alunos do Mestrado Profissional em Ciências Ambientais, dos cursos de Engenharia, Gestão Ambiental, Nutrição e outros, se concentram em uma tenda na Rua da Broadway, com material educativo de conscientização dos recursos hídricos, além da exposição e divulgação dos projetos desenvolvidos na Universidade de Vassouras como o projeto biodiesel e o descarte de óleos, coleta seletiva realizada na cidade e compostagem. Os voluntários foram divididos em grupos e fazem a coleta dos resíduos em diferentes áreas nas margens da microbacia do Rio das Mortes. Após a ação, os resíduos coletados são encaminhados ao Aterro Sanitário do Município, por meio do caminhão da prefeitura de Vassouras. No aterro os resíduos são peados.

Informações prévias que antecedem o dia da ação são compartilhadas nas redes sociais do projeto, e nas redes sociais dos coordenadores e voluntários visando à conscientização de toda a população.

Link do projeto no Instagram: https://www.instagram.com/diadalimpezavass/

#### RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Figuras a seguir apresentam fotos das duas edições das ações do Dia Mundial da Limpeza realizadas em Vassouras no ano de 2022 e no ano de 2023.





Figura 9. Voluntários reunidos para a ação do Dia Mundial da Limpeza (2022)



Fonte: Autor, 2022.

Figura 10. Voluntários reunidos para a ação do Dia Mundial da Limpeza (2023)



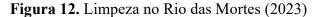
Todos os resíduos foram coletados nas margens do Rio das Mortes, rio que atravessa a cidade e é afluente do Rio Paraíba do Sul, principal fonte de abastecimento da região.

Figura 11. Limpeza no Rio das Mortes (2022)











Fonte: Autor, 2023

### **CONCLUSÃO**

Tendo em vista o sucesso do Dia Mundial da Limpeza e a importância da disseminação de temas relacionados a Educação Ambiental, foi desenvolvido um projeto de Lei, elaborado pelos autores, que será encaminhado a Câmara Municipal do município, estabelecendo O Dia Municipal de Limpeza na cidade de Vassouras/RJ, estabelecendo cada vez mais o compromisso do município e da Universidade com a educação ambiental e com a preservação dos recursos hídricos.





### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2022. São Paulo: ABRELPE, 2022.

ANDRADE, J. B. L. Indicadores de Sustentabilidade Aplicáveis à Gestão e Política Públicas para os Resíduos Sólidos Industriais: uma construção com foco no Polo Industrial de Manaus (2012). Manaus: EDUA, 2014.

BRASIL. Lei 12.305 de 02 de agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília-DF, 2010b. Disponível em https://fld.com.br/catadores/pdf/politica residuos solidos.pdf. Acesso em: 15 mar. 2022.

CARSON, H. S. The incidence of plastic ingestion by fishes: From the prey's perspective. **Marine Pollution Bulletin** 74:170 - 174, 2013.

CARVALHO-SOUZA, G. F.; TINÔCO, M. S. **Avaliação do Lixo Marinho em Costões Rochosos na Baía de Todos os Santos, Bahia, Brasil.** Revista de Gestão Costeira Integrada - Journal of Integrated Coastal Zone Management, vol. 11, núm. 1, 2011, pp. 135-143. Disponível em: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=388340132014. Acesso em: 16 nov. 2022.

FRAXE, T. J. P.; GENTIL, D. F. O.; ANDRADE, J. B. L.; Da SILVA, M. A. P. Papel para vida: estudo da cadeia produtiva de embalagens de papelão no Polo Industrial de Manaus (PIM). Manaus: Fua, 2011.

GRECHINSKI, P. **Lixo no mar: um problema social.** Disponível em: http://177.124.63.109/index. php/EGS/article/view/31/30. Acesso em: 20 jul. 2023.

LEITE, N. D. – Lixões, Aterros Controlados e Aterros Sanitários: o que mudou no Brasil após a publicação da Lei Federal nº 12.305. Natal: ABES, 2019. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/55137. Acesso em: 16 nov. 2022.

MELO, A. A.; MELO, G. K. R. M. M.; MELO, V. L. A.; AZEVEDO, K. C. A. V.; LIRA, W. S. Territorialização da usina de compostagem de resíduos sólidos urbanos da cidade de esperança – PB e sua contribuição socioambiental. Revista eletrônica UEPB, v.13, nº1, 2012.

MOORE, C. J. Synthetic polymers in the marine environment: A rapidly increasing, longterm threat. **Environmental Research**, v. 108, p.131–139. 2008.

PORTELA, L. S.; JR. I. V. S.; NASCENTES, A. L.; CAMPOS, D. V. B. Levantamento das atividades potencialmente poluidoras do município de Vassouras, RJ – Brasil. Disponível em: https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/881426/1/DavidCamposBolObservatorioARLamego.pdf. Acesso em: 14 nov. 2022.

POZZETTI, V. C.; CALDAS, J. N. **O** descarte de resíduos sólidos no âmago da sustentabilidade. Rev. Direito Econ. Socioambiental, Curitiba, v. 10, n. 1, p. 183-205, jan./abr. 2019. Disponível em:



https://periodicos.pucpr.br/direitoeconomico/article/view/24021/23736. Acesso em: 15 nov. 2022

RIOS, L.M.; Moore, C.; Jones, P. Persistent organic pollutants carried by synthetic polymers in the ocean environment. **Marine Pollution Bulletin**, v. 54,p. 1230–1237. 2007.

#### Informação dos autores

#### Paulo Aurélio Carvalho de Oliveira da Silva

Universidade de Vassouras – Univassouras; Discente do Programa de Mestrado Profissional em Ciências Ambientais http://lattes.cnpq.br/3435614728222755

#### Nicole Aparecida Martins Klimko Fraguas

Universidade de Vassouras – Univassouras; Discente do Programa de Mestrado Profissional em Ciências Ambientais.http://lattes.cnpq.br/3784200197729494

#### **Danilo Alves Pereira**

Secretário Municipal do Ambiente, Agricultura e Desenvolvimento Rural da Prefeitura Municipal de Vassouras e Gestor do Fundo Municipal de Meio Ambiente de Vassouras. Mestre em Ciências Ambientais pela Universidade de Vassouras.http://lattes.cnpq.br/3726627365174676

#### Hamilton Moss de Souza

Pró-Reitor de Integração, Ciências Humanas Sociais Aplicadas e Relações Externas da Universidade de Vassouras. Mestrado em Engenharia de Produção pela Coordenação dos Programas de Pós-Graduação em Engenharia da UFRJ – COPPE. http://lattes.cnpq.br/3541350775763840

#### Cristiane Borborema Chaché

Advogada, Bacharel em Direito pela Universidade Federal Fluminense (UFF) e Técnica em Meio Ambiente pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ). Mestre em Sociologia e Direito pelo Programa de Pós-Graduação em Sociologia e Direito da Universidade Federal Fluminense (PPGSD/UFF). Doutora em Sociologia e Direito pelo Programa de Pós-Graduação em Sociologia e Direito da Universidade Federal Fluminense (PPGSD/UFF) na linha de pesquisa de Conflitos Socioambientais, Rurais e Urbanos. Professora do Curso de Graduação em Administração da Universidade de Vassouras, campus Vassouras e campus Maricá e no Programa de Mestrado Profissional em Ciências Ambientais







#### Carlos Vitor de Alencar Carvalho

Docente do Programa de Mestrado Profissional em Ciências Ambientais. Pós-Doutorado pela Universidade Bandeirante de São Paulo, UNIBAN, Brasil. http://lattes.cnpq.br/2158983308518609

#### Cristiane de Souza Siqueira Pereira

Coordenadora do curso de Engenharia Química e Docente do Programa de Mestrado Profissional em Ciências Ambientais da Universidade de Vassouras. Doutorado em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ, Brasil. http://lattes.cnpq.br/8723281922978435



70



# Tecnologias e Aplicações da Captura e Armazenamento de Carbono (CCS e CCUS)

Artur Radoman-de-Oliveira, Paulo Wilton da Luz Câmara, Sandro Pereira Ribeiro

#### **RESUMO**

Este texto tem por finalidade apresentar uma ampla e introdutória visão sobre o tema de captura e armazenamento de carbono. A relação do homem com a energia vem desde a utilização do fogo pelos povos antigos. Com a revolução industrial e as máquinas térmicas, a utilização de combustíveis fósseis aumentou abruptamente, a tal ponto que a quantidade de carbono na atmosfera começou a ser um problema, sendo um dos principais causadores do efeito estufa. Diminuir e zerar a emissão líquida de gases do efeito se tornou um compromisso mundial entre as nações. Para se atingir estes objetivos, várias perspectivas são trazidas à mesa. O CCS, ou CCUS, é uma proposta de captura e armazenar – ou mesmo utilizar – o dióxido de carbono impedindo que ele alcance a atmosfera. Com foco nas maiores fontes do problema, mas não se limitando a elas, CCS vem sendo estudado e implementado junta a usinas térmicas, com 3 abordagens: pós combustão, pré-combustão e oxi combustão. Além desses, são apresentados os conceitos de bioenergia com CCS, BECCS, e de captura de carbono diretamente do ar, DACCS. Encerrando, a apresentação de um caso de utilização da tecnologia CCS em uma usina de carvão no Canadá.

Palavras-chave: Mudanças Climáticas, dióxido de carbono, GEE XE, *Boundary Dam*, emissões atmosféricas.





#### A Humanidade e o Fogo



Desde os primórdios, a humanidade utiliza o fogo como fonte de energia, inicialmente para sobrevivência em épocas e lugares frios, iluminação a noite e preparação alimentos, seguida da sua utilização na fabricação de objetos. A invenção e o aprimoramento das máquinas térmicas possibilitaram um salto na capacidade fabril bem como na expansão da eletrificação dos campos e centros urbanos, por sua vez a busca por mais energia retroalimenta a demanda por máquinas térmicas.

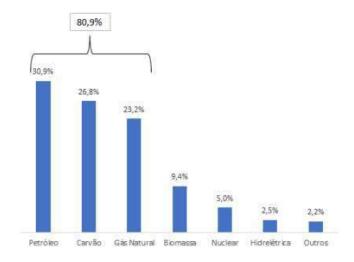
A descoberta do carvão, do petróleo e do gás natural acelerou a expansão da utilização da energia térmica, porém, neste momento, não era apenas o carbono já existente na superfície que estava sendo emitido para a atmosfera, mas sim um novo carbono, oriundo do subsolo, sendo despachado no ar de nosso planeta. Em algum momento, a natureza deixou de ser capaz de absorver todo esse carbono e suas taxas começaram a aumentar. Primeiro foi observada a correlação entre o aumento dessas taxas e as mudanças climáticas. Hoje, é consenso na comunidade científica que o carbono é, em grande parte, a causa dessas mudanças.

#### Dióxido de Carbono, o Vilão

A matriz energética mundial atualmente é baseada em combustível fóssil. Conforme o gráfico de barras da Figura 1 – confeccionado a partir dos dados do relatório estatístico de 2021 da Agência Internacional de Energia (IEA), 80,9% das fontes primárias de energia mundial são provenientes de petróleo, carvão ou gás natural.

O Departamento de Energia do Governo dos Estados Unidos (DOE, acesso em 2023) aponta que 85% dos gases do efeito estufa (GEE ou, do inglês, *greenhouse gases* GHG) são relacionados a energia oriunda de combustíveis fósseis, e, desta porcentagem, 95% é emissão de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

Figura 1. Matriz energética mundial – fontes primárias de energia



72

Assim, prevenir a emissão de CO<sub>2</sub> nas usinas térmicas e nas indústrias na sua origem, ou até mesmo capturá-lo diretamente do ar, desempenha um papel crucial na redução dos GEE na atmosfera. Isso torna a técnica de suma importância a ser considerada, juntamente com o desenvolvimento e a implementação de tecnologias que permitam a utilização dessas abordagens. De fato, essa estratégia é vista como um componente indispensável para alcançar os objetivos do Acordo de Paris (TAMME e SCROWCROFT, 2020).

# Capturando e Armazenando o CO<sub>2</sub>

A Captura e Armazenamento de Carbono, do inglês *Carbon Capture and Storage* (CCS), é o termo que se refere às tecnologias de captura de CO<sub>2</sub> e seu armazenamento de forma segura, impedindo que ele contribua para as mudanças climáticas. Podendo ser tanto de uma instalação (usinas térmicas, industriais) como diretamente do ar (GLOBAL CCS INTITUTE, 2023).

Neste ponto, cabe destacar uma divergência na terminologia, a *American University*, de Washington, DC (2023), afirma que se deve usar a expressão captura, consequentemente o termo CCS, apenas quando as tecnologias são aplicadas diretamente às emissões de instalações que realizam combustão. Para a captura do CO<sub>2</sub> diretamente da atmosfera, eles defendem que seja usado o termo Remoção de Carbono, do inglês *carbon removal*. Neste texto, será utilizado o termo captura para ambas as finalidades.

## Primeira etapa: Captura

Quando aplicada aos gases da combustão de uma instalação, pode-se dividir as tecnologias de captura em três abordagens:

Pós combustão, do inglês, Post-Combustion

Pré combustão, do inglês, Pre-Combustion

Oxi combustão, do inglês, Oxy-combustion

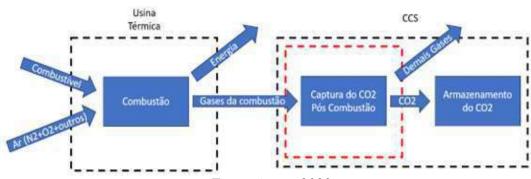
#### Pós combustão

Como o próprio nome diz, a abordagem pós combustão é quando as tecnologias são aplicadas após a conclusão do processo de combustão. A etapa destacada pela linha pontilhada vermelha da Figura 2 ilustra quando a captura do CO2 é realizada.





Figura 2. Esquemático da captura de CO2 na pós combustão



Fonte: Autor, 2023

O combustível e o ar – composto basicamente por 20% de oxigênio,  $O_2$ , e 80% de nitrogênio,  $N_2$  – são injetados no local onde ocorrerá a queima, resultando na energia térmica, em vapor d'água e  $CO_2$ . Considerando uma reação ideal, o  $N_2$  não participa, na prática também são encontrados outros gases como óxidos de enxofre e de nitrogênio.

Segundo o DOE (acesso em 2023), para separar o CO2 dos demais gases da combustão, comercialmente, temos os solventes químicos de amina (*amine-based solvents*). Ainda nos solventes químicos, aminas avançadas estão em fase de estudo de piloto. Outras várias tecnologias para capturar o dióxido de carbono estão em fase conceitual ou experimental, por exemplo:

- solventes químicos, como amônia em solução (aqueous ammonia);
- sorventes químicos ou físicos como redes metalorgânicas (metal organic frameworks);
- solventes físicos, como líquidos iônicos (ionic liquids);
- membranas de N2/CO2.

#### Pré combustão

A tecnologia de se capturar o dióxido de carbono antes da combustão está esquematizada na Figura 3. O primeiro passo é realizar uma separação do ar atmosférico em  $N_2$  – que retorna para o ambiente – e em  $O_2$  – que é utilizado no processo de gaseificação junto com o combustível.

Nesta etapa ocorre uma queima controlada de apenas de parte do combustível, de tal forma que este processo de "oxidação parcial" gera calor suficiente para transformar o combustível em gás de síntese, do inglês *synthesis gas* (syngas), composto predominantemente por hidrogênio (H2) e monóxido de carbono (CO). O syngas é encaminhado para um reator para converter o CO em CO<sub>2</sub>, por meio de *water gas shift reaction*. Nesta reação, CO com a água (H<sub>2</sub>O) são convertidos em H<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>.

O syngas agora está apto a ter seu  $CO_2$  capturado, e o  $H_2$  é encaminhado para ser utilizado como combustível para obtenção de energia, gerando gases da combustão sem  $CO_2$ .



Segundo o DOE (acesso em 2023), para capturar o CO<sub>2</sub> do syngas, podem ser utilizados processos de absorção tanto físico como químico. Comercialmente existem os solventes químicos a base de aminas, solventes físicos a base de metanol, sendo o estado-da-arte o solvente físico a base de glicol, chamado Selexol. Ainda em testes laboratoriais, há os líquidos iônicos, as redes metalorgânicas e as membranas de polímeros, de cerâmica, de fibra oca, entre outros.

Ar An Ar Oz toutros Separação do Ar Captura do CO2 Pré Combustão Gaseificação Syngas Shift

Figura 3. Esquemático da captura de CO2 na pós combustão

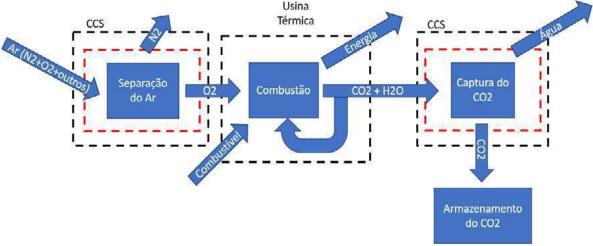
Oxi combustão

Na abordagem de Oxi combustão, prepare-se o ar atmosférico antes da combustão e captura-se o  $\mathrm{CO}_2$  após a combustão, conforme destacado pelas linhas pontilhadas vermelhas no esquemático da Figura 4. O conceito é realizar a combustão com alta concentração de  $\mathrm{O}_2$ , proporcionando gases da combustão basicamente vapor e  $\mathrm{CO}_2$ , facilitando a captura deste, após condensar a água. Como a combustão é um processo controlado, e a alta concentração de  $\mathrm{O}_2$  não é desejada, a diluição do  $\mathrm{O}_2$  pode ser feita pelos próprios gases oriundos deste processo.

Fonte: Autor, 2023

**Figura 4.** Esquemático da captura de CO<sub>2</sub> na oxi combustão

Usina





Fonte: Autor, 2023

Embora tanto na abordagem pré combustão como na oxi combustão haja o tratamento prévio do ar atmosférico visando aumentar a concentração do oxigênio, na oxi combustão são necessários níveis de concentração de  $O_2$  maiores. Consequentemente, são esperados custos maiores uma vez que os métodos criogênicos para produção e aumento da pureza de  $O_2$ . Em escala laboratorial, há pesquisas para se conseguir oxigênio, das quais pode ser citada a que visa produzir  $O_2$  por meio de membranas de transportes iônico (DOE, acesso em 2023).

## **Transporte**

Como gás, o dióxido de carbono pode ser transportado por tubulações, próprias ou reaproveitadas, bem como ser liquefeito e ser conduzido via transporte terrestres ou marítimo.

#### Armazenamento

O armazenamento é o estágio final das tecnologias de CCS, sendo a abordagem geológica é a mais estudada e utilizada.

As camadas litológicas apresentam diferentes características entre elas. Quando se encontra uma camada mais porosa e permeável – camada reservatório - abaixo de uma camada pouco porosa e permeável – camada selante ou trapeadora –, pode se estar diante de um excelente candidato para o armazenamento. Os poros entre os grãos da rocha serão o espaço utilizado para armazenamento do CO<sub>2</sub>. Por sua vez, a camada acima impede o retorno do CO<sub>2</sub> a superfície.

Poços de injeção são necessários para se chegar à camada reservatório. Após a sua construção, o dióxido de carbono é então bombeado para o seu destino.

Por oportunidade, os reservatórios utilizados podem ser campos de petróleo já depletados ou formações profundas com aquíferos salinos (GLOBAL CCS INTITUTE, acesso em 2023).

#### E se em vez de armazenar, utilizar o carbono capturado? CCUS

Além de armazenado, o dióxido de carbono, após captura, pode ser reutilizado, com isso a sigla CCS ganha a letra U, ficando CCUS, do inglês, *Carbon Capture Utilisation and Storage*. Das utilizações para o CO<sub>2</sub>, podem ser mencionadas: recuperação de campos de petróleo, produção de biomassa, indústria de alimentos, conversação em produtos químicos e mineralização.

A produção de petróleo é feita por meio poços produtores que canalizam o gás e o óleo das rochas reservatório para a superfície. Para campos novos, a própria pressão do petróleo no reservatório é suficiente para sua produção em vazões comerciais. A metida que a produção avança, a pressão do reservatório cai. Para se reduzir o declínio da produção, bem como aumentar a quantidade total de petróleo produzida no campo, são construídos poços injetores e, por eles, pode ser injetado o CO2



que irá ajudar a "empurrar" o petróleo pelos poços produtores. Este mecanismo é conhecido como recuperação avança de petróleo, do inglês *Enhanced Oil Recovery* (EOR).

As algas marinhas, como todo vegetal, realizam a fotossíntese, consumindo  $\mathrm{CO}_2$  e liberando  $\mathrm{O}_2$  para o ambiente. Portanto, uma das utilizações do dióxido de carbono pode ser a produção de biomassa em sistemas de algas para serem processadas e convertidas em diversos produtos, tais como substâncias químicas, rações para animais aquáticos e terrestres e suplementos alimentares para consumo humano, dentre outros. Neste tema, há pesquisas sobre o cultivo de cianobactérias, conhecidas como algas azuis.

Na indústria de alimentos, o CO<sub>2</sub> pode ser utilizado para bebidas carbonatadas como refrigerantes, cervejas, água com gás e outras bebidas gaseificadas, e, além disso, para congelamento e conservação de alimentos.

O dióxido de carbono pode ser utilizado na indústria química para a produção de outros produtos químicos, combustíveis sintéticos, plásticos e demais produtos como a fibra de carbono.

Por sua vez, a mineralização vem transformar o carbono em materiais inorgânicos, como cimentos e bicarbonatos, por meio de reações alcalinas.

# BECCS: emissões negativas de CO<sub>2</sub>

Unindo as tecnologias de energias de biomassa e de CCS, BECCS, ou Bio-CCS, remove tanto o carbono da atmosfera via a cultura ou manejo de vegetação, por exemplo, pelo processo de fotossíntese de florestas que fornecem biomassa destinada a prover combustível para usinas térmicas, como também a captura e o armazenamento desse mesmo carbono após sua queima na termelétrica.

Desta forma, mais CO<sub>2</sub> foi retirado do meio ambiente que retornado, apresentando emissões negativas quando se é feito o balanço de carbono.

#### **DACCS**

DACCS, do inglês *Direct Air Carbon Capture and Storage*, trata-se da captura direta do CO2 já presente no ar atmosférico.

Segundo DARZA (2023), são duas as tecnologias de captura de  ${\rm CO_2}$  diretamente do ar. Uma envolve absorção, na qual um composto sorvente dissolve o  ${\rm CO_2}$  e na outra envolve adsorção, nesta o  ${\rm CO2}$  adere à superfície do material sorvente.

#### Nem tudo são flores

Segundo o DOE (acesso em 2023), diversos são os desafios apresentados às tecnologias de



CCS, desde o custo, que encarece a energia, passando pela falta de mercado com preços atrativos tanto para o carbono e para possíveis créditos de carbono, como também por dificuldades técnicas.

Além das impurezas normais resultantes da reação, na abordagem de pós combustão, como não há tratamento prévio para o ar atmosférico que alimenta a queima, o CO<sub>2</sub> resultante fica por volta de 13% a 15% volume em usinas de carvão e de 3% a 5% em usinas a gás natural, juntamente com o fato de serem exalados a pressão atmosférica, tanto a baixa concentração como a baixa pressão dificultam o processo de captura.

# Instalações de CCS da Boundary Dam 3 – Exemplo de aplicação

Saskatchewan Power Corporation, Saskpower, é uma empresa de energia canadense, localizada na província homônima de Saskatchewan e conta em seu portfólio com 31 usinas, sendo 7 hidrelétricas, 3 a carvão, 10 a gás natural, 8 eólicas e 3 solares, com uma capacidade total nominal por volta de 5 Gigawatts. Dentre estas, a usina a carvão *Boundary Dam*, que possui 5 unidades, 2 desativadas e 3 operacionais, teve a unidade 3 (BD3) selecionada para receber a tecnologia CCS, na abordagem de pós combustão.

Apesar de, além de armazenamento geológica de CO<sub>2</sub>, também haver a utilização comercial tanto de parte do CO<sub>2</sub> como também do SO<sub>2</sub>, e isto configurar uma utilização dos gases capturados, a empresa não utiliza o termo CCUS, mas sim apenas CCS.

A construção das instalações de CCS se iniciou no ano de 2011 sendo o início das operações no outono de 2014, tornando-se a BD3 a primeira usina a utilizar com sucesso de forma comercial a tecnologia CCS. Destaca-se, também, o pioneirismo na forma integrada, a qual contempla todas as etapas – captura, transporte, utilização e armazenamento.

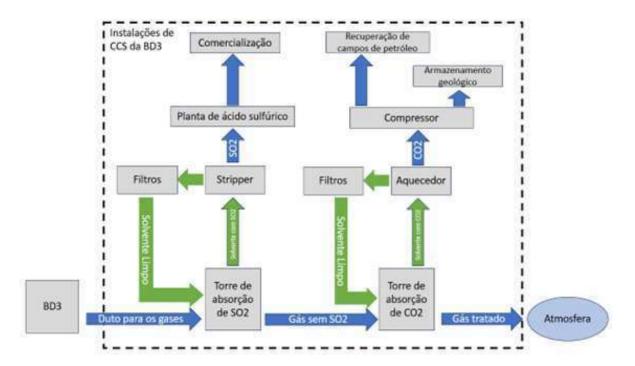
A Figura 5 ilustra a tecnologia de CCS utilizada na BD3. Inicialmente, os gases da combustão são levados por dutos até a torre de absorção de SO<sub>2</sub>, onde o óxido de enxofre é retirado por meio de solventes de amina. O gás segue então para a torre de absorção de CO<sub>2</sub>, onde também é utilizado solvente de amina para a captura do dióxido de carbono. Após estas duas etapas, o gás tratado é liberado para a atmosfera tendo 100% do SO<sub>2</sub>, 90% do CO<sub>2</sub> e 50% dos Nox capturados, bem como vários materiais particulados prejudiciais (*INTERNATIONAL CCS KNOWLEDGE CENTER*, acesso em 2023).

Por sua vez, os solventes com os óxidos capturados passam por processos de tratamento distintos. O que sequestrou o SO<sub>2</sub> é direcionado para um equipamento conhecido como *stripper*, separando o SO<sub>2</sub> do solvente de amina. O solvente passa por um processo de filtragem e é direcionado novamente para a torre de absorção de SO<sub>2</sub>. O dióxido de enxofre é encaminhado para uma planta de acidificação, onde é transformado em ácido sulfúrico e comercializado para utilização industrial.





**Figura 5.** Instalações de CCS da unidade 3 da usina de Boundary Dam



Fonte: Autor, 2023, a partir das informações da Saskpower

Ao passo que o CO<sub>2</sub> é separado de seu solvente por meio de aquecimento. O solvente em seguida é encaminhado para o processo de filtragem e retorna para torre de absorção de CO<sub>2</sub>. O dióxido de carbono então é comprimido para o armazenamento geológico, ou vendido para companhias de petróleo que o utilizam para recuperação avançada de petróleo.

O armamento geológico se dá em um sítio a 2 km, possui dois poços de injeção e o reservatório geológico é um arenito a 3,4 quilômetros de profundidade. A utilização comercial é feita por uma empresa de petróleo cujo campo está a 50 quilômetros de distância.

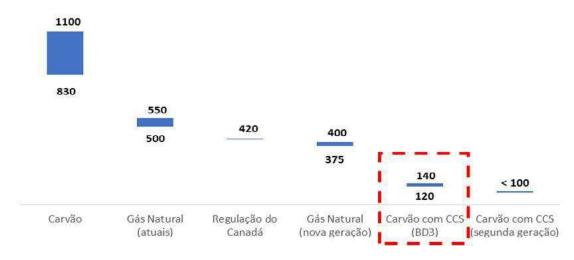
Um outro subproduto da combustão, as cinzas, do inglês *fly ashes*, são vendidos para utilização em misturas de concreto prontos para utilização, estruturas pré-moldadas, aditivo em cimento da indústria do petróleo e demais produtos de concreto.

O centro internacional de conhecimento em CCS (*International CCS Knowledge Center*, acesso em 2023) faz o comparativo das emissões da BD3 com as tecnologias de CCS contra as emissões de outras fontes de energia primária – Carvão sem CCS e duas gerações de usinas a gás natural –, conforme Figura 6. A redução nas emissões por unidade de energia gerada é significativa, saindo de uma faixa de 830 até 1100 t/GWh para um intervalo de 120 a 140 t/GWh.





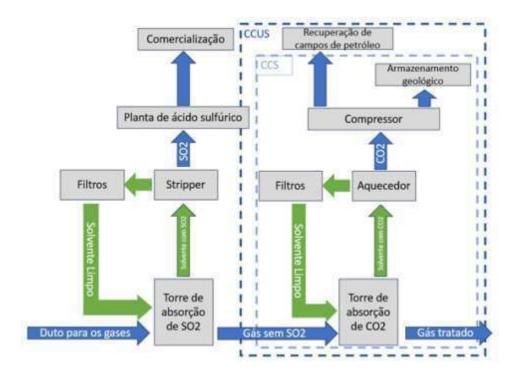
**Figura 6.** Tonelada de CO2 por Gigawatt-hora (t/GWh)



Fonte: Autor, 2023, dados da *International CCS Knowledge*Centre

Pode-se argumentar, sendo mais exigente com as definições aqui apresentadas, que as instalações de CCS da BD3 se trata de uma estação de tratamento de emissões, com o escopo mais amplo que apenas o carbono, sendo o CCS e o CCUS apenas uma parte da planta, conforme explicitado na Figura 7.

Figura 7. Definições de CCS e CCUS aplicadas às instalações de CCS da BD3







## Considerações Finais

O uso desenfreado de combustíveis fósseis, como petróleo, carvão e gás natural, transformou o carbono em um dos principais vilões das mudanças climáticas. O dióxido de carbono liberado na atmosfera a partir dessas fontes tem desencadeado alterações significativas no nosso planeta.

Nesse cenário, a tecnologia de Captura e Armazenamento de Carbono emerge como parte da solução, oferecendo uma abordagem prática para mitigar as emissões de CO<sub>2</sub>. As diferentes abordagens de captura, como pós combustão, pré combustão e oxi combustão, demonstram a versatilidade do CCS em uma variedade de cenários industriais. Além disso, a possibilidade de reutilizar o CO<sub>2</sub> capturado em várias aplicações, incluindo recuperação avançada de petróleo, produção de biomassa e indústria química, destaca o potencial transformador dessa tecnologia.

No entanto, é importante reconhecer que o CCS não é uma solução perfeita. Desafios como custos, logística e programas governamentais devem ser abordados para garantir o seu sucesso. Além disso, o conceito de emissões negativas de CO<sub>2</sub>, como ilustrado pelo BECCS, nos fornece uma visão esperançosa, mas requer esforços significativos para se tornar uma realidade viável.

A história da usina de *Boundary Dam* 3 ilustra que o CCS pode ser implementado com sucesso, reduzindo substancialmente as emissões de CO<sub>2</sub>. No entanto, devemos lembrar que o CCS é uma parte de um esforço mais amplo para lidar com as mudanças climáticas. A transição para fontes de energia mais limpas e renováveis é igualmente importante.

O desafio de encontrar soluções para as mudanças climáticas é complexo e multifacetado. A tecnologia do CCS, aliada a outras ações, como a redução do consumo de combustíveis fósseis e o desenvolvimento de fontes de energia sustentáveis, pode desempenhar um papel fundamental na mitigação das emissões de CO<sub>2</sub>. À medida que se avança, é essencial que se continue a inovar, colaborar e investir em soluções que ajudem a proteger nosso planeta e a garantir um futuro sustentável para as gerações futuras.





# REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA. *Key world energy statistics 2021*. Disponível em https://www.iea.org/reports/key-world-energy-statistics-2021/. Acesso em: 11 out. 2023.

NATIONAL ENERGY TECHNOLOGY LABORATORY. Carbon Dioxide Capture & Gasification. United States Department of Energy. Disponível em https://netl.doe.gov/research/carbon-management/energy-systems/gasification/gasifipedia/co2removal. Acesso em: 11 out. 2023.

TAMME, E.; SCOWCROFT, J. The role of CCS in the Paris Agreement and its Article 6. Global CCS Institute, 2020.

NATIONAL ENERGY TECHNOLOGY LABORATORY. Carbon Dioxide Capture Approaches. United States Department of Energy. Disponível em https://netl.doe.gov/research/carbon-management/energy-systems/gasification/ gasifipedia/capture-approaches. Acesso em: 15 out. 2023.

NATIONAL ENERGY TECHNOLOGY LABORATORY. Carbon Dioxide Conversion Program. United States Department of Energy. Disponível em https://netl.doe.gov/carbon-management/carbon-conversion. Acesso em: 11 out. 2023.

*INTERNATIONAL CCS KNOWLEDGE CENTER*. *Energy Mix*. Disponível em https://ccsknowledge.com/what-is-ccs/energy-mix. Acesso em 14 out. 2023.

AMERICAN UNIVERSITY. Explaining Carbon Removal. Washington, DC, Estados Unidos da América. Disponível em https://www.american.edu/sis/centers/carbon-removal/explaining-carbon-removal.cfm. Acesso em: 11 out. 2023.

GLOBAL CCS INSTITUE. What Is Ccs And How Is CO2 Captured?. Disponível em https://www.globalccsinstitute.com/ccs-explained-capture/. Acesso em 11 out. 2023.

GLOBAL CCS INSTITUE. Where is CO2 stored and how do we know it works?. Disponível em https://www.globalccsinstitute.com/ccs-101-storage/. Acesso em 11 out. 2023.

GARZA, D.; DARGUSCH, P.; WADLEY, D. A *Technological Review of Direct Air Carbon Capture* and *Storage (DACCS): Global Standing and Potential Application in Australia*. Energies 2023, 16, 4090. Disponível em https://doi.org/10.3390/en16104090

*SASKATCHEWAN POWER CORPORATION*. **System Map**. Disponível em https://www.saskpower.com/Our-Power-Future/Our-Electricity/Electrical-System /System-Map. Acesso em 11 out. 2023.

SASKATCHEWAN POWER CORPORATION. Virtual tour of SaskPower BD3 Carbon Capture Facility. Disponível em https://www.youtube.com/watch?v=RyJOIL4SuaU. Acesso em 11 out. 2023.

INTERNATIONAL CCS KNOWLEDGE CENTER. Boundary Dam 3 Carbon Capture and Storage (CCS) Facility. Disponível em https://ccsknowledge.com/bd3-ccs-facility. Acesso em 11 out. 2023.

INTERNATIONAL CCS KNOWLEDGE CENTER. **The S in CCS**. Disponível em https://www.youtube.com/watch?v=ur9P3me2J8g. Acesso em 11 out. 2023.

SASKATCHEWAN POWER CORPORATION. Coal with Carbon Capture Storage. Disponível em https://www.saskpower.com/our-power-future/our-electricity/ electrical-system/balancing-supply-options/coal-with-carbon-capture-storage. Acesso em 11 out. 2023.

#### Informação do autor

#### Artur Radoman de Oliveira

Nascido na cidade Rio de Janeiro, engenheiro de petróleo na Petrobras e aluno do Programa de Mestrado Profissional em Ciências Ambientais da Universidade de Vassouras. Formado em Engenharia Mecânica e de Automóveis pelo Instituto Militar de Engenharia, possui MBA em Gestão de Empresas pela FGV e outros dois MBAs um em gestão de projetos ágeis e outro em gestão de pessoas. Atualmente, desempenha as atribuições de orientador didático dos temas Avaliação Econômica e Desempenho Empresarial na Universidade Petrobras.

#### Paulo Wilton da Câmara Luz

Administrador. Pós-Doutor em Ciências Militares (Gestão e Economia de Defesa / Base Industrial de Defesa) - ECEME, Doutor em Ciência Política (Políticas Públicas - Empreendedorismo e Inovação) - IUPERJ, Mestre em Gestão e Estratégia em Negócios - UFRRJ e Especialista em Marketing - ESPM/RJ. Possui aperfeiçoamento em Relações Internacionais (FRIRJ). Atualmente é Coordenador Geral de Pós-Graduação Lato Sensu, Vice-Coordenador do Programa de Mestrado Profissional em Ciências Ambientais e Presidente do Comitê Executivo da VassourasTec (Incubadora Tecnológica da Univassouras). É membro do NDE dos cursos de Administração (campi Vassouras e Maricá) e do Colegiado do mestrado em Ciências Ambientais. É Pesquisador líder do GPERD - Grupo de Pesquisa (CNPq) em Energias Renováveis no Âmbito da Defesa e do projeto de pesquisa em Monitoramento Ambiental (certificado na Univassouras). Pesquisador do projeto de Economia Circular, em parceria com a UERJ e o CSEM e Pesquisador colaborador do Instituto Meira Mattos (IMM - Ciências Militares - Gestão e Economia de Defesa) da Escola de Comando e Estado-Maior do Exército (ECEME).

#### Sandro Pereira Ribeiro

Possui graduação em Licenciatura Química e Química Industrial pela Universidade de Vassouras - RJ (2006 - 2010); Mestrado em Tecnologia Química pelo Instituto Militar de Engenharia - IME - RJ (2010); Doutorado em Química pela Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF - MG (2015); Integrante do Núcleo Docente Estruturante - NDE da Engenharia Química da Universidade de Vassouras- RJ; Professor Permanente do Mestrado Profissional em Ciências Ambientais- Leciona a cadeira de Poluição Ambiental e Laboratório de Química Analítica Ambiental- Universidade de Vassouras- RJ; Representante do Colegiado do Mestrado em Ciências Ambientais da Universidade de Vassouras- RJ; Professor de Química da Secretaria Estadual de Educação- SEEDUC- RJ;





Leonardo Feijó Silvestre Mattos; Paloma Martins Mendonça; Margareth Maria de Carvalho Queiroz Tássio Ferenzini Martins Sirqueira

#### **RESUMO**

Neste estudo, foi realizada uma análise dos resíduos sólidos na região Sudeste do Brasil, utilizando informações do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). Foi utilizada a plataforma Microsoft Power BI para visualizar e explorar interativamente os dados em dois períodos: 2000-2012 e 2013-2022. A análise comparativa entre 2000 e 2012 revelou reduções significativas na geração de resíduos em São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro, com um aumento no Espírito Santo. Por outro lado, a análise entre 2013 e 2022 mostrou um aumento em todos os estados, sendo Minas Gerais o que mais cresceu, seguido por São Paulo, Rio de Janeiro e Espírito Santo. Isso destaca a importância de políticas eficazes de gestão de resíduos para mitigar o impacto ambiental. Nos últimos 10 anos (2012-2022), São Paulo e Minas Gerais mantiveram a liderança na geração de resíduos, com crescimento contínuo, ressaltando a necessidade de práticas sustentáveis na gestão de resíduos. A análise por tipo de resíduo identificou papel e papelão, sucata de metais ferrosos e óleo lubrificante usado, como os mais comuns, realçando a importância da reciclagem e manejo adequado para esses materiais. Ao analisar por tipo de atividade, foi observado que o transporte, terminais, depósitos e comércio, a indústria de produtos alimentares e bebidas e a indústria química são os principais geradores de resíduos. Durante o processo de ETL, foram identificadas inconsistências que sublinham a necessidade de padronização nos processos de coleta de dados pelo governo para garantir a integridade das análises. O estudo destacou a urgência de políticas públicas e práticas de gestão de resíduos sustentáveis na região Sudeste do Brasil, mostrando que é vital estabelecer abordagens colaborativas para enfrentar os desafios da gestão de resíduos e avançar em direção a um futuro sustentável e assim atender a agenda 2030 da ONU.

**Palavras-chave:** Resíduos sólidos; Brasil; Gestão de resíduos ; Sustentabilidade; Objetivos do Desenvolvimento Sustentável; Ciência de dados .





# INTRODUÇÃO

A complexidade da limpeza urbana reside na necessidade de considerar não apenas a coleta eficiente dos resíduos, mas também a gestão adequada de todo o ciclo, desde a sua geração até a destinação final. Isso inclui a adoção de práticas de redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos, visando minimizar o impacto ambiental e promover a sustentabilidade.

Portanto, a compreensão da complexidade do problema da limpeza urbana no Brasil, conforme evidenciado por EIGENHEER (2010), reforça a importância de um esforço conjunto e abrangente para abordar essa questão de forma eficaz e sustentável.

A Lei Federal 12.305/2010 que estabelece as normas da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) no Brasil designa uma referência sancionada regulamentando a gestão integrada e sustentável de resíduos sólidos no país, e apresentou metas para o estabelecimento e aperfeiçoamento do tratamento com os resíduos sólidos no Brasil. No que diz respeito às empresas, a PNRS impõe responsabilidades e metas relacionadas ao tratamento e destinação dos resíduos gerados por suas atividades. As empresas são incentivadas a adotar práticas de produção mais limpa, redução da geração de resíduos, reutilização, reciclagem e tratamento adequado dos resíduos sólidos.

A legislação também estabelece a responsabilidade compartilhada entre setores público e privado na gestão dos resíduos sólidos. Isso significa que as empresas têm a obrigação de implementar medidas para minimizar o impacto ambiental de seus resíduos e contribuir para a sua destinação adequada.

A PNRS incentiva a implementação de sistemas de logística reversa, em que as empresas são responsáveis por receber de volta os produtos pós-consumo e garantir a sua destinação adequada, promovendo a reciclagem e a redução da quantidade de resíduos enviados para aterros sanitários.

De acordo com Figueiredo (2011), a existência (ou falta) de sistemas de informações e bases de dados no país é um aspecto relevante a ser considerado na discussão sobre resíduos sólidos. Este autor destacou que alguns pontos que requerem atenção incluem a disponibilidade de informações, a confiabilidade dos dados e as contradições encontradas em bancos de dados, sejam eles oficiais ou não. Essa análise ressaltou a necessidade de abordar essas questões para uma compreensão precisa e abrangente da situação dos resíduos sólidos no país.

Kung, Huang e Cheng (2012) argumentaram que, no contexto industrial, as organizações enfrentam pressões de diferentes frentes, como governos, consumidores e partes interessadas, para operarem de maneira sustentável e reduzirem seus impactos ambientais. Isso indica a necessidade de implementar medidas para mitigar os efeitos negativos da atividade industrial no meio ambiente.

Por sua vez, Dias (2017) destacou que a adesão das empresas às normas ambientais as leva



a buscar medidas corretivas para eliminar ou reduzir os impactos ambientais negativos gerados por suas operações. Isso sugeriu que a conformidade com as normas ambientais é um motivador para que as empresas implementem ações corretivas visando a redução dos impactos ambientais e a promoção da sustentabilidade em suas atividades.

A disponibilização de dados abertos por órgãos de controle ambiental desempenha um papel fundamental na promoção da transparência, na participação pública e na tomada de decisões informadas no campo da gestão ambiental. No contexto específico da gestão de resíduos sólidos, a existência de dados abertos permite uma compreensão mais aprofundada dessa problemática no Brasil. Nesse sentido, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) desempenha um papel fundamental ao disponibilizar informações sobre a geração de resíduos sólidos por pessoas jurídicas.

Esses dados possibilitam um panorama mais claro e abrangente da quantidade e origem dos resíduos gerados pelas empresas, contribuindo para a identificação de padrões, tendências e desafios específicos nesse contexto. Além disso, essas informações são cruciais para embasar a formulação e implementação de políticas e práticas mais eficientes de gestão de resíduos, tanto em nível nacional quanto regional.

#### **METODOLOGIA**

Neste estudo, foi conduzida uma análise exploratória de dados utilizando a plataforma Microsoft Power BI. Essa ferramenta robusta e intuitiva permitiu a visualização e a exploração interativa dos dados coletados. A análise foi realizada por meio da criação de painéis interativos e gráficos dinâmicos, permitindo uma exploração detalhada dos dados, proporcionando uma compreensão mais profunda das variáveis e de suas interações.

Essa análise envolveu a exploração dos dados por meio de gráficos, tabelas e medidas estatísticas descritivas. Objetivou-se obter uma compreensão inicial dos padrões, tendências e características dos dados. Os dados utilizados neste estudo foram obtidos a partir dos dados abertos disponibilizados pelo IBAMA. A análise foi realizada considerando a relação das pessoas jurídicas inscritas no Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras e Utilizadoras de Recursos Ambientais (CTF/APP), que é um registro obrigatório instituído pelo IBAMA no Brasil. Ele tem como objetivo identificar e monitorar as atividades econômicas que possuem potencial poluidor ou que utilizam recursos ambientais de forma significativa. Análise também considerou os cadastros nas atividades constantes do anexo VIII da Lei 6.938/1981. O Anexo VIII da Lei 6.938/1981, também conhecida como a Lei da Política Nacional do Meio Ambiente, estabelece uma lista de atividades consideradas potencialmente poluidoras ou degradadoras do meio ambiente. Essa lista é utilizada como referência para identificar quais atividades estão sujeitas ao Cadastro Técnico Federal (CTF/APP) mencionado anteriormente.

Foram levados em consideração os formulários "Resíduos Sólidos - Gerador" e "Resíduos



Sólidos - Anterior a 2012" do Relatório Anual de Atividades Potencialmente Poluidoras e Utilizadoras de Recursos Ambientais (RAPP), conforme estabelecido nos Anexos I a XXVI da instrução Normativa Ibama n°06/2014. O RAPP deve ser preenchido e enviado anualmente pelas empresas que estão cadastradas no CTF/APP (Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras e Utilizadoras de Recursos Ambientais), conforme mencionado anteriormente. O relatório abrange informações detalhadas sobre as atividades desenvolvidas pelas empresas, tais como consumo de recursos naturais, geração de resíduos, emissões atmosféricas, entre outros aspectos relevantes.

O processo de Extração, Transformação e Carga (ETL) foi uma etapa crítica no desenvolvimento deste estudo, uma vez que se tratou da preparação e organização dos dados brutos coletados para análise estatística. A fim de garantir a qualidade e confiabilidade dos resultados obtidos, foram adotadas diversas técnicas e procedimentos no processo de ETL.

A primeira fase do processo consistiu na extração dos dados brutos do portal do IBAMA, onde estão disponibilizados os conjuntos de dados em arquivos CSV e planilhas. A escolha das fontes de dados foi baseada na relevância e disponibilidade das informações necessárias para a pesquisa.

Na sequência, a etapa de transformação foi executada visando preparar os dados para a análise estatística. Durante essa fase, diversas operações foram aplicadas para garantir a qualidade dos dados, como a remoção de registros imprecisos, o tratamento de valores ausentes e a padronização de formatos. Além disso, técnicas avançadas de limpeza e normalização foram empregadas para mitigar possíveis inconsistências e ruídos nos dados. Nesta etapa de tratamento foi utilizado também o software Microsoft Excel.

Após a transformação dos dados, o próximo passo foi o carregamento destes dados em uma estrutura adequada para a análise estatística. Neste sentido foram implementados bancos de dados específicos para cada conjunto de dados disponibilizado, sendo um banco de dados destinado às informações do período de 2000 a 2012, outro banco de dados voltado às informações do período de 2012 a 2022 e um terceiro banco de dados para armazenar os dados compartilhados, os quais foram otimizados visando o armazenamento eficiente dos dados preparados. A estrutura do banco de dados foi projetada levando em consideração os requisitos da pesquisa, como a eficiência na recuperação dos dados e a flexibilidade para consultas e análises estatísticas posteriores.

Os dados foram importados para o Power BI, garantindo sua integridade e consistência. Em seguida, foram criados gráficos de barras, linhas, dispersão e outros tipos de visualizações, com base na natureza das variáveis e nos objetivos da análise. Os recursos interativos e visuais oferecidos pelo Power BI proporcionaram uma compreensão mais profunda dos dados, destacando informações valiosas.

Devido à natureza dos dados e a forma como foram disponibilizados e a fim de garantir maior





confiabilidade nas análises, estas foram divididas em dois períodos principais, seguindo a forma em que são disponibilizados, no primeiro período os dados antes de 2012 e depois de 2012 até 2022. Para uma comparação inicial foram analisados os dados dos 1º e 12º ano, do primeiro período, ou seja, de 2000 e 2012 e depois analisados os dados do 1º e último ano do segundo período de divisão dos anos, ou seja, dos anos de 2013 e 2022.

## Análise comparativa do ano de 2000 e do ano de 2012

Comparando os Gráficos 1 e 2, pode-se observar que no ano de 2000, São Paulo apresentou uma soma total de resíduos de 11.916.723,36 toneladas, indicando uma grande quantidade de resíduos gerados que foram coletados no estado. Já em 2012, houve uma redução significativa na quantidade destes resíduos, com um total de apenas 236.076,42 toneladas.

No ano de 2000, Minas Gerais gerou um total de aproximadamente 4.801.122,80 toneladas de resíduos sólidos coletados, representando uma quantidade significativa de resíduos no estado. Em 2012, a quantidade de resíduos gerados coletados diminuiu para 15.484,58 toneladas.

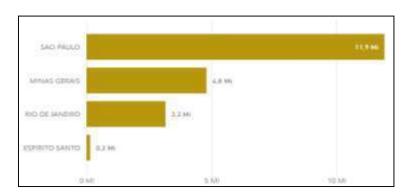
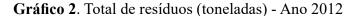
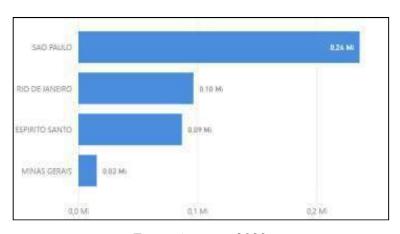


Gráfico 1. Total de resíduos (toneladas) - Ano 2000

Fonte: Autores, 2023.





Fonte: Autores, 2023.





No ano de 2000, Minas Gerais gerou um total de aproximadamente 4.801.122,80 toneladas de resíduos sólidos coletados, representando uma quantidade significativa de resíduos no estado. Em 2012, a quantidade de resíduos gerados coletados diminuiu para 15.484,58 toneladas.

Em 2000, o Rio de Janeiro apresentou uma soma total de resíduos coletados de aproximadamente 3.160.739,43 toneladas. Em 2012, a quantidade destes resíduos gerados diminuiu para 96.600,19 toneladas.

No ano de 2000, o Espírito Santo gerou um total de aproximadamente 150.157,14 toneladas de resíduos sólidos coletados. Em 2012, a quantidade destes resíduos gerados aumentou para 87.016,69 toneladas. Essa elevação pode ser atribuída ao crescimento da população, atividades industriais e mudanças nos padrões de consumo.

Essa análise sugere que, ao longo dos anos, houve um esforço para reduzir a quantidade de resíduos gerados em São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro. No entanto, no Espírito Santo, a quantidade de resíduos aumentou. Esses dados destacam a importância da implementação de políticas de gestão de resíduos eficientes, como a promoção da reciclagem, redução de desperdício e conscientização ambiental, visando a redução do impacto ambiental e o avanço em direção a uma economia mais circular.

## Análise comparativa do ano de 2013 e do ano de 2022

Analisando os dados de 2013 e 2022, conforme ilustrados nos Gráficos 3 e 4, referentes à contagem da quantidade de resíduos gerados em cada estado, foi possível observar as seguintes tendências.

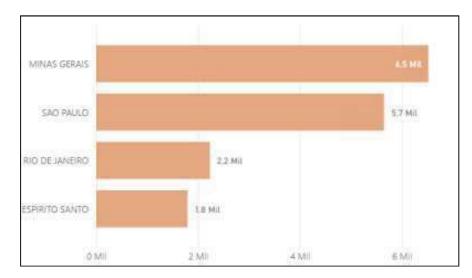


Gráfico 3. Total de resíduos (toneladas) - Ano 2013

Fonte: Autores, 2023.





MINAS GERAIS

SAO PAULO

FILEMIT

RIO DE JANEIRO

3,9 MIL

ESPIRITO SANTO

2,5 MIL

0 MIL

5 MIL

10 MIL

Gráfico 4. Total de resíduos (toneladas) - Ano 2022

Fonte: Autores, 2023.

No ano de 2013, Minas Gerais gerou um total de 6.526 unidades de resíduos. Essa contagem indica uma quantidade significativa de resíduos gerados no estado. Já em 2022, houve um aumento considerável na quantidade de resíduos gerados, com um total de 53.861 unidades.

Em 2013, São Paulo apresentou uma contagem de 5.654 unidades de resíduos gerados, representando uma quantidade considerável. Em 2022, a quantidade de resíduos gerados aumentou para 48.681 unidades.

No ano de 2013, o Rio de Janeiro contabilizou 2.235 unidades de resíduos gerados. Em 2022, houve um aumento na quantidade de resíduos gerados, totalizando 19.537 unidades.

Em 2013, o Espírito Santo registrou 1.794 unidades de resíduos gerados. Em 2022, a quantidade de resíduos gerados aumentou para 12.453 unidades.

Essa análise sugere um aumento geral na quantidade de resíduos gerados em Minas Gerais, São Paulo, Rio de Janeiro e Espírito Santo entre 2013 e 2022. Esse aumento pode ser resultado do crescimento populacional, expansão das atividades industriais e mudanças nos hábitos de consumo da população.

É fundamental que os estados implementem políticas de gestão de resíduos eficientes, como a promoção da reciclagem, redução de desperdício e conscientização ambiental, para lidar com esse aumento e reduzir o impacto ambiental associado à geração de resíduos. Além disso, é importante incentivar a transição para uma economia circular, em que os resíduos são considerados recursos valiosos e são devidamente gerenciados para evitar danos ao meio ambiente.





## Análise comparativa dos últimos 10 anos

Ao analisar os últimos 10 anos da região sudeste, comparando dados de 2022 e 2012. Observando-se o Gráfico 5, com dados de 2012. Comparando os dados dos gráficos, pode-se analisar as variações na contagem de unidades (em toneladas de resíduos descartados) entre 2012 e 2022 para cada estado. Em 2012, Minas Gerais registrou uma contagem de unidades de 3.983 toneladas de resíduos, enquanto em 2022, esse número aumentou para 7.423 toneladas. A variação percentual foi de 86,2%. Em 2012, São Paulo registrou uma contagem de unidades de 1.518 toneladas de resíduos, enquanto em 2022, esse número aumentou para 4.087 toneladas. Em 2012, o Rio de Janeiro registrou uma contagem de unidades de 389 toneladas de resíduos, enquanto em 2022, esse número aumentou para 1.010 toneladas. Em 2012, o Espírito Santo registrou uma contagem de unidades de 240 toneladas de resíduos, enquanto em 2022, esse número aumentou para 696 toneladas. Houve um aumento de 190% na contagem de unidades de resíduos no Espírito Santo entre 2012 e 2022.

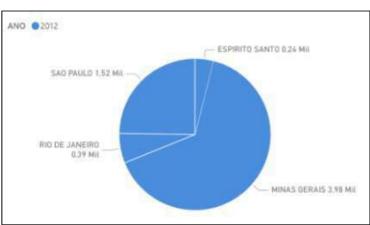


Gráfico 5. Total de resíduos (toneladas) - Ano 2012

Fonte: Autores, 2023.

Em comparação com o Gráfico 6, com dados de 2022.

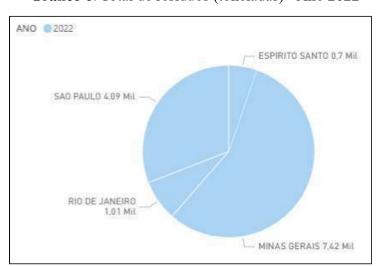


Gráfico 6. Total de resíduos (toneladas) - Ano 2022





A comparação entre os estados revela um aumento substancial na contagem de unidades de resíduos em todos os estados analisados durante o período de 10 anos (2012-2022).

Espírito Santo teve o maior aumento percentual, com um crescimento de 190%, seguido por São Paulo com 169,7%. Rio de Janeiro apresentou um aumento de 159,4%, enquanto Minas Gerais registrou um aumento de 86,2%. Esses dados indicam um aumento significativo na geração de resíduos em todos os estados, o que pode estar relacionado ao crescimento populacional, ao desenvolvimento econômico e à mudança nos padrões de consumo.

Essas informações destacam a importância de políticas de gestão de resíduos eficazes e sustentáveis em cada estado. É fundamental investir em programas de reciclagem, redução de resíduos e educação ambiental para minimizar o impacto negativo desses resíduos no meio ambiente e promover a sustentabilidade. Além disso, os resultados também ressaltam a necessidade de uma abordagem integrada e colaborativa entre governos, setor privado e sociedade civil para enfrentar o desafio crescente da gestão de resíduos e trabalhar em direção a um futuro mais sustentável.

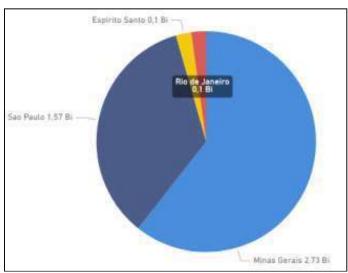
#### Análise os dados dos anos de 2000 a 2022

Para fazer uma análise dos dados de 2000 a 2012 e dos dados de 2013 a 2022, considerando que de 2000 a 2012 os dados estão na unidade "Tonelada" e de 2013 a 2022 estão expressos em "Unidade", utilizou-se a soma dos valores para cada período e compará-los.

O Gráfico 7 apresenta os dados do total de resíduos gerados na região sudeste (em toneladas) nos anos de 2000 a 2012.

A quantidade total de resíduos gerados por São Paulo foi de 1.572.130.522,01 toneladas. Isso indica que São Paulo teve uma grande quantidade de resíduos produzidos nesse período, possivelmente devido à sua alta densidade populacional e ao desenvolvimento industrial.

**Gráfico 7.** Total de resíduos gerados (Toneladas) - Região Sudeste 2000 a 2012.



Fonte: Autores, 2023.



A tabela 1 apresenta o total de resíduos gerados em toneladas na região sudeste do Brasil de 2000 a 2012.

Tabela 1. Total de resíduos gerados (Toneladas) - Região Sudeste 2000 a 2012.

Total de resíduos	Unidade de medição
1.572.130.522,01	Toneladas
98.160.427,84	Toneladas
2.729.729.264,10	Toneladas
102.031.579,93	Toneladas
	1.572.130.522,01 98.160.427,84 2.729.729.264,10

Fonte: IBAMA, 2023.

O estado do Rio de Janeiro gerou um total de 98.160.427,84 toneladas de resíduos durante esse período. Em comparação com São Paulo, o Rio de Janeiro apresenta uma quantidade significativamente menor de resíduos gerados, o que pode ser atribuído à diferença de tamanho e atividades econômicas entre os estados.

Minas Gerais registrou a geração de 2.729.729.264,10 toneladas de resíduos, mostrando-se como o estado com a maior quantidade de resíduos produzidos durante o período analisado. Essa alta quantidade de resíduos pode ser explicada pela extensão territorial de Minas Gerais e pelas atividades econômicas, como a mineração, que são realizadas no estado.

O Espírito Santo gerou um total de 102.031.579,93 toneladas de resíduos durante esse período. Comparado com os outros estados, o Espírito Santo apresenta uma quantidade relativamente menor de resíduos gerados. Isso pode ser atribuído ao seu tamanho menor e ao fato de possuir uma economia menos industrializada.

Essa análise dos dados de geração de resíduos permite uma compreensão inicial da quantidade de resíduos produzidos por cada estado durante o período de 2000 a 2012.

A tabela 2 apresenta os dados do total de resíduos gerados na região sudeste do Brasil de 2013 a 2022.

Analisando os dados de 2013 a 2022, considerando que agora estão expressos em unidades foi observado que durante o período de 2013 a 2022, São Paulo registrou a geração de 12.517.103,27 unidades de resíduos. Essa quantidade de resíduos indica uma continuidade na produção de resíduos no estado, mesmo que agora estejam sendo expressos em unidades.





Tabela 2. Total de resíduos gerados (unidades) - Região Sudeste 2013 a 2022.

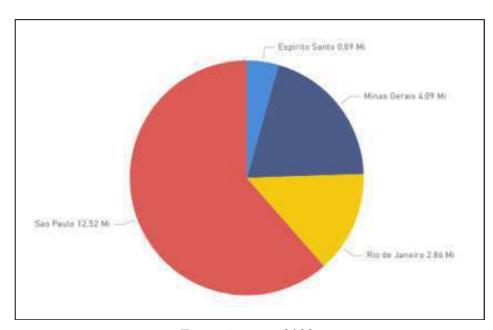
Estado	Total de resíduos	Unidade de medição
São Paulo	12.517.103,27	Unidades
Rio de Janeiro	2.858.215,06	Unidades
Minas Gerais	4.094.790,38 Unidades	
Espírito Santo	888.971,42	Unidades

Fonte: IBAMA, 2023

O Gráfico 8 apresenta os dados do total de resíduos gerados na região sudeste (em unidades) nos anos de 2023 a 2022.

O estado do Rio de Janeiro gerou um total de 2.858.215,06 unidades de resíduos durante esse período. Essa quantidade é consideravelmente menor em comparação com São Paulo, indicando uma produção de resíduos relativamente menor no Rio de Janeiro.

Gráfico 8. Total de resíduos gerados (unidades) - Região Sudeste 2013 a 2022.



Fonte: Autores, 2023.



Já Minas Gerais registrou a geração de 4.094.790,38 unidades de resíduos. Assim como no período anterior, Minas Gerais continua apresentando uma quantidade significativa de resíduos gerados, evidenciando a importância de medidas de gestão e manejo adequados desses resíduos.

O Espírito Santo gerou um total de 888.971,42 unidades de resíduos durante o período de 2013 a 2022. Comparado com os outros estados, o Espírito Santo continua apresentando uma quantidade relativamente menor de resíduos gerados.

Ao se analisar os dados de geração de resíduos dos estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais e Espírito Santo durante os períodos de 2000 a 2012 e de 2013 a 2022, foi observado que São Paulo se destacou como o estado com a maior quantidade de resíduos gerados em ambos os períodos. Isso pode ser atribuído à alta densidade populacional e ao desenvolvimento industrial do estado. O fato de São Paulo ser um importante centro econômico e industrial contribui para a geração de uma grande quantidade de resíduos.

Minas Gerais também apresentou uma alta quantidade de resíduos gerados, sendo o estado com a maior quantidade no período de 2000 a 2012. Isso pode ser explicado pela extensão territorial do estado e pelas atividades econômicas, como a mineração, que são realizadas em Minas Gerais. É importante ressaltar a importância de um manejo adequado dos resíduos gerados nesse contexto.

O Rio de Janeiro e o Espírito Santo mostraram quantidades relativamente menores de resíduos gerados em comparação com São Paulo e Minas Gerais. Essa diferença pode ser atribuída tanto ao tamanho menor desses estados quanto às suas atividades econômicas menos intensivas em termos de geração de resíduos. No entanto, é fundamental que esses estados também adotem medidas eficientes de gestão e manejo de resíduos para evitar impactos ambientais negativos.

No período de 2013 a 2022, foi observado que os dados estão expressos em unidades, o que dificulta a comparação direta com os dados em toneladas do período anterior. No entanto, pode-se perceber que São Paulo e Minas Gerais ainda se destacam na geração de resíduos, embora em uma medida diferente. Essa continuidade na produção de resíduos em São Paulo e Minas Gerais reforça a importância de políticas e práticas de gestão de resíduos sustentáveis para mitigar os impactos ambientais.

Em ambos os períodos, é crucial ressaltar a necessidade de implementar políticas e práticas efetivas de gerenciamento de resíduos em todos os estados, independentemente da quantidade gerada. A gestão adequada dos resíduos é fundamental para minimizar os impactos ambientais, promover a reciclagem e a reutilização de materiais, reduzir a poluição e proteger a saúde pública. Além disso, é essencial promover a conscientização da população sobre a importância da redução do consumo e do descarte adequado dos resíduos, bem como incentivar a adoção de práticas mais sustentáveis nas atividades econômicas.



## Análise das Capitais da Região Sudeste do Brasil



O Gráfico 12 apresenta o total de resíduos gerado por capital do Sudeste do Brasil entre os anos de 2000 e 2022.

ESTADO SEPIRITO SANTO MINAS GERAIS RIO DE JANEIRO SAO PALILO

55.34 MI

30 MI

20 MI

30 MI

RIO DE JANEIRO BELO HORIZONTE SAO PAULO VITORIA

Gráfico 12 - Total de resíduos gerados por capital do Sudeste (toneladas) - 2000 a 2022

Fonte: Autores, 2023

Os números mostram que há uma grande disparidade na quantidade de resíduos sólidos gerados por empresas nas capitais. O Rio de Janeiro lidera a lista, com uma quantidade impressionante de aproximadamente 55,3 milhões de toneladas. Em seguida, temos Belo Horizonte, com cerca de 32,7 milhões de toneladas, seguido por São Paulo, com mais de 26,5 milhões de toneladas. Por fim, Vitória apresenta a menor quantidade, com pouco mais de 441 mil toneladas.

Essa disparidade pode ser parcialmente explicada pelas características econômicas e populacionais de cada município. O Rio de Janeiro e São Paulo são importantes centros financeiros e industriais do Brasil, com uma densa população e uma grande quantidade de empresas, o que leva a uma maior produção de resíduos sólidos. Belo Horizonte também é um centro industrial relevante, justificando sua posição intermediária na lista. Já Vitória é uma cidade menor em comparação com as outras três e tem uma atividade econômica menos intensa, o que resulta em menor geração de resíduos.

Utilizando dados fornecidos pelo IBGE, pode-se fazer uma análise per capita das capitais utilizando a média de resíduos gerados por cada habitante nas respectivas capitais, considerando a soma total de resíduos e a população estimada fornecida.





Tabela 3. Número de habitantes por capital - Sudeste

Capital	Número de habitantes
Rio de Janeiro	6.775.561
São Paulo	12.396.372
Belo Horizonte	2.530.701
Vitória	369.534

Fonte: IBGE, 2023

O cálculo foi realizado dividindo a soma total de resíduos pela população estimada, sendo assim:

O Rio de Janeiro apresentou a soma total de resíduos de 55.337.042,78 de toneladas, e uma população estimada de 6.775.561 habitantes, portanto a geração de resíduos per capita estimada foi de aproximadamente 8,16t/hab.

Em Belo Horizonte a soma total de resíduos apresentada foi de 32.691.058,34 de toneladas e a população estimada de 2.530.701 habitantes, a geração de resíduos per capita estimada foi de 12,92t/hab.

Em São Paulo a soma do total de resíduos foi de 26.505.155,12t de toneladas e a população estimada de 12.396.372 habitantes, portanto a geração de resíduos per capita estimada foi de aproximadamente 2,14t/hab.

Já em Vitória a soma do total de resíduos foi de 441.490,78 de toneladas e a população estimada foi de 369.534 de habitantes, sendo assim, a geração de resíduos per capita foi de 1,19t/hab.

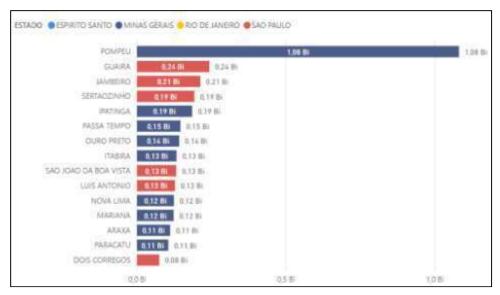
Esses valores indicam a média de resíduos gerados por cada habitante em cada capital. Podese concluir que Belo Horizonte tem a maior geração de resíduos per capita, seguida pelo Rio de Janeiro, São Paulo e, por último, Vitória, que apresentou a menor geração de resíduos per capita entre as capitais do Sudeste.

O Gráfico 13, apresenta os dados de resíduos gerados por município da região Sudeste do Brasil.





Gráfico 13. Total de resíduos gerados por município do Sudeste (toneladas) - 2000 a 2022



Fonte: Autores, 2023

Minas Gerais possui a maior soma de resíduos entre os estados listados, com um total de 2.460.330.189,82t. São Paulo tem a segunda maior soma de resíduos, chegando a 957.745.402,96t, que foi consideravelmente inferior à de Minas Gerais. Foi interessante notar que a cidade de Pompeu em Minas Gerais lidera com uma soma significativamente alta de resíduos, o que pode estar relacionado a vários fatores, como população, atividades econômicas, e políticas locais de gestão de resíduos. Essa análise foi baseada nos dados fornecidos e não leva em conta outros fatores que podem afetar a quantidade de resíduos em cada município, como densidade populacional, atividades industriais ou políticas de reciclagem e sustentabilidade.

São Paulo ocupa a segunda posição em termos de soma total de resíduos, com aproximadamente 957 milhões de toneladas. Embora a soma seja significativa, a média de resíduos por município foi menor em comparação com Minas Gerais. Isso pode sugerir que São Paulo, apesar de ser um estado altamente desenvolvido e industrializado, possui uma distribuição mais equilibrada dos resíduos em comparação com Minas Gerais.

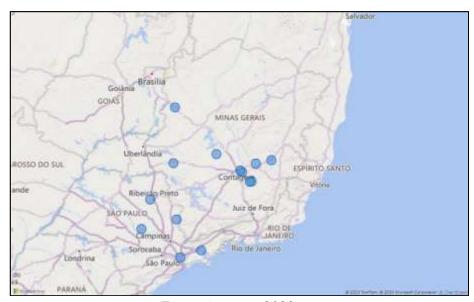
Na figura 1 pode-se observar os municípios de acordo com a sua posição geográfica.







Figura 1. Mapa dos municípios do Sudeste com maior geração de resíduos



Fonte: Autores, 2023

Pode-se observar que os municípios estão distribuídos entre os estados de Minas Gerais e São Paulo essa distribuição geográfica indica que a maioria dos municípios com altas somas de resíduos estão concentrados nesses dois estados. A maioria está localizada em Minas Gerais. Dos 15 municípios com maiores gerações de resíduos, 9 pertencem a Minas Gerais, o que demonstra a relevância do estado na geração total de resíduos sólidos.

Os três municípios de São Paulo presentes (Guaíra, Jambeiro e Sertãozinho) têm somas totais de resíduos expressivas, demonstrando que o estado de São Paulo também possui relevância na geração de resíduos sólidos.

A análise da posição geográfica dos municípios pode destacar a importância de políticas e estratégias regionais para a gestão de resíduos sólidos. Cada região pode apresentar características específicas que requerem abordagens personalizadas para lidar com a geração, coleta, tratamento e disposição adequada dos resíduos.

#### Análise dos tipos de resíduos

A análise de dados sobre resíduos perigosos e não perigosos desempenha um papel crucial na gestão ambiental e na proteção da saúde pública. Ao identificar e distinguir entre esses dois tipos de resíduos, é possível implementar estratégias eficazes de manejo, minimizando os riscos associados à manipulação e disposição inadequadas. No gráfico 9 estão expostos os dados referentes à classificação dos resíduos quanto ao seu tipo, perigosos ou não perigosos entre os anos de 2012 a 2022 nos estados da região sudeste.



Com base nos dados foi observado que o número de resíduos classificados como "Não Perigoso" foi de 597.081, e o número de resíduos classificados como "Perigoso" foi de 451.494, nos anos de 2012 a 2022. Esses números destacam a existência de uma quantidade considerável de resíduos perigosos, que requerem cuidados especiais de manejo, tratamento e disposição final. Os resíduos perigosos podem representar riscos significativos para a saúde humana e o meio ambiente se não forem gerenciados adequadamente.

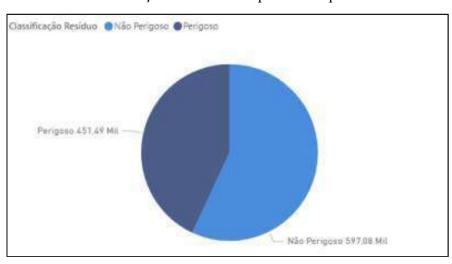


Gráfico 9. Classificação dos resíduos quanto ao tipo - 2012 a 2022.

Fonte: Autores, 2023

A classificação correta dos resíduos é fundamental para garantir que sejam tomadas as medidas apropriadas para seu manuseio e destinação final. É essencial implementar práticas de gestão de resíduos que atendam às normas e regulamentos ambientais, a fim de minimizar os riscos associados aos resíduos perigosos. Além disso, a conscientização e a educação ambiental são essenciais para promover a redução na geração de resíduos perigosos, bem como incentivar a reciclagem e o uso sustentável de recursos. Esses dados ressaltam a importância de um gerenciamento adequado e responsável dos resíduos, com ênfase especial nos resíduos perigosos, a fim de proteger a saúde pública e preservar o meio ambiente.

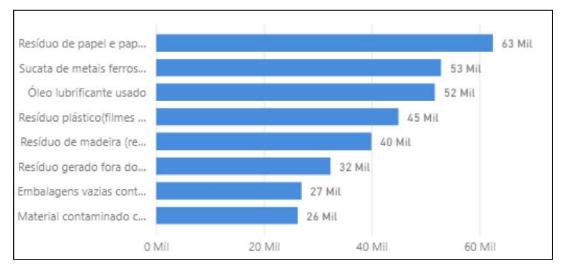
Conforme os dados do Gráfico 10, onde estão apresentados os dados dos anos de 2000 a 2013 dos tipos de resíduos gerados nos estados da região sudeste podemos identificar os três maiores valores que são: Resíduo de papel e papelão, Sucata de metais ferrosos e Óleo lubrificante usado.

Resíduo de papel e papelão: A contagem desse tipo de resíduo foi de 62.503 unidades. Isso indica uma quantidade significativa de resíduos de papel e papelão gerados. Esses resíduos são comumente encontrados em escritórios, empresas e indústrias que lidam com embalagens de papel e produtos derivados de papel. É importante implementar práticas de reciclagem adequadas para minimizar o impacto ambiental desses resíduos.





Gráfico 10. Tipos de resíduos - 2000 a 2013



Fonte: Autores, 2023

<u>Sucata de metais ferrosos:</u> A contagem desse tipo de resíduo é de 52.878 unidades. Isso representa uma quantidade considerável de sucata de metais ferrosos, como ferro e aço, que são resíduos comuns em indústrias, construção civil e atividades de fabricação. A reciclagem e a reutilização desses materiais são importantes para reduzir a extração de recursos naturais e os impactos ambientais associados à produção de metais.

<u>Óleo lubrificante usado:</u> A contagem desse tipo de resíduo foi de 51.722 unidades. O óleo lubrificante usado é um resíduo perigoso que requer um manuseio e descarte adequados. O descarte inadequado de óleo lubrificante usado pode causar sérios danos ao meio ambiente, contaminando solos e corpos d'água. É essencial realizar a coleta e o tratamento adequado desse resíduo, como a reciclagem e o reprocessamento, para evitar impactos negativos.

Esses três tipos de resíduos representam uma parcela significativa da contagem total de tipos de resíduos. É fundamental implementar práticas adequadas de gestão de resíduos para reduzir os impactos ambientais e promover a sustentabilidade. A reciclagem, reutilização e descarte responsável são aspectos essenciais para lidar com esses resíduos de maneira segura e eficaz.

#### Análise dos dados por tipo de atividade

A análise de dados dos resíduos gerados por tipo de atividade, tem um papel essencial na compreensão dos padrões de geração de resíduos e no desenvolvimento de estratégias eficientes de gestão. Ao identificar as fontes específicas de resíduos em cada setor, é possível direcionar os esforços para a implementação de medidas adequadas de redução, reciclagem e tratamento. No Gráfico 11 são apresentados os dados referentes ao total de resíduos gerados de 2012 a 2022 por cada tipo de categoria. Dentre os valores observados, os três maiores valores que se destacam são:

<u>Transporte, Terminais, Depósitos e Comércio:</u> Esta foi a categoria de atividade com o maior



número de contagem, com 355.149 ocorrências. Isso sugere que o setor de transporte e comercia desempenha um papel significativo na geração de resíduos.

<u>Indústria de Produtos Alimentares e Bebidas:</u> Essa categoria de atividade possui uma contagem de 110.481 ocorrências. A indústria de alimentos e bebidas geralmente lida com uma variedade de materiais e embalagens, o que pode resultar na geração de resíduos.

<u>Indústria Química</u>: Com uma contagem de 72.604 ocorrências, a indústria química representa uma categoria significativa na geração de resíduos. Devido à natureza dos produtos químicos envolvidos, é crucial adotar medidas rigorosas para o manuseio, armazenamento e descarte seguro de resíduos químicos, a fim de evitar danos ao meio ambiente e à saúde humana.

Essas três categorias de atividade representam um número considerável de ocorrências de geração de resíduos. Isso destaca a importância de implementar práticas de gestão de resíduos adequadas em setores-chave da economia para reduzir os impactos ambientais e promover a sustentabilidade.

Além disso, é fundamental que as empresas e organizações nessas categorias de atividade adotem abordagens ambientalmente conscientes, como a adoção de tecnologias mais limpas, a redução de desperdício e a implementação de sistemas de gestão ambiental para minimizar a geração de resíduos e promover a economia circular.

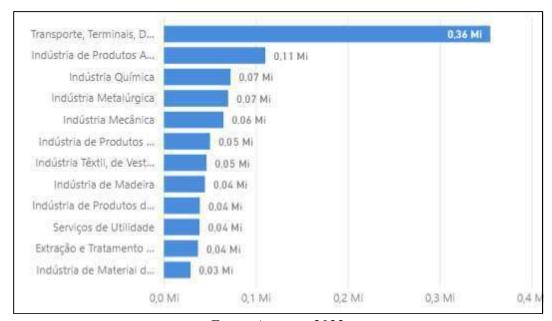


Gráfico 11. Total de resíduos por categoria de atividade - 2012 a 2022

Fonte: Autores, 2023



Essa análise ressalta a necessidade de uma abordagem integrada e colaborativa entre governos, setor privado e sociedade civil para enfrentar o desafio crescente da gestão de resíduos e trabalhar em direção a um futuro mais sustentável.

# ANÁLISE DOS RESULTADOS

Durante as etapas de Extração, Transformação e Carga (ETL), foram identificadas certas fragilidades nos padrões de inserção dos dados nos sistemas. Essas fragilidades comprometem a análise abrangente das informações e a obtenção de uma visão geral coerente. Especificamente, na análise da quantidade de resíduos sólidos gerados, destacou-se a falta de padronização na variável "unidade". Isso dificulta a visualização de um total geral sem a necessidade de aplicar filtros e conversões de unidade adicionais.

Além disso, foram observadas inconsistências nos tipos de unidades informados, como a inclusão de unidades inadequadas, como "kWh" ou "kW", que são utilizadas para medir consumo e potência de energia elétrica, respectivamente o que compromete a integridade dos dados e podem levar a conclusões equivocadas se não forem devidamente corrigidos.

Essas inconsistências ressaltam a importância de uma padronização adequada nos processos de coleta e inserção de dados, especialmente quando se trata de informações essenciais como a quantidade de resíduos sólidos gerados. A adoção de critérios consistentes e precisos para a definição das unidades e a implementação de mecanismos de validação podem melhorar a qualidade e a confiabilidade dos dados, garantindo uma análise mais precisa e uma interpretação correta dos resultados.

De fato, embora tenham sido encontradas alguns problemas na apresentação dos dados, ainda foi possível obter uma visão abrangente sobre a geração de resíduos na região Sudeste do Brasil ao longo dos anos. Mesmo com possíveis lacunas ou imprecisões nos números, as tendências gerais puderam ser identificadas.

A análise permitiu observar a redução da quantidade de resíduos gerados em alguns estados durante o período inicial de 2000 a 2012, bem como o aumento contínuo em todos os estados nos anos seguintes, de 2013 a 2022.

Durante o período de 2000 a 2012, houve uma redução significativa na quantidade de resíduos gerados em São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro, enquanto o Espírito Santo apresentou um aumento na geração de resíduos. Nos anos seguintes, de 2013 a 2022, todos os estados da região Sudeste registraram um aumento contínuo na geração de resíduos. São Paulo e Minas Gerais lideraram a quantidade de resíduos gerados, mas Rio de Janeiro e Espírito Santo também apresentaram aumentos significativos nesse período.

Os tipos de resíduos mais comuns na região foram papel e papelão, sucata de metais ferrosos





Quanto às atividades que mais contribuíram para a geração de resíduos, destacam-se o setor de transporte, terminais, depósitos e comércio, indústria de produtos alimentares e bebidas, e indústria química.

## DISCUSSÃO

A análise dos dados apresentados revela informações importantes sobre a geração de resíduos na região Sudeste do Brasil ao longo dos anos. Durante o período de 2000 a 2012, observou-se uma redução significativa na quantidade de resíduos gerados em São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro, indicando esforços para melhorar a gestão de resíduos e reduzir seu impacto ambiental. No entanto, no Espírito Santo, houve um aumento na quantidade de resíduos gerados, o que pode ser atribuído a fatores como o crescimento populacional e as atividades industriais.

Essa tendência de aumento na geração de resíduos se manteve nos anos seguintes, de 2013 a 2022, em todos os estados da região Sudeste. São Paulo e Minas Gerais continuaram liderando a geração de resíduos, mas Rio de Janeiro e Espírito Santo também registraram aumentos significativos nesse período. Esses dados ressaltam a necessidade de implementar políticas e práticas eficazes de gestão de resíduos em todos os estados, independentemente da quantidade gerada.

A análise por tipo de resíduo revelou que o papel e papelão, sucata de metais ferrosos e óleo lubrificante usado foram os tipos de resíduos mais comuns. Isso destaca a importância de práticas adequadas de reciclagem e descarte responsável desses materiais, a fim de reduzir o impacto ambiental. Ao analisar os dados por tipo de atividade, identificou-se que os setores de transporte, terminais, depósitos e comércio, indústria de produtos alimentares e bebidas, e indústria química foram os principais responsáveis pela geração de resíduos. Esses setores devem adotar medidas eficientes de gestão de resíduos, como a redução de desperdício, a reciclagem e o descarte seguro, a fim de minimizar os impactos ambientais associados às suas atividades.

Em geral, os resultados da análise demonstram a importância de uma abordagem integrada para a gestão de resíduos, envolvendo governos, setor privado e sociedade civil. É fundamental implementar políticas de gestão de resíduos eficientes, promover a conscientização ambiental e incentivar a transição para uma economia circular, onde os resíduos sejam considerados recursos valiosos. A redução da geração de resíduos, o aumento da reciclagem e a adoção de práticas sustentáveis são essenciais para minimizar os impactos ambientais e avançar em direção a um futuro mais sustentável.

# **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A análise dos dados revelou a necessidade urgente de uma gestão de resíduos eficiente e sustentável na região Sudeste do Brasil. Os dados mostraram que, embora tenha havido esforços para reduzir a quantidade de resíduos gerados em alguns estados, o aumento populacional, o



desenvolvimento industrial e as mudanças nos padrões de consumo resultaram em um aumento geral na geração de resíduos em toda a região. Isso requer a implementação de políticas e práticas adequadas de gestão de resíduos, como a promoção da reciclagem, a redução do desperdício e a conscientização ambiental.

A análise por tipo de resíduo e por atividade ressalta a importância de abordagens específicas para lidar com os diferentes tipos de resíduos gerados em cada setor. A reciclagem, reutilização e o descarte responsável são medidas cruciais para reduzir os impactos ambientais associados aos resíduos e promover a economia circular.

Além disso, a análise também destaca a necessidade de uma abordagem integrada, onde governos, setor privado e sociedade civil trabalhem em conjunto para enfrentar os desafios da gestão de resíduos. Isso inclui o estabelecimento de regulamentações claras, investimentos em infraestrutura adequada, incentivos para práticas sustentáveis e a educação da população sobre a importância da redução do consumo e do descarte adequado dos resíduos.

A gestão eficaz de resíduos é essencial para proteger o meio ambiente, promover a sustentabilidade e garantir a saúde pública. A análise dos dados fornece informações sobre os padrões de geração de resíduos na região Sudeste do Brasil e destaca a necessidade de ações urgentes para enfrentar o desafio crescente da gestão de resíduos. A implementação de políticas e práticas adequadas, juntamente com a conscientização e a participação de todos os envolvidos, é fundamental para criar um futuro mais sustentável e preservar os recursos naturais para as gerações futuras.





# REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Lei Nº 12.305, de 2 DE agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências, Brasília, DF. 2010.

BRASIL. **Lei Nº 6.938, DE 31 DE AGOSTO DE 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências, Brasília, DF. 1981.

DIAS, R. Gestão ambiental: responsabilidade social e sustentabilidade. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

EIGENHEER, Emílio Maciel. Lixo e limpeza urbana: entender para educar. Interagir: pensando a extensão, n. 15, 2010.

FIGUEIREDO, Fábio Fonseca. **Panorama dos resíduos sólidos brasileiros: análises de suas estatísticas**. Biblio 3W – Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales, v. XVI, nº 928, 10 p. 2011.

IBAMA. **Dados Abertos**. Disponível em: https://dados.mma.gov.br/\. Acesso em: 15 jul. 2023.

IBGE, **Estimativas da População** - Disponível em: <a href="https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html">https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html</a>. Acesso em 17/07/2023.

KUNG, Fan-Hua; HUANG, Cheng-Li; CHENG, Chia-Ling. Assessing the green value chain to improve environmental performance: Evidence from Taiwan's manufacturing industry. International Journal of Development Issues, v. 11, n. 2, p. 111-128, 2012.

#### Informação dos autores

#### Leonardo Feijó Silvestre Mattos

Engenheiro Eletricista (UNIVASSOURAS), Mestre em Ciências Ambientais (Univassouras).

#### Tassio Ferenzini Martins Sirqueira

Bacharel em Sistemas de Informação (UniAcademia), Mestre em Ciência da Computação (UFJF), Doutor em Informática (PUC-Rio), Professor da graduação e do Programa de Mestrado Profissional em Ciências Ambientais – PMPCA – Universidade de Vassouras, RJ – UNIVASSOURAS, Professor do Centro Universitário Academia, MG – UNIACADEMIA, Professor do Centro Universitário Leonardo da Vinci, SC – UNIASSELVI e Avaliador de cursos do INEP/MEC.



## Paloma Martins Mendonça



Bióloga (USU), Especialista em Entomologia Médica (IOC/FIOCRUZ), Mestre em Biologia Parasitária (IOC/FIOCRUZ), Doutora em Ciências Veterinárias - Parasitologia Veterinária (UFRRJ), Pós-Doutora em Fitoprodutos Universidad de Oriente — Cuba, Pós-Doutora e Pós-Doutoranda em Biodiversidade e Saúde - Instituto Oswaldo Cruz — IOC/FIOCRUZ, Professora do Programa de Mestrado Profissional em Ciências Ambientais - PMPCA — Universidade de Vassouras, RJ — Univassouras e Bolsista Jovem Cientista do Nosso Estado — JCNE/FAPERJ;

## Margareth Maria de Carvalho Queiroz

Bióloga (UFRRJ), Especialista em Parasitologia Médica-Veterinária – UFRRJ, Especialista em Ciências Básicas da Saúde – Universidade Severino Sombra - FUSVE, Vassouras - RJ, Mestre e Doutora em Doutora em Ciências Veterinárias - Parasitologia Veterinária (UFRRJ), Pós-Doutora em Ciências Forenses - Entomologia Forense (UNB), Professora do Programa de Mestrado Profissional em Ciências Ambientais - PMPCA – Universidade de Vassouras, RJ - Univassouras, Pesquisadora Titular em Saúde Pública e Pesquisadora chefe do Laboratório Integrado: Simulídeos e Oncocercose E Entomologia Médica e Forense - LSOEMF do Instituto Oswaldo Cruz – IOC/FIOCRUZ, Bolsista Cientista do Nosso Estado – CNE/FAPERJ e Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq – Nível 1C





# Os Desafios da Coleta Seletiva: A Experiência de Paty do Alferes - RJ

André Dantas Martins, Paloma Martins Mendonça

#### **RESUMO**

Durante um século e meio, Paty do Alferes permaneceu como distrito de Vassouras, mas em 1º de janeiro de 1989, foi instalado o município, em função da edição da Lei Estadual n.º 1.254, de 15 de dezembro de 1987. Paty pertence à região Centro-Sul Fluminense. A cidade, que possui área territorial de 314,341km<sup>2</sup> e população estimada em 29.619 habitantes, apresenta-se como um município de pequeno porte, com características ruralistas, que vem enfrentando dificuldades e desafios no que diz respeito ao gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos - RSU gerados em seu território, tendo implantado a coleta seletiva no sistema porta-a-porta no exercício de 2018. Assim, o capítulo objetiva analisar a experiência de implantação do Programa de Coleta Seletiva do município de Paty do Alferes RJ, estabelecendo relação com a ancoragem na educação ambiental, conforme dispõe a Política Nacional de Educação Ambiental e o Programa Municipal de Educação Ambiental, e no aporte popular, à luz das demandas pertinentes à aplicação da Política Nacional de Resíduos Sólidos e à Lei Municipal n.º 2.631/2019 que dispõe sobre a regulamentação do serviço público de coleta seletiva solidária dos resíduos recicláveis em Paty do Alferes, envolvendo a Associação de Catadores. A metodologia empregada para alcançar tal objetivo recorreu à pesquisa bibliográfica, documental e à vivência do autor por sua participação na implantação do projeto, no processo de mobilização social, na produção de mapas, gráficos e tabelas e no desenvolvimento de atividades de educação ambiental junto à comunidade escolar inserida na área de implantação do Programa, que já vem sendo desenvolvido desde 2018, com evolução permanente. Os resultados preliminares demonstram os melhoramentos oferecidos por um programa de coleta seletiva atrelado à educação ambiental ao promover, principalmente, a conscientização para o reaproveitamento e a reciclagem.

**Palavras-chave**: Coleta Seletiva. Porta-a-Porta. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Educação Ambiental. Catadores. Recicláveis.



# INTRODUÇÃO



O crescimento da população mundial, sua aglomeração em áreas urbanas e o avanço das condições de desenvolvimento humano têm resultado em maior demanda na utilização dos serviços ecossistêmicos e na procura pelos mais diversos produtos, notadamente os industrializados, e a consequente ampliação do consumo.

As empresas produtoras através dos meios de comunicação induzem as pessoas ao consumismo, de forma que não se satisfaçam apenas com aquilo que é necessário e indispensável. Em consequência desse demasiado consumo, sobrevém o aumento na geração de resíduos, acarretando debilitação dos ecossistemas tanto pela extração de seus componentes naturais quanto pelo retorno dos resíduos à natureza, após serem utilizados pelo homem.

De acordo com Viola e Leis (1991 *apud* BECKER, 2002, p. 175) a "desordem global da biosfera" baseia-se, principalmente na explosão do consumo. Este, presente na vida de cerca de um bilhão de pessoas impõe, através do estilo de vida que levam, uma pressão desproporcional ao ecossistema do planeta.

A degradação do ambiente traz grandes prejuízos aos ecossistemas e aos seres vivos que os habitam, incluindo a espécie humana. Neste sentido, os resíduos sólidos urbanos (RSU), sem um adequado sistema de gerenciamento, representam ameaças à sociedade humana, aos ecossistemas e, portanto, à qualidade ambiental das cidades e, por conseguinte, das bacias hidrográficas onde se inserem, pois são promotores de impactos ambientais, socioeconômicos e de saúde pública.

Segundo Motta (2006), a gestão de resíduos sólidos no Brasil apresenta indicadores que mostram um baixo desempenho dos serviços de coleta e, principalmente, na disposição final do lixo urbano. Ainda segundo o autor, este fraco desempenho gera problemas sanitários e de contaminação hídrica nos locais onde são depositados esses resíduos.

Mediante a necessidade de fixar normas para o adequado gerenciamento dos resíduos sólidos entrou em vigor no Brasil, no ano de 2010, a Política Nacional de Resíduos Sólidos, por meio da Lei nº 12.305/2010, introduzindo diretrizes para a gestão dos resíduos sólidos, primando pela não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente correta dos rejeitos.

De forma simples, o que a norma sugere é que todos os atores envolvidos, sejam pessoas físicas, jurídicas ou órgãos públicos, tenham um papel indispensável na construção de uma economia verde que tem a reciclagem como uma de suas bases.

Dessa forma, a coleta seletiva se destaca como um fator imprescindível. "Trata-se de um sistema de coleta de resíduos sólidos previamente segregados conforme sua constituição ou composição" (PNRS, 2010).



Conceitualmente, a coleta seletiva é basicamente um sistema de recolhimento de resíduos sólidos passíveis de serem reciclados como: papéis, plásticos, vidros, metais, previamente separados por quem os utilizou, podendo ser reutilizados ou reprocessados. Os materiais coletados seletivamente, após passarem por um processo de beneficiamento – triagem, enfardamento, prensagem e pesagem, são acumulados para comercialização, sendo vendidos às indústrias recicladoras, que os transformam em novos materiais.

Igualmente, destaque-se dessa ação o ganho econômico gerado com a coleta seletiva, levando em consideração a redução do custo relativo aos serviços de destinação de RSU para o aterro sanitário e; os recursos financeiros advindos do ICMS Ecológico, referente ao Índice relativo à destinação de Resíduos Sólidos (IrDL), tendo em vista a bonificação do município em tal quesito.

Segundo Canejo (2021), a coleta seletiva é uma estratégia importante para a valorização dos RSU's, entretanto, deve estar apoiada em três pilares para o seu funcionamento:

Tecnologia: para efetuar a coleta, separação e reciclagem.

Mercado: para absorção do material recuperado.

Conscientização: para motivar a sociedade a participar.

Ainda segundo este autor, entende-se que, sem o atendimento destes pilares, os sistemas de coleta seletiva tendem a não lograr êxito. Por isso, é fundamental o desenvolvimento de um programa integrado de coleta seletiva que envolva diversas partes interessadas, em especial, a sociedade, o poder público, os catadores e a indústria.

Sobretudo, a PNRS dispõe que a manutenção do meio ambiente equilibrado é essencial para a garantia da biodiversidade e da permanência humana neste Planeta e, para que isso ocorra, além das ações do poder público, é necessário que haja um movimento visando à conscientização da sociedade em geral, tendo a comunidade escolar papel essencial neste processo, através da educação ambiental (BRASIL, 2010).

De acordo com a PNAE - Política Nacional de Educação Ambiental, entende-se por educação ambiental, os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade (DIAS, 2006).

Assim, a educação ambiental constitui-se num importante instrumento de mobilização da população para mudança de hábitos e comportamentos, como é o caso peculiar do Programa de Coleta Seletiva Porta-a-Porta de Paty do Alferes, município do Estado do Rio de Janeiro.

Com isso, tem-se que a gestão de resíduos sólidos atrelada a um programa intensivo de

educação ambiental, à implantação de coleta seletiva e ao licenciamento ambiental garantindo padrões ambientalmente adequados são fatores diretamente relacionados à qualidade ambiental dos elementos existentes na área de abrangência do território municipal e, certamente, dos seus recursos naturais.

Por fim, um fator preponderante que contribuiu para a escolha da área de estudo objeto do presente Capítulo foi a possibilidade do autor utilizar-se de informações e arquivos colecionados durante as vivências e projetos realizados no município de Paty do Alferes ao atuar como Gestor da Pasta Ambiental.

### **DESENVOLVIMENTO**

Para o desenvolvimento do capítulo, a metodologia adotada seguiu as etapas das pesquisas teórica e documental. Igualmente, os dados coletados junto à Secretaria de Meio Ambiente foram de extrema relevância para a construção da escrita dissertativa e estarão presentes neste capítulo sob a forma de textos, mapas, tabelas e fotografias.

O referencial teórico foi construído mediante consulta de material impresso e digital em sites oficiais, periódicos especializados e em bibliotecas, objetivando um levantamento bibliográfico sobre as principais obras e autores com envolvimento no tema. A partir das obras e dados selecionados foi possível sintetizar as principais abordagens dos autores que foram aqui utilizadas como referencial teórico-metodológico.

A PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos, instituída pela Lei n.º 12.305/2010, à luz do disposto no art. 36, II, previu que, no âmbito da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, cabe ao titular dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos estabelecer um sistema de coleta seletiva.

Além disso, seu regulamento, o Decreto n.º 10.936/2022, dispôs que a coleta seletiva será realizada em conformidade com as determinações dos titulares do serviço público de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, por meio da segregação prévia dos referidos resíduos, de acordo com sua constituição ou sua composição (art. 8º, *caput*), estabelecendo ainda que o sistema de coleta seletiva de resíduos sólidos priorizará a participação de cooperativas ou de outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis constituídas por pessoas físicas de baixa renda.

Assim, analisando os dados obtidos junto ao município, especificamente junto à Pasta Ambiental Municipal da cidade de Paty do Alferes/RJ, foi verificado que a municipalidade possui um contrato de prestação serviços, celebrado com empresa autogestionária denominada "Associação de Catadores Amigos da Natureza", que possui 12 (doze) associados.

Estes serviços compreendem a coleta, triagem, pesagem, prensagem e destinação ambientalmente correta de materiais recicláveis, envolvendo, inclusive, a comercialização desses



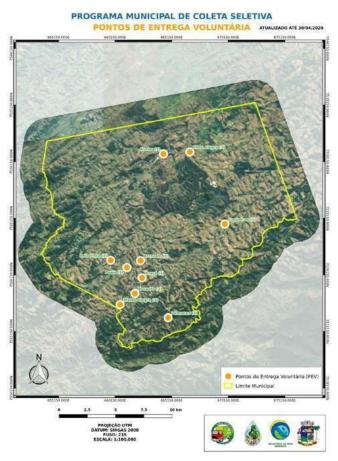
produtos. A Associação recebe subsídio financeiro por intermédio do contrato firmado com município, cujo valor anual é de R\$ 150.480,00, e também obtém renda com a comercialização dos materiais recicláveis (dados de 2023, disponibilizados pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente).

A coleta seletiva pelo método porta-a-porta, que é aquele no qual a coleta se dá diretamente na fonte geradora, ou seja, em residências e comércios, se deu a partir de outubro de 2018, iniciandose em 04 (quatro) bairros centrais do 1º Distrito, sendo eles: Centro, Parque Barcellos, Esperança e Mato Grosso.

Até então, o serviço de coleta seletiva municipal restringia-se à coleta realizada nos chamados PEV's (Pontos de Entrega Voluntária), espalhados pelo território municipal. Tais pontos permanecem ativos, mesmo depois da implementação do sistema de recolhimento porta-a-porta, conforme Figura 1.

Posteriormente, houve expansão do serviço de coleta seletiva (CS) no método porta-a-porta, em maio de 2019; depois em Fevereiro de 2020 e, logo após, em Dezembro de 2021, ampliando a CS porta-a-porta em mais 13 (treze) bairros, totalizando 17 (dezessete), todos do 1º Distrito, como demonstrado na Figura 2.

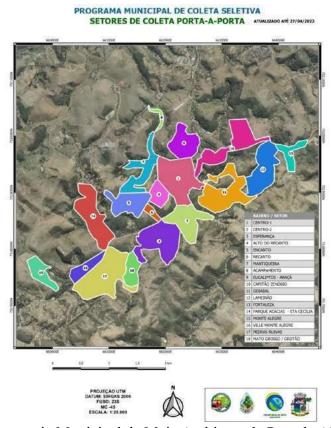
**Figura 1.** Layout da localização dos Pontos de Entrega Voluntária (PEV's) no município de Paty do Alferes, RJ.



Fonte: Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Paty do Alferes/RJ.



**Figura 2**. Layout da localização dos bairros que possuem coleta seletiva de porta-a-porta, no município de Paty do Alferes/RJ. Dados de abril de 2022.



Fonte: Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Paty do Alferes/RJ.

Em um trabalho desenvolvido e publicado sob a forma de artigo, o período de 2018 a 2022 foi analisado no sentido de identificar a evolução, em termos quantitativos, do Sistema de CS porta-a-porta. Este trabalho foi intitulado "AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DA COLETA SELETIVA NO SISTEMA PORTA-A-PORTA NO MUNICÍPIO DE PATY DO ALFERES/RJ", tendo sido publicado na Revista "Contribuciones a Las Ciencias Sociales" (MARTINS et al, 2023).

De acordo com os autores, Martins *et al.* (2023), houve significativo aumento no recolhimento de materiais recicláveis com a introdução do Sistema de Coleta Seletiva Porta-a-Porta, ressaltando ainda que este diferenciado sistema de coleta vem se tornando mais efetivo para a cidade, tanto em termos ambientais, quanto para os catadores, em termos socioeconômicos.

Em relação a esse sistema adotado pelo município, Daleffe (2011) concluiu em seu estudo que o método por contêineres [no caso de Paty do Alferes, o PEV], caso seja melhor estruturado, apresenta a possibilidade de apresentar bons resultados na área central, mas nos bairros mais distantes, a melhor opção é a continuidade da modalidade porta-a-porta como constatado nos resultados obtidos em seu trabalho de pesquisa.

Em outro recente trabalho acadêmico, aprovado sob a forma de Resumo no XX Encontro de Iniciação Científica (ENIC) na cidade de Vassouras/RJ, foi observado por Martins et al. (2023),



um aumento de 132,95% no material reciclável coletado na cidade de Paty do Alferes, levando em consideração os exercícios de 2018 a 2022, comparando-os através de análise quantitativa com auxílio do software Minitab (Tabela 1).

Segundo Besen *et al.* (2017), em geral, a remuneração dos catadores e o pagamento dos custos de manutenção das cooperativas se baseiam somente na venda de materiais recicláveis que eles conseguem coletar, beneficiar e comercializar.

**Tabela 1.** Estatísticas Descritivas – Dados Quantitativos da Coleta Seletiva no município de Paty do Alferes/RJ, no período de 2018 a 2022.

ANO	N N*	Média	EP Média	DesvPad	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
2018	12 0	6973	467	1619	4099	5949	6939	8445	9410
2019	12 0	10845	311	1078	9833	10033	10463	11326	13412
2020	12 0	13363	448	1551	11134	11833	13805	14591	15377
2021	12 0	13948	603	2087	11633	11983	13599	15658	18371
2022	12 0	16244	448	1554	13705	14619	16652	17107	18812

Fonte: Acervo próprio do Autor.

Ainda segundo os autores, não existe um sistema de remuneração pelo trabalho ambiental executado por essas cooperativas, tais como: coleta, triagem e beneficiamento dos materiais recicláveis. Alia-se a esse entendimento, a conclusão obtida por Silva (2010), que apontou que o apoio do poder público na execução da Coleta Seletiva é outro fator limitante importante que pode fragilizar ou fortalecer a atividade dos catadores.

Este autor ainda destaca que, ao serem atores da cadeia de reciclagem, os catadores possuem também responsabilidades quando contratados para realizar a coleta seletiva nos municípios, necessitando de auxílio para sua inclusão socioeconômica e remuneração pelos serviços urbanos prestados.

Diante do exposto, a remuneração pela prestação do serviço aliada à comercialização dos produtos coletados advindos do sistema de coleta seletiva porta-a-porta, é um diferencial nesta dinâmica, potencializando os aspectos econômico, ambiental, financeiro e social da ação.

Em relação ao ganho econômico com a comercialização dos produtos recicláveis coletados, observou-se, por intermédio dos dados fornecidos pela Secretaria de Meio Ambiente da cidade de Paty do Alferes/RJ, um incremento razoável nesta receita. Para se ter noção desse acréscimo, obteve-se a média anual dos valores auferidos com a venda dos materiais recicláveis, conforme a Figura 3.



**Figura 3.** Dados quantitativos da coleta seletiva Porta-a-Porta, no município de Paty do Alferes/RJ, no período de 2018 a 2022.

ANO	QTDE (TONELADAS)	ARRECADAÇÃO (R\$)		
2018	83,68	26.329,50		
2019	125,31	41.913,89		
2020	160,35	64.356,09		
2021	167,38	112.701,50		
2022	194,92	95.249,60		

Fonte: Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Paty do Alferes/RJ

A evolução da receita ano a ano, compreendendo o período de 2018 a 2022, relativamente aos valores obtidos com a venda dos produtos recicláveis, pode ser visualizada no gráfico constante da Figura 4.

**Figura 4.** Evolução da Arrecadação, em reais, com a Venda de Produtos Recicláveis realizada por catadores no município de Paty do Alferes, RJ.



Fonte: Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Paty do Alferes/RJ.

Embora o sistema de coleta seletiva no método porta-a-porta, como dito, tenha sido implementado a partir do mês de outubro do exercício de 2018, somente ao final do ano de 2019 foi instituído oficialmente o serviço público de coleta seletiva solidária dos resíduos recicláveis no município de Paty do Alferes, por intermédio da Lei Municipal n.º 2.631 de 03 de dezembro de 2019 (Figura 5).





# Figura 5. Trecho da Lei Municipal n.º 2.631/2019, do município de Paty do Alferes, RJ.

# LEI Nº 2631, DE 03 DE DEZEMBRO DE 2019.

DISPÕE SOBRE A REGULAMENTAÇÃO DO SERVIÇO PÚBLICO DE COLETA SELETIVA SOLIDÁRIA DOS RESÍDUOS RECICLÁVEIS NO MUNICÍPIO DE PATY DO ALFERES E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS.

A CÂMARA MUNICIPAL DE PATY DO ALFERES, aprova e eu sanciono e promulgo a seguinte,

Lei

# CAPÍTULO I DAS DISPOSIÇÕES GERAIS

Art.1º Esta Lei dispõe sobre a regulamentação do Serviço Público de Coleta Seletiva Solidária dos Resíduos Recicláveis no Município de Paty do Alferes, na forma do disposto no Inciso II, do art. 36 da Lei Federal n.º 12.305 de 02 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS.

Fonte: Diário Oficial do Município de Paty do Alferes n.º 3186 de 03/12/2019

O referido diploma legal municipal ainda definiu, dentre outras coisas, os objetivos do Programa (Figura 6):

#### Figura 6. Trecho da Lei Municipal n.º 2.631/2019

- Art.2° O serviço público de coleta seletiva solidária dos resíduos recicláveis no Município tem como objetivos:
- I promover a inclusão social dos catadores de materiais recicláveis, preservar o meio ambiente e reduzir custos com a limpeza urbana do município, introduzindo ações modificadoras do comportamento e cultura dos municípes perante os resíduos que geram;
- II incentivar o envolvimento dos munícipes, instituições comerciais e sociais com a ação de cooperativas e/ou associações, que tenham por atividade fim a promoção da coleta seletiva;
- III Propiciar a auto sustentabilidade dos serviços de coleta, destinação correta e descarte de resíduos sólidos recicláveis domiciliares e institucionais no município.
- IV Trabalhar pela proteção e conservação do meio ambiente e combate à poluição.
- V Evitar o descarte irregular do resíduo domiciliar e comercial para melhoria das condições sanitárias tendo como resultado a excelência das condições de saúde pública no Município de Paty do Alferes.
- VI Reduzir o volume de Resíduos Sólidos Urbanos destinados ao Aterro Sanitário.

Fonte: Diário Oficial do Município de Paty do Alferes n.º 3186 de 03/12/2019



Conceitualmente, a Lei Municipal nº 2.631/2019, definiu, em seu art. 3º, I, a coleta seletiva solidária como "coleta diferenciada de resíduos previamente separados pelo gerador e passíveis de destinação para reciclagem".

No que diz respeito à implantação do Programa de Coleta Seletiva, o município adotou importante estratégia de educação ambiental envolvendo a comunidade escolar. O método adotado consistiu na apresentação de peça teatral com abordagem específica da coleta seletiva, com o tema: "cada lixo no seu lugar". A secretaria de meio ambiente do município foi responsável pela contratação da companhia teatral que desenvolveu a temática.

As peças teatrais foram realizadas previamente nas Unidades Escolares que estavam inseridas nos bairros onde seria implantado o Programa de CS no sistema porta-a-porta. Dessa forma, quando havia a efetiva implantação, o alunado, morador daquelas localidades, estava familiarizado com os procedimentos relativos à segregação do material reciclável, funcionando como um importante ator social neste processo (Figuras 7 e 8).

**Figura 7.** Apresentação da peça teatral "Cada Lixo no Seu Lugar" - realizada no Centro Cultural Maestro José Figueira, em Paty do Alferes, RJ.



Fonte: Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Paty do Alferes/RJ.



a Sanhara

**Figura 8.** Apresentação da peça teatral "Cada Lixo no Seu Lugar" – Instituto Nossa Senhora Aparecida, Paty do Alferes, RJ.



Fonte: Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Paty do Alferes/RJ.

Além disso, no processo de mobilização social junto aos moradores do bairro, ocorrido também de forma prévia à implantação do Programa de CS, atuaram nesta tarefa, conjuntamente, a equipe técnica da Pasta Ambiental; os membros da Associação de Catadores e Agentes Comunitários de Saúde (Figura 9).

Figura 9. Mobilização no bairro Alto do Recanto, em Paty do Alferes, RJ.



Fonte: Acervo próprio do Autor.





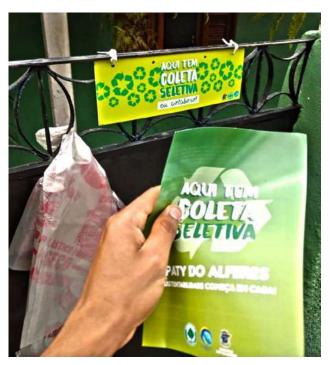
Outro ponto que merece destaque em relação à implantação do Programa diz respeito à comunicação visual e impressa, veiculadas através de folders, cartazes, placas, mídias sociais, jornais locais e demais materiais de apoio que garantiram a publicidade, a informação e a orientação acerca do Programa (Figuras 10, 11 e12).

Figura 10. Placa alusiva ao Programa de Coleta Seletiva, Paty do Alferes, RJ.



Fonte: Secretaria de Meio Ambiente de Paty do Alferes

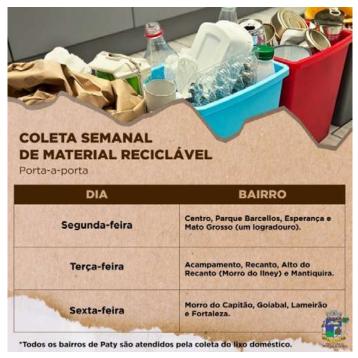
**Figura 11.** Material publicitário do Programa de Coleta Seletiva, no município de Paty do Alferes, RJ.



Fonte: Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Paty do Alferes



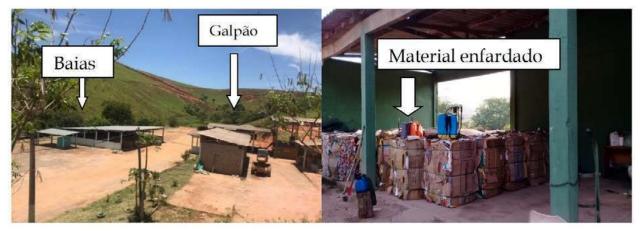
**Figura 12.** Material impresso orientativo do Programa de Coleta Seletiva, no município de Paty do Alferes, RJ.



Fonte: Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Paty do Alferes/RJ.

O local utilizado pela Associação de Catadores Amigos da Natureza é uma área pública, pertencente ao município de Paty do Alferes, com galpão, baias cobertas e equipamentos, onde os associados recebem o material reciclável para segregação, pesagem, prensagem e enfardamento, com eventual armazenamento temporário, para posterior destinação (Figuras 13 e 14).

**Figuras 13 e 14**. Galpão de Triagem e Baias – Centro Municipal de Resíduos de Paty do Alferes, RJ.



Fonte: Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Paty do Alferes/RJ





# **CONSIDERAÇÕES FINAIS**



Diante dos dados obtidos e informações levantadas, após análise, conclui-se que o programa de coleta seletiva, notadamente o método "porta-a-porta", é uma ferramenta indispensável para a melhoria dos aspectos socioeconômicos e ambientais da cidade, justificando sua adoção pelo município, considerando a possibilidade de redução dos custos com destinação final de RSU; melhoria da qualidade do ambiente e promoção da inclusão social e geração de emprego para famílias de baixa renda, como os catadores.

Igualmente, verificou-se que, além do ganho ambiental, a adoção da coleta seletiva pelo município cumpre o aspecto legal, haja vista o disposto na PNRS no que diz respeito ao apoio à inclusão produtiva dos catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis, no caso de Paty do Alferes, por intermédio de Associação.

Por derradeiro, também foi possível concluir que a educação ambiental, juntamente com o apoio dos agentes comunitários de saúde no processo de implantação, constituiu-se num importante instrumento de mobilização da população para engajamento ao processo, mudança de hábitos e comportamentos, como foi o caso peculiar do Programa de Coleta Seletiva de Paty do Alferes, no estado do Rio de Janeiro.



# REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS



BECKER, D. F.; ALMEIDA, J.; SOTO, W. H. G.; MÜLLER, G.; RAMPAZZO, S. E.; REIGOTA, M.; VARGAS, P. R. **Desenvolvimento Sustentável: Necessidade e/ou Possibilidade?.** 4ª ed. Santa Cruz do Sul RS: Edunisc, 2002.

BESEN, R; FREITAS, L.; JACOBI, P. Política Nacional de Resíduos Sólidos: Implementação e Monitoramento de Resíduos Urbanos. Instituto de Energia e Ambiente. Observatório da Política Nacional de Resíduos Sólidos. Universidade de São Paulo. São Paulo/SP, 2017. Disponível em <a href="http://www.iee.usp.br/sites/default/files/anexospublicacao/publicacao-PoliticaNacionaldeResiduos Solidos.pdf#page=91">http://www.iee.usp.br/sites/default/files/anexospublicacao/publicacao-PoliticaNacionaldeResiduos Solidos.pdf#page=91</a>. Acesso em 20 jun. 2023

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de Agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, [2010]. Disponível em: <a href="https://www.planalto.gov.br/ccivil\_03/\_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm">https://www.planalto.gov.br/ccivil\_03/\_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm</a>. Acesso em: 22 jun. 2023.

BRASIL. **Decreto nº 10.936, de 12 de janeiro de 2022**. Regulamenta a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília, DF: Presidência da República, [2022]. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil\_03/\_ato2019-2022/2022/decreto/D10936.htm>. Acesso em: 22 jun. 2023.

CANEJO, C. Gestão integrada de resíduos sólidos – Múltiplas perspectivas para um gerenciamento sustentável e circular. 1ª Ed. Rio de Janeiro RJ: Freitas Bastos, 2021.

DALEFFE, C. Implantação e (Re)Implantação de Coleta Seletiva de Resíduos Sólidos Urbanos em Criciúma: Uma Análise Comparativa entre Modalidades PEV/LEV x Porta a Porta. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Ambiental) — Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC. Criciúma-SC, 2011. p. 114. Disponível em: <a href="http://repositorio.unesc.net/handle/1/1350">http://repositorio.unesc.net/handle/1/1350</a>. Acesso em: 22 jun. 2023.

DIAS, G. F. Educação Ambiental: Princípios e Práticas. 9ª ed. São Paulo SP: Gaia, 2006.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades e Estados. Rio de Janeiro: IBGE, 2021. Disponível em: <a href="https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rj/paty-do-alferes.html">https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rj/paty-do-alferes.html</a>>. Acesso em: 19 fev. 2023.

MARTINS, A. D.; SILVA, D. P.; ALMEIDA, J. D.; MACEDO, L. S.; GAMA, L. L. M. F.; CASSINO, P. C. R. O município de Paty do Alferes e a Unidade de Conservação Apa-Palmares. Diagnósticos, contextualização, desafios e propostas. *In:* Paulo César Rodrigues Cassino. (Org.). **Interferência antrópica na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (Médio Paraíba - RJ): problemas e soluções**. 1ed. Seropédica RJ: EDUR Editora da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2013, v. 1, p. 7-183.



MARTINS, A. D.; ARAÚJO, M. A. P.; MENDONÇA, P. M. AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DA COLETA SELETIVA NO SISTEMA PORTA-A-PORTA NO MUNICÍPIO DE PATY DO ALFERES/RJ. *In:* ENIC – Encontro Nacional de Iniciação Científica, XX, 2023, Vassouras/RJ. Resumo. Universidade de Vassouras.

MARTINS, A. D.; ARAÚJO, M. A. P.; MENDONÇA, P. M. Avaliação Quantitativa da Coleta Seletiva no Sistema Porta-a-Porta no Município de Paty do Alferes/RJ. **Revista Contribuciones a Las Ciencias Sociales**, São José dos Pinhais, v. 16, n. 10, p. 18823-18834, 2023. DOI: 10.55905/revconv.16n.10-007.

MOTTA, R. S. **Economia Ambiental.** 1ª Ed. Rio de Janeiro RJ: FGV Fundação Getúlio Vargas, 2006. SILVA, Júlio. *In*: Congresso Nacional do Meio Ambiente, Participação Social, Ética e Sustentabilidade, XVII, 2020, Poços de Caldas MG. Artigo (Anais, 2020). Guanambi-BA.

### Informação sobre os autores:

#### **André Dantas Martins**

Biólogo (USS); Professor; Especialista em Gestão Ambiental de Bacias Hidrográficas; Especialista em Perícia e Auditoria Ambiental; Mestrando no Curso em Ciências Ambientais da Universidade de Vassouras (RJ);

# Paloma Martins Mendonça

Bióloga (USU), Especialista em Entomologia Médica (IOC/FIOCRUZ), Mestre em Biologia Parasitária (IOC/FIOCRUZ), Doutora em Ciências Veterinárias - Parasitologia Veterinária (UFRRJ), Pós-Doutora em Fitoprodutos (Universidade de Oriente – Cuba), Pós-Doutora em Biodiversidade e Saúde (Instituto Oswaldo Cruz – IOC/FIOCRUZ), Professora do Programa de Mestrado Profissional em Ciências Ambientais (Universidade de Vassouras, RJ – UNIVASSOURAS) e Bolsista Jovem Cientista do Nosso Estado (JCNE/FAPERJ);





Caio Guilherme Chaves Jannuzzi de Souza, Carlos Vitor de Alencar Carvalho, Tássio Ferenzini Martins Sirqueira

#### **RESUMO**

O Programa Rio+Limpos, lançado em setembro de 2021 pela Portaria nº 439/2021, desempenhou um papel fundamental na preservação dos rios brasileiros, mobilizando milhares de voluntários e removendo toneladas de resíduos através de campanhas de limpeza. Foi criado para combater o descarte inadequado de resíduos e efluentes, que resultam em acúmulo de lixo e poluição dos rios, afetando negativamente a saúde humana e o meio ambiente. Diante da estatística alarmante de cerca de 35 milhões de brasileiros sem acesso a água potável, o Ministério do Meio Ambiente priorizou o Programa Rio+Limpos como um dos principais eixos de sua Agenda Ambiental Urbana, visando garantir a qualidade da água. O programa também promoveu ações relacionadas ao reúso de efluentes, conforme estabelecido pela Resolução CONAMA Nº 503/2021, que define critérios e procedimentos para reúso de efluentes de indústrias alimentícias e de carnes em sistemas de fertirrigação. Este artigo tem como objetivo analisar os resíduos coletados dos rios pelo Programa Rio+Limpos, usando a ferramenta PowerBI. Examinaremos os dados obtidos nas atividades de limpeza e discutiremos a importância dessas iniciativas para a sustentabilidade ambiental. Além disso, abordaremos a implementação de sistemas descentralizados de tratamento de efluentes em áreas não atendidas por sistemas tradicionais de coleta e tratamento de esgoto. Através desta análise, destacamos o impacto positivo do Programa Rio+Limpos na preservação dos rios e na promoção de um ambiente mais saudável e sustentável.



# INTRODUÇÃO



A água é um recurso natural essencial para a vida, o bem-estar social e o desenvolvimento socioeconômico. No entanto, os ecossistemas de água doce estão entre os mais degradados do planeta, sofrendo perdas significativas de espécies e habitat. A contaminação hídrica é uma das principais causas dessas alterações, afetando a saúde humana, a produção de alimentos e a biodiversidade (ANA, 2013).

De acordo com a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), o Brasil possui cerca de 12% da disponibilidade de água doce do planeta, porém, sua distribuição natural não é equilibrada. A região Norte concentra aproximadamente 80% da quantidade de água disponível, mas abriga apenas 5% da população brasileira. Por outro lado, as regiões próximas ao Oceano Atlântico, onde reside mais de 45% da população, possuem menos de 3% dos recursos hídricos do país (ANA, 2019). Diante disso, são necessárias discussões e ações articuladas nos níveis local, regional e nacional para garantir a disponibilidade de água em condições adequadas para as gerações presentes e futuras, bem como promover o uso sustentável desse recurso (MMA, 2004).

Observa-se que o desenvolvimento urbano no Brasil tem se concentrado nas regiões metropolitanas das capitais estaduais e nas cidades-polos regionais. No entanto, esse crescimento tem ocorrido de forma desordenada e sem planejamento, resultando em prejuízos significativos para a sociedade e o meio ambiente. Isso tem levado à degradação dos corpos d'água nas cidades, devido a fatores como uso desordenado do solo, falta de infraestrutura de saneamento, remoção da cobertura vegetal, erosão, assoreamento e atividades industriais em desacordo com a legislação ambiental. Como resultado, o Brasil possui 110 mil km de rios com qualidade comprometida devido à contaminação hídrica. Em 83.450 km desses rios, não é mais permitida a captação para abastecimento público, enquanto nos outros 27.040 km, a captação é possível, mas requer tratamento avançado (ANA, 2017a).

Nesse contexto, ainda persiste a necessidade de universalizar os serviços de coleta e tratamento de esgoto, gerenciar adequadamente os resíduos sólidos, fiscalizar e monitorar os lançamentos de efluentes e mapear os índices de qualidade da água. O saneamento desempenha um papel fundamental na garantia de índices e parâmetros adequados de qualidade da água nas cidades, evitando assim impactos negativos nos rios, córregos, oceanos e, consequentemente, na saúde das pessoas.

O Programa Rios+Limpos, estabelecido pela Portaria nº 439 de setembro de 2021, faz parte da Agenda Nacional de Qualidade Ambiental Urbana e foi criado com o objetivo de melhorar a qualidade dos rios em todo o Brasil. Os principais objetivos do programa incluem a disponibilização de dados sobre a qualidade da água e dos efluentes para aprimorar sua gestão, promover a despoluição dos rios, incentivar ações de limpeza e coleta de lixo em corpos d'água, estimular a implementação de sistemas de tratamento descentralizado de efluentes em áreas não atendidas pelos sistemas convencionais e promover iniciativas de reuso de efluentes.





#### **METODOLOGIA**

A metodologia adotada, que incluiu o processo de ETL aplicado no conjunto de dados, permitiu uma análise abrangente e confiável dos resíduos coletados nos rios pelo programa Rio+Limpos. A utilização do PowerBI como ferramenta de análise e visualização desempenhou um papel fundamental na exploração dos dados, na identificação de *insights* relevantes e na apresentação dos resultados de maneira precisa e compreensível.

Inicialmente, a base de dados fornecida pelo Governo Federal no formato CSV, foi extraída para obtenção dos dados brutos. Esses dados continham informações detalhadas sobre os resíduos coletados nos rios, abrangendo categorias como metais, plásticos, papéis e vidros. Além disso, foram registrados dados demográficos relacionados aos participantes, classificados em faixas etárias específicas (idosos, adultos, jovens e crianças). As informações sobre as instituições envolvidas na coleta também foram incluídas.

Após a etapa de extração, o processo de transformação foi aplicado aos dados brutos. Durante essa etapa, foram realizadas diversas ações para garantir a qualidade e a consistência dos dados. Isso incluiu a limpeza dos dados, onde valores ausentes ou inconsistentes foram identificados e tratados adequadamente. Além disso, foram corrigidos erros de digitação e padronizados os formatos para facilitar a análise posterior.

A etapa de transformação também envolveu a segmentação e filtragem dos dados com base em diferentes critérios, como estados, cidades, municípios e instituições participantes. Essa segmentação permitiu uma análise mais detalhada e personalizada dos resíduos coletados, possibilitando identificar padrões e tendências específicos em contextos geográficos e institucionais distintos. Além disso, a segmentação por faixas etárias contribuiu para compreender o envolvimento dos diferentes grupos demográficos na coleta dos resíduos.

Após a transformação dos dados, o processo de carga foi realizado no ambiente do PowerBI. Esse processo consistiu na importação dos dados tratados e estruturados para a ferramenta de análise. O PowerBI oferece recursos avançados de visualização e interatividade, permitindo a criação de painéis e relatórios dinâmicos para apresentação dos resultados.

Ao longo da análise, foram criados gráficos, tabelas e visualizações interativas para representar os dados de forma clara e compreensível. Essas representações visuais forneceram *insights* valiosos sobre o quantitativo de participantes por tipo de resíduo, a quantidade coletada de cada tipo de resíduo, os estados mais engajados na coleta e o envolvimento dos participantes em cada tipo de resíduo.



A água é um recurso natural essencial para a vida. O Brasil é um país com uma grande quantidade de água, com cerca de 12% da água doce superficial disponível no planeta. Isso ocorre devido ao clima predominantemente tropical e à grande extensão territorial do país. No entanto, é importante lembrar que a água é um recurso finito e que devemos usá-la de forma responsável.

Os rios urbanos, que já vinham passando por grandes transformações – em especial a partir da intensa urbanização ocorrida após a década de 1950, têm sua condição de deterioração agravada pela precariedade do saneamento básico, pela crescente poluição ambiental, pelas alterações (pontuais ou no âmbito da bacia hidrográfica) da condição hidrológica e morfológica, bem como pela ocupação irregular de suas margens (GORSKI, 2010).

Diversas situações causam degradação dos corpos d'água e mananciais nas cidades, tais como:

- Ocupação irregular do solo;
- Práticas inadequadas de uso do solo e da água;
- Falta de infraestrutura de saneamento;
- Superexploração dos recursos hídricos;
- Remoção da cobertura vegetal;
- Erosão e assoreamento de rios e córregos;
- Atividades industriais que descumprem a legislação ambiental.

Diversas fontes contribuem para a poluição dos rios. Dentre os naturais estão formações minerais, microrganismos e algas. Por outro lado, as fontes artificiais incluem esgoto doméstico, efluentes industriais, agrotóxicos e resíduos sólidos. Estudos apontam que em áreas urbanizadas no Brasil, a maior parcela de poluição hídrica se origina de esgotos sanitários e poluição difusa, mesmo com sistemas separadores, atingindo rios urbanos através da rede de drenagem (MDR, 2017).

A degradação das águas fluviais ocorre devido ao lançamento de esgotos sanitários sem tratamento adequado, ao descarte de resíduos sólidos e efluentes industriais, entre outros fatores (ONO, 2012). Outros problemas incluem ocupação inadequada do solo, impermeabilização excessiva do solo, desmatamento de margens de rios, dentre outros.

Por isso, é preciso um planejamento integrado de políticas públicas para a melhoria da qualidade ambiental nas áreas urbanas. A falta de coleta e tratamento de esgoto, gestão inadequada de resíduos sólidos e ausência de áreas verdes resultam na poluição dos rios urbanos e consequentemente dos oceanos. As soluções concentram-se em prevenção da poluição, tratamento da água poluída e restauração dos ecossistemas.

A gestão dos recursos hídricos e promoção de ações de saneamento são estratégias interdisciplinares e



interinstitucionais que se originam da Constituição Federal de 1988 e de legislações setoriais. O MM2 busca realizar ações que impactem positivamente a qualidade ambiental nas cidades, relacionando-se ao saneamento, drenagem e reúso, com fundamento na Constituição Federal de 1988.

Adicionalmente, em 2015, o Brasil assumiu compromissos no âmbito da Agenda 2030 das Nações Unidas, que incluem assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos (ODS-6), tornar as cidades e assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis (ODS 11), assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis (ODS-12) e conservar e usar de forma sustentável os oceanos, mares e recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável (ODS 14).

De acordo com MMA, no intuito de ordenar o tema de forma racional e pragmática, foram estabelecidos os Objetivos Estratégicos de atuação que compõem o Programa Rios +Limpos, sendo alguns deles:

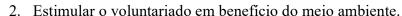
- 1. "Fomentar ações que promovam a despoluição dos rios e a melhoria da qualidade das águas"
- 2. "Incentivar a realização de ações de limpeza e coleta de lixo em rios, lagos, lagoas e praias fluviais"
- 3. "Promover ações para fomentar a implementação de sistemas de tratamento descentralizado de efluentes em áreas não atendidas pelos sistemas tradicionais"
- 4. "Fomentar ações que visem ao reúso de efluentes no país"

A respeito do objetivo estratégico nº 1, reconhecendo a importância de um planejamento unificado de políticas públicas para aprimorar a qualidade ambiental nas zonas urbanas, considerando que a poluição da água originada pela falta de coleta e tratamento de esgoto, manejo inadequado de resíduos sólidos e a escassez de áreas verdes resulta na poluição direta dos rios urbanos e, por consequência, dos oceanos, as soluções se focam principalmente na prevenção da poluição, no tratamento da água já contaminada e na recuperação dos ecossistemas. Este objetivo estratégico está diretamente relacionado aos outros objetivos do Programa Rios +Limpos, concentrando-se na melhoria da qualidade ambiental urbana, especialmente em áreas onde a qualidade da água esteja comprometida pela poluição dos rios.

A respeito do objetivo estratégico nº 2, as maravilhas naturais são um verdadeiro tesouro do Brasil. Entre estas, destacam-se as praias e cidades costeiras, que, além de oferecerem lazer para a população local, impulsionam a economia das regiões graças à alta taxa de turismo, tanto nacional quanto internacional. A necessidade de proteger e cuidar dos ambientes aquáticos é evidente, não só pelos motivos mencionados, mas também pela qualidade destes ambientes e pela preservação dos ecossistemas. Semelhante ao Objetivo Estratégico 2, este tem como foco incentivar ações de despoluição para melhorar a qualidade da água. Por meio deste eixo, se tem a intenção de:

1. Coordenar mutirões de limpeza nas margens de lagos, rios e praias do Brasil.







3. Fomentar ações culturais e de educação ambiental e cidadania para a população.

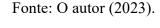
Dentre os diversos objetivos estratégicos, os dados disponibilizados em arquivo .CSV e após terem passado pelo processo de ETL, refletem resultados. Tais como, na Figura 1 abaixo, proveniente da consolidação da ação do programa, indo de encontro ao objetivo estratégico nº 2 e objetivo estratégico nº 3.

Podemos observar na Figura 1, desenvolvida utilizando o PowerBI, um *overview* geral do programa onde temos reunidos os Estados participantes e suas respectivas cidades. No *overview* temos também uma forma interativa de visualizar os resultados conforme a janela de tempo escolhida, bastando arrastar a barra correspondente ao menu Intervalor de Tempo.

As instituições organizadoras e destinação dos resíduos coletados são filtros importantes que estão disponíveis ao usuário para a visualização dos dados. Outros *cards* do programa também integram a aba do *dashboard*, informações quantitativas como os totais de participantes, totais de resíduos coletados, peso total dos resíduos coletados e extensão aproximada da área de coleta dentre outros tantos compõem a aba.

Estado Cidade Instituição Organizador Intervalo de tempo Quantidade de cidades por Estado participant Qual foi a destinação dos resíduos coletados Todos 15/09/2019 # 23/07/2022 # Gráfico de contagem de duração do tempo de coleta e triagem Total de participantes 4969 Quantidade total de resíduos coletados 53 Mil Idosos Adultos Jovens e Criancas 71.06 Mil Extensão aproximada da área de coleta 594 Mil

Figura 1. Overview da dashboard do Rio+Limpos.





Nota-se na Figura 1 que no canto superior direito, há a predominância de quatro pictogramas representados os resíduos não-orgânicos mais comuns, sendo eles o papel, o vidro, o plástico e o metal

Ao clicar no pictograma azul - cor característica da lixeira que tem por finalidade receber os resíduos do tipo papel – somos levados ao dashboard interativo, cada pictograma presente no *overview* do *dashboard* leva a seu respectivo tipo de resíduo. Conforme a Figura 2, abaixo, podemos visualizar os dados respectivos ao tipo de resíduo, com o adendo da aplicação de filtros o resultado mostrado na tela se torna mais dinâmico.

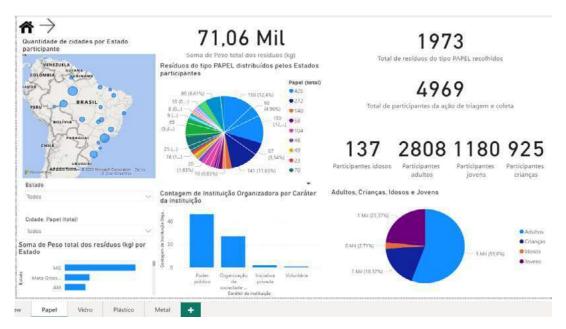


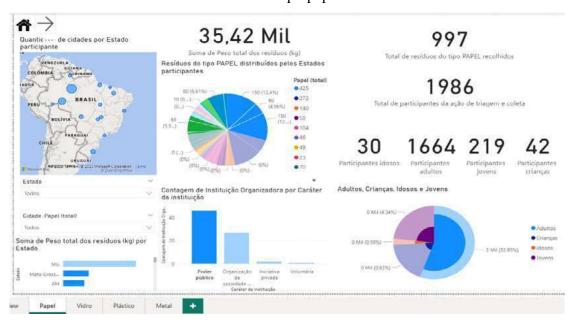
Figura 2. Dashboard dos resíduos do tipo papel.

Fonte: O autor (2023).

Nota-se, conforme ilustrado na Figura 2 acima, que um total de 1.973 resíduos do tipo papel foram recolhidos. Podemos, mais a fundo, quantificarmos aplicando o filtro Contagem de Instituição Organizadora por Caráter da Instituição para saber quem e quantos, por iniciativa do poder público participaram da ação. Na Figura 3, aplicou-se o filtro mencionado.



**Figura 3.** Filtro da Contagem de Instituição Organizadora por Caráter da Instituição aplicado para o resíduo tipo papel.



Fonte: O autor (2023).

Ao termos aplicado o filtro, o *dashboard* – por ser interativo – inferiu elementos visuais onde notamos que o Poder Público na coordenação da ação de triagem e colega de resíduos do tipo papel, representou 50,53% do total de itens coletados. Percebe-se também na Figura 3 que o poder público foi responsável por 49,84% do total do peso dos resíduos coletados de todos os tipos.

Na figura 4, temos a aba referente aos resíduos do tipo vidro.

Ouantidade de cidades por Estado participante

Soma de Peso total dos residuos (kg)

Participantes

Total de residuos do tipo VIDRO recolhidos

Soma de Peso total dos residuos (kg)

Residuos do tipo VIDRO distribuídos pelos Estados participantes

Vidra tatal)

Soma de Peso total dos residuos (kg)

Participantes

Vidra tatal)

Soma de Peso total dos residuos (kg) por Estados

Participantes

Vidra tatal)

Soma de Peso total dos residuos de tipo VIDRO recolhidos

Vidra tatal)

Soma de Peso total dos residuos de tipo VIDRO recolhidos

Vidra tatal)

Soma de Peso total dos residuos de tipo VIDRO recolhidos

Vidra tatal)

Soma de Peso total dos residuos de tipo VIDRO recolhidos

Vidra tatal)

Soma de Peso total dos residuos de tipo VIDRO recolhidos

Vidra tatal)

Soma de Peso total de participantes da ação de triagem e coleta

137 2808 1180 925

Participantes idosos Participantes Participantes adultos

Jovens

Contagem de Instituição Organizadora por Caráter

da Instituição Organizadora por Caráter

Adultos, Crianças, Idosos e Jovens

IMZ (1835a)

Adultos, Crianças, Idosos e Jovens

IMZ (1835a)

Adultos, Crianças Idosos e Jovens

Nova Participantes perticipantes pert

Figura 4. Dashboard dos resíduos do tipo vidro.

Fonte: O autor (2023).





Nota-se, conforme ilustrado na Figura 4 acima, que um total de 3.226 resíduos do tipo vidro foram recolhidos. Podemos, mais a fundo, quantificarmos aplicando o filtro Contagem de Instituição Organizadora por Caráter da Instituição para saber quem e quantos, por iniciativa do poder público participaram da ação. Na Figura 5, aplicou-se o filtro mencionado.

**Figura 5.** Filtro da Contagem de Instituição Organizadora por Caráter da Instituição aplicado para o resíduo tipo vidro.



Fonte: O autor (2023).

Ao termos aplicado o filtro, o *dashboard* – por ser interativo – inferiu elementos visuais onde notamos que o Poder Público na coordenação da ação de triagem e colega de resíduos do tipo vidro, representou 81,06% do total de itens coletados.

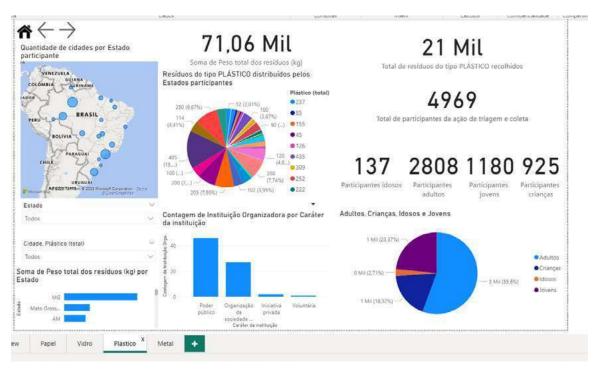
Na figura 6, temos a aba referente aos resíduos do tipo plástico.

Nota-se, conforme ilustrado na Figura 6 que um total de 21.000 resíduos do tipo plástico foram recolhidos. Podemos, mais a fundo, quantificarmos aplicando o filtro Contagem de Instituição Organizadora por Caráter da Instituição para saber quem e quantos, por iniciativa do poder público participaram da ação. Na Figura 7, aplicou-se o filtro mencionado.



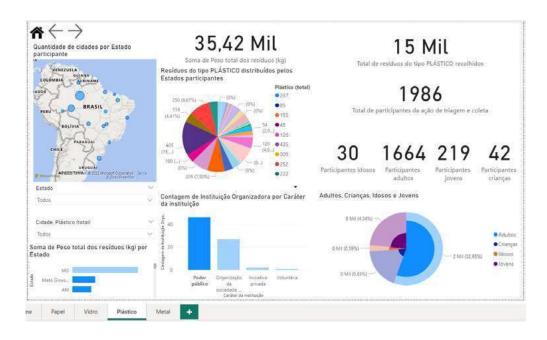


Figura 6. Dashboard dos resíduos do tipo plástico.



Fonte: O autor (2023)

**Figura 7.** Filtro da Contagem de Instituição Organizadora por Caráter da Instituição aplicado para o resíduo tipo plástico.



Fonte: O autor (2023)







Ao termos aplicado o filtro, o *dashboard* – por ser interativo – inferiu elementos visuais onde notamos que o Poder Público na coordenação da ação de triagem e colega de resíduos do tipo plástico, representou 71,42% do total de itens coletados.

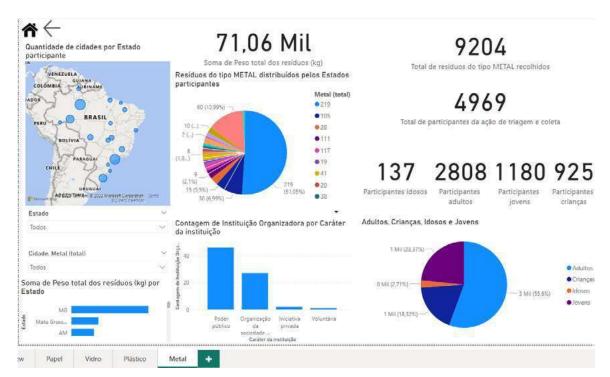


Figura 8. Dashboard dos resíduos do tipo metal.

Fonte: O autor (2023).

Nota-se, conforme ilustrado na Figura 8 acima, que um total de 9.204 resíduos do tipo metal foram recolhidos. Podemos, mais a fundo, quantificarmos aplicando o filtro Contagem de Instituição Organizadora por Caráter da Instituição para saber quem e quantos, por iniciativa do poder público participaram da ação. Na Figura 9, aplicou-se o filtro mencionado.

**Figura 9.** Filtro da Contagem de Instituição Organizadora por Caráter da Instituição aplicado para o resíduo tipo metal.





Fonte: O autor (2023).

Ao termos aplicado o filtro, o *dashboard* – por ser interativo – inferiu elementos visuais onde notamos que o Poder Público na coordenação da ação de triagem e colega de resíduos do tipo metal, representou 91,61% do total de itens coletados.

## **CONCLUSÕES**

O Poder Público representou, face aos participantes do programa, uma instituição que coordenou a ação composta por 39,96% do total de pessoas e com resultados sempre acima dos 70% dos totais de resíduos coletados por categoria. Observou-se também a grande adesão por Estados não litorâneos e a ausência do Estado do Rio de Janeiro no Programa Rio + Limpos.





# REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Atlas Esgotos: Despoluição de Bacias Hidrográficas. [S. 1.], 2017a. Disponível em: <a href="https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/1d8cea87-3d7b-49ff-86b8-966d96c9eb01/attachments/ATLAS\_Esgotos\_Resumo\_Executivo\_FINAL.pdf">https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/1d8cea87-3d7b-49ff-86b8-966d96c9eb01/attachments/ATLAS\_Esgotos\_Resumo\_Executivo\_FINAL.pdf</a>. Acesso em: 16 jul. 2023.

IMPRENSA NACIONAL. PORTARIA No 439, DE 16 DE SETEMBRO DE 2021 - DOU - Imprensa Nacional. 2021. Disponível em: <a href="https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-439-de-16-de-setembro-de-2021-345464472#:~:text=%2D15%2C%20resolve%3A->. Acesso em: jul. 2023.">https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-439-de-16-de-setembro-de-2021-345464472#:~:text=%2D15%2C%20resolve%3A->. Acesso em: jul. 2023.</a>

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 375/2006. 2006. Disponível em: <a href="http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res06/res37506.pdf">http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res06/res37506.pdf</a>. Acesso em: jul. 2023.

ONO, M.M. Pós-Doutorado Empresarial. Equipamento Urbano Multimídia de Sinalização de Rios e Educação Ambiental, realizado por Maristela Mitsuko Ono, Doutora em Arquitetura e Urbanismo (USP). 2012. Disponível em: <a href="http://www.cuidedosrios.eco.br/sobre-oprojeto">http://www.cuidedosrios.eco.br/sobre-oprojeto</a>. Acesso em: jul. 2023.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 357/2005. 2005. Disponível em: <a href="http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459">http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459</a>>. Acesso em: jul. 2023.

### Informações dos autores

#### Caio Guilherme Chaves Jannuzzi de Souza

Bacharel em Engenharia Civil pela Universidade de Vassouras. Especializado em Gestão e Cálculo de Projetos de Engenharia de Estruturas pela Universidade de Vassouras. Especializado em Business Intelligence pela Faculdade Única de Ipatinga. Especializado em Big Data e Ciência de Dados pela Faculdade Única de Ipatinga. Especializado em Engenharia de Software pela Faculdade Única de Ipatinga. Mestre em Ciências Ambientais pela Universidade de Vassouras. Docente pela Universidade de Vassouras no curso de pós-graduação em Gestão e Cálculo de Projetos de Engenharia de Estruturas nas disciplinas de Patologias das Estruturas de Concreto Armado e BIM para Projetos Estruturais. Docente pela Universidade de Vassouras nos cursos de Engenharia Civil, Elétrica, Química e Software

#### Carlos Vitor de Alencar Carvalho

Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Pará, Mestrado em Engenharia Civil e Doutorado em Engenharia Civil pela Pontificia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Pósdoutorado em Educação Matemática pela Universidade Bandeirante de São Paulo. Aperfeiçoamento/Extensão Universitária em Competitive Project Management e Business English na State University

of New York at New Paltz. Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho, Especialista em Big Data e Ciência de Dados e Especialista em Gerenciamento de projetos. Professor da Univassouras no Mestrado Profissional em Ciências Ambientais. Também é Professor Associado da UERJ, vinculado ao Departamento de Naval e Pesca. Naval. Professor no Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia Ambiental da UERJ.

# Tassio Ferenzini Martins Sirqueira

Bacharel em Sistemas de Informação (UniAcademia), Mestre em Ciência da Computação (UFJF), Doutor em Informática (PUC-Rio), Professor da graduação e do Programa de Mestrado Profissional em Ciências Ambientais – PMPCA – Universidade de Vassouras, RJ – Univassouras, Professor do Centro Universitário Academia, MG – UNIACADEMIA, Professor do Centro Universitário Leonardo da Vinci, SC – UNIASSELVI e Avaliador de cursos do INEP/MEC.





# Avaliação da emissão de gases inalatórios no centro cirúrgico visando a redução da poluição ambiental

Bruna Barreto Falcão, Nathália Fagundes de Freitas Freire, Raphael Fernandes de Brito Esquef, Conceição de Maria Melo e Alvim Pacheco, Margareth Maria de Carvalho Queiroz

#### **RESUMO**

Os gases de efeito estufa têm duração importante na atmosfera e se destacam por bandas de absorção infravermelha que ultrapassam à radiação emitida da atmosfera inferior da Terra. Gases que impregnam na janela atmosférica, a região espectral entre aproximadamente 8 a 14 μm (714–1250 cm-1) na banda de exposição infravermelha da Terra, em que absorção pelos gases de efeito estufa naturais é menor, são eficazes em afetar o equilíbrio radiativo da Terra. É relatado na literatura uma estimativa de um volume mundial de 266 milhões de cirurgias em 2015, sendo considerável a demanda por anestesia geral inalatória. Utilizados em procedimentos cirúrgicos e ambulatoriais, os gases anestésicos inalatórios, que são considerados importantes componentes na categoria de gases de efeito estufa, estes compostos orgânicos halogenados são responsáveis por aproximadamente importante categoria 10 a 15% da pressão radiativa exercida que contribuem nas mudanças climáticas por gases de efeito estufa de longa duração. Os anestésicos gasosos comumente aplicados, como os gases altamente fluorados sevoflurano, desflurano e isoflurano e óxido nitroso são gases de efeito estufa, relacionados a destruição da camada de ozônio. O óxido nitroso e o desflurano apresentam duração mais longa na atmosfera em comparação com outros fármacos voláteis. Eles são habitualmente emitidos de hospitais para a atmosfera, e contêm propriedades de acúmulo de calor e aniquilação da camada de ozônio. Para que os gases anestésicos inalatórios sejam exalados para atmosfera de forma eficaz, diminuindo assim a repercussão negativa sobre o estrato de gás presente na atmosfera constituído por oxigênio, é primordial que os aparelhos utilizados durante a anestesia inalatória anestesia em salas cirúrgicas estejam criteriosamente ajustados e atendam ao espaço de tempo de realização do ciclo de manutenção proposto pelos órgãos reguladores.

**Palavras-chaves:** Impacto ambiental; Aquecimento global; Anestésicos inalatórios; Sala de cirurgia; Rotina segura.





# INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas estão aumentando em decorrência das atividades humanas. Grande parte do aquecimento global ocorreu nos últimos 40 anos, sendo os últimos sete anos considerados os mais quentes. Na última década, percebemos cada vez mais eventos climáticos extremos, ondas de aquecimento e inundações. As mudanças climáticas provocadas pela atividade humana ameaçam ser um multiplicador de forças, exacerbando a gravidade desses eventos (SHARON et al., 2023).

São considerados gases de efeito estufa: vapor de água, dióxido de carbono, óxido nitroso, fluorcarbonos halogenados e hidroflurocarbonos que absorvem a radiação infravermelha na atmosfera e, por sua vez, torna a Terra mais quente (GADANI et al., 2011).

Os serviços de saúde dispendem bastante meios de produção com gasto energético. O ambiente de cuidados intensivos é o segundo setor com maior uso de carbono, logo após as instalações de serviços de alimentação. Envolve o uso de grandes quantidades de recursos, incluindo dispositivos médicos e descartáveis, que requerem energia substancial para sua produção. Somente as atividades de saúde contribuem com 8% das emissões nacionais de gases de efeito estufa nos Estados Unidos. Em particular, os centros de cirurgia, que consumiram 3 a 6 vezes mais energia do que os hospitais como um todo (SHARON et al., 2023).

Os anestésicos inalatórios, são gases utilizados durante a prática de anestesia geral para realização de vários procedimentos cirúrgicos, eles contribuem para manutenção da hipnose e imobilidade do paciente garantindo condições adequadas para execução de várias intervenções em todas as faixas etárias. Atualmente são usados vários tipos de anestésicos inalatórios, entre eles estão o sevoflurano, isoflurano e o desflurano. O óxido nitroso ainda está presente em modalidades de anestesia, com destaque em analgesia de parto, anestesia pediátrica e em alguns procedimentos odontológicos (BARASH et al., 2023).

Todos os anestésicos halogenados se decompõem quando entram em contato com soluções alcalinas que são adsorventes de dióxido de carbono (CO2), preparadas para eliminação de gases anestésicos, produzindo monóxido de carbono (CO) e calor (LONGNECKER et al., 2018).

De acordo com Shane et al., 2021, as características químicas e os efeitos do aquecimento global desses gases são caracterizados por tempos de vida na atmosfera de 1 a 5 anos para sevoflurano, 3 a 6 anos para isoflurano, 9 a 21 anos para desflurano e 114 anos para o óxido nitroso.

O modo de expulsão dos gases anestésicos de efeito estufa nas máquinas de anestesia está atrelado à boa prática clínica e ambiental regulamentada pela legislação vigente, levando-se em consideração a RDC Nº 2/20180 e a ISO 7396-2:2007, ISO 80601-2-13:2011 (MILLER et al., 2023).





#### **DESENVOLVIMENTO**

Na rotina médica da anestesiologia a utilização de máquinas de anestesia, sem a adequada revisão ou troca conforme necessidade é identificada na rotina do centro cirúrgico, seja no setor público ou no setor privado. É necessária avaliação frequente dos aparelhos de anestesia para que não ocorra riscos ocupacionais, econômicos e prejuízos ao meio ambiente.

São fontes evitáveis de poluição o derramamento de líquido anestésico por ocasião do enchimento do vaporizador e a falha em interromper o fluxo de óxido nitroso e vaporizador quando o ventilador não está conectado ao paciente (LONGNECKER et al., 2018).

Atualmente, as organizações de saúde trabalham dentro de um ambiente inflexível e de forte competição tecnológica que está crescendo na prestação de um serviço de segurança aos pacientes. Como resultado, o setor da saúde precisa adotar uma estratégia eficaz no sistema de manutenção aos dispositivos críticos, para garantir que estejam funcionando no nível exigido de desempenho e precisão. A gestão da qualidade do serviço de saúde é imprescindível de ser instaurada em toda Unidade de saúde e principalmente com seus equipamentos. E os programas tradicionais de manutenção como inspeção, agendamento periódico, ações corretivas e preventivas são essenciais para a vida útil dos aparelhos (KHELOOD et al., 2020).

Anestésicos inalatórios são exalados pelo paciente e eliminados por máquinas de anestesia com pouca ou nenhuma degradação adicional, e normalmente são ventilados para o ambiente externo com carga de 95% da inalação sem redução como parte de gases anestésicos residuais (YASNY et al., 2012).

A base científica para a sustentabilidade ambiental em anestesia e cuidados intensivos progrediu rapidamente durante a última década, particularmente com a incorporação de avaliações ambientais do ciclo de vida dos fármacos utilizados. Como resultado desses novos estudos, anestesistas e médicos intensivistas podem fazer escolhas informadas para reduzir sua contribuição para os danos ao meio ambiente (MC GAIN et al., 2020).

A elucidação dos gestores e profissionais da área de saúde, que trabalham envolvidos com aparelhos que dispersam gases anestésicos inalatórios, de que o uso deve ser parcimonioso e descontinuado no momento do término da cirurgia e que a revisão do aparelho reduzirá a eliminação para a atmosfera adicionará importante favorecimento a salvaguarda do meio ambiente.

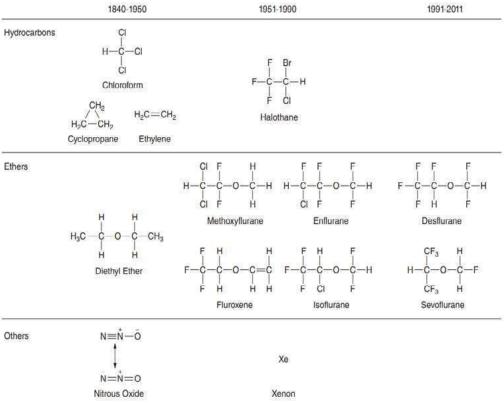
Neste sentido, é importante ressaltar que embora estudos sobre a eliminação de gases inalatórios (figura 1) e o impacto no efeito estufa sejam relativamente comuns, a manutenção correta do aparelho de anestesia (figura 2), através de dados do sistema hospitalar representados por etiquetas ou marcadores de qualidade ainda não são habituais nos centros de cirurgia do país, o que proporcionaria maior cuidado com o futuro do meio ambiente, visto que existe uma cadeia de





transmissão de resíduos inalatórios no centro cirúrgico (figura 3).

Figura 1. Anestésicos inalatórios



Fonte: Anesthesiology, third edition. David and Longnecker, 2018.

Auxiliary O2 flowmeter Display Vaporizers Suction regulator Bellows assembly Flow controls System switch Secondary gas Rebreathing Breathing system Carbon dioxide supply gauges (usually pipelin (CO<sub>2</sub>) absorber Oxygen (O<sub>2</sub>) flush button Brake

Figura 2. Aparelho de anestesia

Fonte: Basics of Anesthesia, eighth. Miller's 2018.







Anaesthetic gas A B C (4%)Supply chair Supply chair Supply chain and waste (13%) (12%) (20%) Anaesthetic gas Anaesthetic gas (63%) (51%) Energy (84%)

Figura 3. Dinâmica de transmissão de resíduos inalatórios no centro cirúrgico

Fonte: Basics of Anesthesia, eighth. Miller's 2018.

Legenda: Contribuições relativas dos gases anestésicos, uso de energia, cadeia de abastecimento e eliminação de resíduos nas salas de cirurgia do (A) Hospital Geral de Vancouver, (B) da Universidade de Minnesota Medical Center e (C) John Radcliffe Hospital, Reino Unido. (Adaptado de MacNeill et al., 14 com permissão da Elsevier Ltd.)

#### Objetivos do Desenvolvimento Sustentável - ODS

Este trabalho está diretamente envolvido com as metas previstas pelos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, em especial aos objetivos 3 – Saúde e Bem-Estar e 13 - Ação contra a mudança global do clima (figura 4).

Prezando o manejo seguro da anestesia inalatória no Rio de Janeiro, propomos a criação de um procedimento operacional padrão (POP) para identificação das condições clínicas de cada aparelho de anestesia presente na sala de cirurgia dos hospitais e clínicas, com o objetivo de mapear as intervenções recentes que ocorreram em cada um deles, criando desta forma um banco de dados norteador de manutenções preventivas, regulamentadas e necessárias ao bom funcionamento de cada máquina e fundamentais a correta dispensação de resíduos de gases inalatórios produzidos no centro cirúrgico e dissipados precocemente ao meio ambiente.





Figura 4. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da agenda 2030 da ONU



Objetivo 3-Saúde e Bem-Estar: este objetivo visa contribuir com a saúde da população através da utilização correta dos equipamentos anestésicos pelos profissionais médicos anestesiologistas, e estes se utilizados inadequadamente eliminam gases anestésicos inalatórios que prejudicam a saúde humana, animal e ambiental.



Objetivo 13 - Ação contra a mudança global do clima: este objetivo busca combater as mudanças climáticas e seus impactos, através da conscientização dos gestores e profissionais médicos anestesiologistas, que operam diretamente os aparelhos de anestesia que eliminam gases anestésicos inalatórios. E o desligamento correto ao término do procedimento e a manutenção adequada do equipamento evitará a eliminação de gases inalatórios à atmosfera contribuirá com a preservação da saúde planetária.

Fonte: https://brasil.un.org/pt-br/sdgs. Nações Unidas Brasil.

É impreterível entender também a justificativa para cada manutenção corretiva e a frequência delas em cada aparelho, que pode apresentar funcionamento em produção desproporcional a sua demanda ou peças que não operam mais de forma segura deixando escapar resíduos sem adequada purificação.

# CONSIDERAÇÕES FINAIS

A anestesia com componentes inalatórios no centro cirúrgico tem se tornado constante nos estudos que se alinham aos danos causados no meio ambiente.

Na sala de cirurgia, este tipo de fato não tem sido tratado com a devida importância, e devemos levantar argumentações para compreender os detalhes deste assunto.

É valioso medir e avaliar estatisticamente a correta esquematização das manutenções de cada máquina de anestesia no ambiente cirúrgico, pois a revisão preventiva propostas em medidas internacionais, nacionais e específicas de cada marca de aparelho de anestesia reduz o risco da



eliminação indevida de gases anestésicos que favorecem à contaminação ambiental.



O esclarecimento dos profissionais que lidam com estes gases através do aprendizado correto é fundamental para corroborar a relevância dos compromissos que as tecnologias em saúde têm sobre o impacto ambiental.

Os gases anestésicos aperfeiçoaram o conforto e o desfecho para os pacientes no desenrolar da cirurgia. Os beneficios desses agentes superam fortemente os riscos. Nas últimas décadas, a atenção para a sua contribuição global nas mudanças climáticas globais e o meio ambiente aumentou.

Os gestores dos hospitais, bem como os médicos anestesiologistas têm a responsabilidade de minimizar a poluição atmosférica desnecessária, utilizando técnicas que podem diminuir quaisquer efeitos adversos desses gases no meio ambiente.

Os hospitais e clínicas que usam gases anestésicos são responsáveis por garantir que todos os equipamentos de anestesia, incluindo o sistema de limpeza, sejam eficazes e mantidos rotineiramente com manutenções preventivas regulamentadas por setores nacionais e internacionais.

A implementação da gestão da qualidade nas unidades de saúde é imprescindível para o estabelecimento ser de excelência e desta forma atuará na precaução e estratégia simples para promover o ambiente mais seguro e saudável.

Essas medidas direcionam-se ao cumprimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da agenda 2030 da Organização das Nações Unidas - ONU e o alvo deste tema está alinhado ao objetivo 3 - Boa Saúde e Bem-Estar (ONU, 2030) e ao objetivo 13 – Ação contra a Mudança Global do Clima.

O Objetivo 13 destaca medidas urgentes para combater a mudança climática e seus impactos, reforçar a resiliência e a capacidade de adaptação a riscos relacionados ao clima e às catástrofes naturais em todos os países, integrar medidas da mudança do clima nas políticas, estratégias e planejamentos nacionais, melhorar a educação, aumentar a conscientização e a capacidade humana e institucional sobre mitigação, adaptação, redução de impacto e alerta precoce da mudança do clima.

A prática da informação através do conhecimento de que os gases anestésicos são importantes gases causadores do efeito estufa, contribuindo para o futuro do meio ambiente modificará o manejo das próximas gerações quanto ao uso seguro e poupador durante procedimentos cirúrgicos necessários e essenciais para manutenção da vida.



# REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS



ANDERSON, Mads et al. Assessing the Impact on Global Climate from General Anesthetic Gases. **Anesthesia & Analgesia**. 2012, 114(5), 1081-1085.

BARASH, P.G. Clinical Anesthesia: 8.ed. Artmed, 2017.

MCGAIN, F., MURET, J., LAWSON, C., SHERMAN, J. D. Environmental sustainability in anaesthesia and criticalcare. **British Journal of Anaesthesia**. 2020, 125(5), 680-692.

MILLER, R. Anesthesia: 9.ed. Elsevier, 2019.

NATHAN, Naveen. Global Impact: The Environmental Effects of Anesthetic Drugs. **Anesthesia & Analgesia.** 2021, 133(4), 825.

RYAN, Susan M. Global Warming Potential of Inhaled Anesthetics. Application to Clinical Use. **Anesthesia & Analgesia**. 2010, 111(1), 92-98.

Sociedade Brasileira de Anestesiologia. Bem-estar ocupacional em anestesiologia / Editor: Gastão F. Duval Neto. Brasília: CFM, 2013. 476 p.

SHERMAN, Jodi. Life Cycle Greenhouse Gas Emissions of Anesthetic Drugs. **Anesthesia & Analgesia**. 2012, 114(5), 1086-1090.

VARUGHESE, Shane. Envaironmentel and Occupational Considerations of Anesthesia: A Narrative Review and Update. **Anesthesia & Analgesia**. 2021, 133(4),826-835.

ZUEGGE, Karin L. Provider Education and Vaporizer Labeling Lead to Reduced Anesthetic Agent Purchasing with Cost Savings and Reduced Greenhouse Gas Emissions. **Anesthesia & Analgesia**, 2019, 128(6), e97-e99.

### Informações dos autores

### Bruna Barreto Falcão

Médica Anestesiologista com especialidade em Dor pela Associação Médica Brasileira e Mestranda do Programa de Mestrado Profissional em Ciências Ambientais – PMPCA – Universidade de Vassouras, RJ – Univassouras.

# Nathália Fagundes de Freitas Freire

Médica Anestesiologista, pela Sociedade Brasileira de Anestesiologia e Mestranda do Programa de Mestrado Profissional em Ciências Ambientais – PMPCA – Universidade de Vassouras, RJ – Univassouras.



# Raphael Fernandes de Brito Esquef



Médico Anestesiologista com título pela Associação Médica Brasileira.

# Conceição de Maria Melo e Alvim Pacheco

Médica Anestesiologista (UERJ), pela Sociedade Brasileira de Anestesiologia, Mestre em Ciências Ambientais - Univassouras;

### Margareth Maria de Carvalho Queiroz

Bióloga (UFRRJ), Especialista em Parasitologia Médica-Veterinária — UFRRJ, Especialista em Ciências Básicas da Saúde — Universidade Severino Sombra - FUSVE, Vassouras - RJ, Mestre e Doutora em Doutora em Ciências Veterinárias - Parasitologia Veterinária (UFRRJ), Pós-Doutora em Ciências Forenses - Entomologia Forense (UNB), Professora do Programa de Mestrado Profissional em Ciências Ambientais - PMPCA—Universidade de Vassouras, RJ - UNIVASSOURAS, Pesquisadora Titular em Saúde Pública e Pesquisadora chefe do Laboratório Integrado: Simulídeos e Oncocercose E Entomologia Médica e Forense - LSOEMF do Instituto Oswaldo Cruz — IOC/FIOCRUZ, Bolsista Cientista do Nosso Estado — CNE/FAPERJ e Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq — Nível 1C.







Nicole Aparecida Martins Klimko Fraguas Marco Antônio Pereira Araújo Danilo Alves Pereira Cristiane de Souza Siqueira Pereira

#### **RESUMO**

A bacia do rio Paraíba do Sul tem uma área de 56.500 km², passando por 88 municípios em Minas Gerais, 57 no Rio de Janeiro e 39 em São Paulo. Apesar dos esforços na ampliação da infraestrutura de saneamento, ainda se observa a degradação ambiental devido ao lançamento de efluentes industriais e de esgoto domésticos sem tratamento, o que contribui para a perda de qualidade da água do rio Paraíba do Sul. Em virtude do cenário atual, muito se discute a importância de conscientizar a população com a educação ambiental (EA), pois ela pode ser usada como ferramenta para que haja desde cedo a sensibilidade da importância dos rios na vida das crianças. Contudo, o objetivo com a EA foi criar um projeto de extensão em parceria entre Prefeitura de Vassouras, através da Secretaria do Ambiente com a Universidade de Vassouras, e implementar no plano de ação de EA do município o "Projeto: Conheça seu Rio", que inclui práticas pedagógicas e atividades lúdicas que serão realizadas durante as aulas, visando estimular a participação e o envolvimento das crianças no processo de aprendizagem sobre a preservação dos rios.

Palavras-chave: Monitoramento. Rio Paraíba do Sul. Educação Ambiental.



# INTRODUÇÃO



O Rio Paraíba do Sul percorre três estados brasileiros: São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais. Ele desempenha um papel vital no fornecimento de água, geração de energia, irrigação e transporte fluvial. A região do Médio Paraíba do Sul, localizada no estado do Rio de Janeiro, engloba uma parte desse rio e possui uma importância econômica significativa, abrigando diversas atividades industriais, agrícolas e comerciais (ANA).

Através de um estudo desenvolvido pela Universidade de Taubaté (OLIVEIRA, Gustavo Costa de Gestão de recursos hídricos: os fatores que influenciam no planejamento. Taubaté, 2003), concluise que o Rio Paraíba do Sul possui um alto nível de poluentes, pois recebe uma alta quantidade de despejos e substâncias químicas das indústrias, gerando riscos de danos genéticos em meios aquáticos e nos organismos humanos, ficando cada vez mais escasso e poluído.

O Rio Paraíba do Sul é o mais importante do Rio de janeiro, pois de acordo com a CEDAE, ele é a principal fonte do Sistema Guandu, que produz 80% do abastecimento da cidade do Rio e da Baixada Fluminense. Outro fator importante é a empresa Light, pois ela é responsável pela transposição entre o Rio Paraíba do Sul e a bacia do Guandu, um processo em que as águas são destinadas a geração de energia elétrica, através das turbinas de geração de energia (CEDAE, 2021).

A conscientização da população sobre a importância da conservação ambiental e dos recursos hídricos é crucial para promover a sustentabilidade. Iniciar essa conscientização desde a infância, por meio de programas de educação ambiental envolvendo escolas e famílias, desempenha um papel crucial nesse processo (Ministério do Meio Ambiente, 2021).

Neste contexto, Seifert (2011) afirma que a educação ambiental é considerada como uma alternativa para garantir eficiência da gestão ambiental e a concretização do desenvolvimento sustentável, apresenta-se como uma abordagem educacional a ser aplicada, oferecendo possibilidades para a formação de indivíduos conscientes do ecossistema.

De acordo com Dias (2003, p. 100), Educação Ambiental pode ser entendida como um processo no qual as pessoas aprendem sobre o funcionamento do ambiente, nossa interdependência com ele, o impacto que causamos e as formas de promover sua sustentabilidade.

Sendo assim, a integração da Educação Ambiental no ambiente escolar representa um dos objetivos dos Parâmetros Curriculares Nacionais PCN, visando promover, de maneira abrangente e integrada, a interligação dos saberes e sua aplicação contínua em todas as áreas do conhecimento, evitando abordagens fragmentadas.

### **Projeto Socioambiental:**

Um projeto socioambiental é uma iniciativa que busca promover ações e práticas que



envolvam tanto aspectos sociais quanto ambientais, com o objetivo de melhorar a qualidade de vidadas comunidades e preservar o meio ambiente de forma sustentável.

O projeto socioambiental de extensão "Projeto: Conheça seu Rio" foi criado com o objetivo de fortalecer a consciência ambiental nas escolas do município de Vassouras, abordando a preservação do meio ambiente e dos recursos hídricos. O projeto visa impactar positivamente a formação escolar dos alunos e promover sua atuação como cidadãos comprometidos com a sustentabilidade.

Ao trabalhar a educação ambiental em escolas e comunidades, é possível contribuir para a melhoria da qualidade de vida, abrangendo as dimensões ambiental, social e de governança ESG, demonstrando o compromisso com a sustentabilidade e a responsabilidade socioambiental. Ademais, para o alcance de diversas metas das Organizações das Nações Unidas (ONU) relacionadas ao desenvolvimento sustentável. Entre essas metas, destacam-se a ODS 4 (Educação de Qualidade) e a ODS 6 (Água Potável e Saneamento). (Organizações das Nações Unidas, 2021).

# A Política Estadual e Municipal de Educação Ambiental

No Estado do Rio de Janeiro, a Lei Nº 3325, de 17 de dezembro de 1999, instituiu a Política Estadual de Educação Ambiental, criou o Programa Estadual de Educação Ambiental e complementou a Lei Nº 9.795, de 27 de abril de 1999, que definiu os parâmetros gerais da Política Nacional de Educação Ambiental.

De acordo com a Lei nº 9.795 de 1999, os principais objetivos da Educação Ambiental são:

# Art. 5°- São objetivos fundamentais da Educação Ambiental:

I - o desenvolvimento de uma compreensão integrada do meio ambiente em suas múltiplas e complexas relações, envolvendo aspectos ecológicos, psicológicos, legais, políticos, sociais, econômicos, científicos, culturais e éticos;

II - a garantia de democratização das informações ambientais;

III - o estímulo e o fortalecimento de uma consciência crítica sobre a problemática ambiental e social;

IV - o incentivo à participação individual e coletiva, permanente e responsável, na preservação do equilíbrio do meio ambiente, entendendo-se a defesa da qualidade ambiental como um valor inseparável do exercício da cidadania;

V - o estimulo à cooperação entre as diversas regiões do País, em níveis micro e macrorregionais, com vistas à construção de uma sociedade ambientalmente equilibrada, fundada nos princípios da liberdade, igualdade, solidariedade, democracia, justiça social, responsabilidade e sustentabilidade;

VI - o fomento e o fortalecimento da integração com a ciência e a tecnologia;

VII - o fortalecimento da cidadania, autodeterminação dos povos e solidariedade como funda- mentos para o futuro da humanidade.

No Município de Vassouras foi criado o Plano Municipal de Educação Ambiental do Município, Lei Municipal n° 3.200, de 06 de abril de 2020. Âmbito da Secretaria Municipal do Ambiente, Agricultura e Desenvolvimento Rural, com vista ao cumprimento da Lei Federal n° 9.795

# de 27 de Abril de 1999 e Lei Estadual nº 3325 de 17 de dezembro de 1999.



### Art. 5° São Objetivos do Plano Municipal de Educação Ambiental;

- I Implantar e executar ações e metas voltadas para a educação ambiental no município de Vassouras, em conformidade com o Plano Nacional de Educação Ambiental, dado pela Lei N°.9.795/199, estabelecendo diretrizes para estimular a preservação ambiental, de acordo com os princípios da sustentabilidade.
- II Promover a compreensão integrada do meio ambiente e suas relações e aspectos com a sociedade;
- III Incentivar a consciência crítica sobre as questões ambientais de acordo com as localidades distritais;
- IV Valorizar a cidadania por meio de incentivo à participação, individual e coletiva nas ações de preservação do meio ambiente
- V Os temas voltados ao meio ambiente devem ser inseridos de modo transversal em todos os níveis e disciplinas.
- VI Subsidiar os espaços formais e não formais de ensino no desenvolvimento de programas de conscientização, bem como, em adotar medidas que visem minimizar os impactos ambientais causados pela atividade econômica;
- VII Promover forma positiva um determinado espaço ambiental.

# **Art. 6°** O Plano Municipal de Educação Ambiental possui atividades prioritárias vinculadas aos seguintes eixos:

- I Conscientização sobre a gestão de resíduos sólidos e coleta seletiva
- II Análise e recuperação de solo para agricultura, bem como implementação e diversificação de culturas e práticas conservacionistas.
- III Produção de biodiesel
- IV Plano de saneamento básico: rural e urbano
- V Recursos Hídricos e sua gestão.

O Programa de Educação Ambiental do Município de Vassouras - PROMEAV - tem como propósito a implantação e execução de ações e metas direcionadas à conscientização e educação ambiental na região de Vassouras. Esse programa alinha-se plenamente com o Plano Nacional de Educação Ambiental, estabelecido pela Lei No. 9.795/1999, que define diretrizes para incentivar a preservação ambiental com base nos princípios da sustentabilidade.

#### **OBJETIVOS**

O projeto "Conheça seu Rio" busca implementar atividades de Educação Ambiental nas escolas, com foco nos recursos hídricos do Rio Paraíba do Sul. Levar debates, dinâmicas e práticas aos alunos, o projeto tem como objetivo conscientizá-los sobre a preservação da água. Além disso, busca fortalecer a consciência ambiental nas escolas de Vassouras.

O objetivo geral é impactar positivamente a formação dos estudantes, incentivá-los a atuar



como cidadãos comprometidos com a sustentabilidade e disseminar o conhecimento adquirido para promover ações sustentáveis em suas comunidades. Essa iniciativa está alinhada com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 da ONU, especialmente o ODS 4 - Educação de Qualidade.

#### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Preparar um relatório técnico para apresentação a Secretaria Municipal do Ambiente, Agricultura e Desenvolvimento Rural e Secretaria Municipal de Educação.
- Desenvolver o Projeto de Extensão intitulado "Projeto Águas: Conheça seu Rio" e incorporálo ao calendário escolar do município de Vassouras.
- Aplicativo Educacional Desenvolvido em colaboração com o Departamento de Engenharia de Software da Universidade de Vassouras, o aplicativo intitulado "Projeto Águas: Conheça seu Rio" tem como objetivo de estimular o aprendizado dos alunos e fomentar a troca de informações sobre questões ambientais e recursos hídricos.

# **MATERIAL E MÉTODOS**

O projeto socioambiental "Projeto: Conheça seu Rio" obteve sucesso ao ser implementado em 9 escolas municipais, abrangendo estudantes do 4º ao 9º ano, em diferentes regiões do município de Vassouras. Essa abrangência incluiu escolas localizadas tanto no centro da cidade quanto em distritos rurais. O principal objetivo desse projeto foi promover a Educação Ambiental, com um enfoque específico nos recursos hídricos.

Antes da execução do projeto, uma análise minuciosa foi conduzida em colaboração com a Secretaria Municipal de Educação, visando identificar a presença de crianças com necessidades especiais entre os estudantes. Essa medida foi de extrema importância, garantindo uma preparação adequada para assegurar a inclusão de todos os alunos nas atividades.

As atividades do projeto englobaram debates, dinâmicas e práticas, cujo propósito foi despertar o interesse e a motivação dos alunos durante o processo de aprendizado. Dentre os temas abordados, destacaram-se a relevância do Rio Paraíba do Sul, os Córregos Urbanos, os Resíduos Sólidos, as Estações de Tratamento de Água e Esgoto, entre outros assuntos relevantes.

Para proporcionar aos estudantes uma experiência prática e concreta sobre os processos de preservação da água, foram realizadas simulações utilizando o Jar Test. Esse equipamento reproduz as etapas de coagulação, floculação e decantação de uma estação de tratamento de água, utilizando a água bruta do Rio Paraíba do Sul, captada pela estação de tratamento de água da concessionária Rio + Saneamento.





Figura 1. Jar Test fornecido em colaboração com a concessionária de água Rio + Saneamento.



Fonte: Acervo do autor

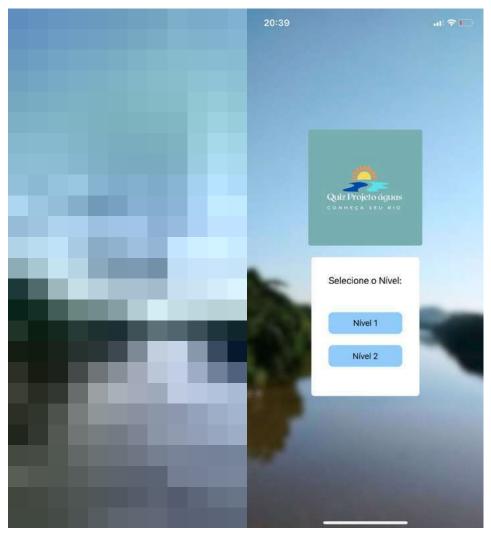
Durante as atividades, além das simulações, são realizados ensaios de pH e cloro, complementando o aprendizado sobre o tratamento adequado da água. Os alunos são conduzidos a comparar as amostras após as reações com uma tabela colorimétrica para determinar a concentração dos parâmetros. Essas ações proporcionam uma compreensão mais abrangente dos processos de preservação da água, incentivando o engajamento dos alunos na causa ambiental.

Figura 2. Análise da concentração de *cloro* livre.

Fonte: Acervo do autor



Para o final das atividades, os alunos realizam um quiz intitulado "Projeto: Conheça seu Rio" por meio de um aplicativo desenvolvido em parceria com a Engenharia de Software da Univassouras. O quiz consiste em dois níveis, com cinco perguntas e três opções de resposta. Após a conclusão, o resultado é exibido. O aplicativo é projetado para ser utilizado por meio do celular do ministrante, permitindo que o quiz seja aplicado para toda a turma, estimulando a troca de informações entre os alunos. O aplicativo está em fase final de desenvolvimento e poderá ser baixado de acordo com as necessidades de cada escola e turma.



Figuras 3 e 4. Aplicativo Educacional

Fonte: Acervo do autor





A iniciativa ambiental tem como objetivo oferecer um ensino de alta qualidade e reforçar a importância do conhecimento como uma ferramenta essencial para o desenvolvimento sustentável. Esses esforços estão alinhados aos princípios dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), principalmente o ODS 4 - Educação de Qualidade e o ODS 6 - Água Potável e Saneamento. Ao abordar temas relevantes relacionados ao meio ambiente e à preservação dos recursos hídricos, o projeto conscientiza os alunos sobre a importância de práticas sustentáveis para um futuro mais equilibrado e saudável.

# Recursos utilizados na implementação do projeto:

- Datashow: Utilizado para a projeção de imagens e materiais visuais durante as atividades, enriquecendo as dinâmicas e debates realizados com os alunos.
- Computador: Usado para apresentações e exibição de vídeos educativos.
- Smartphone: Utilizado para a interação com o aplicativo de quiz, permitindo avaliar os conhecimentos dos alunos sobre os temas abordados no projeto.
- Extensão elétrica: Necessária para garantir o fornecimento de energia elétrica aos equipamentos utilizados.
- Simulador Jar Test: Fornecido em colaboração com a concessionária de água Rio +
  Saneamento, permitindo a reprodução das etapas de coagulação, floculação e decantação
  de uma estação de tratamento de água. Reagentes químicos também foram utilizados para
  a simulação desses processos, proporcionando uma experiência prática e realista para os
  alunos.

Esses recursos foram essenciais para enriquecer as práticas educacionais, tornando as aulas mais dinâmicas e interativas, e proporcionando uma experiência prática e significativa para os alunos. Permitindo uma conexão entre o conhecimento teórico e a realidade concreta dos recursos hídricos da região do Médio Paraíba do Sul, contribuindo para o engajamento dos alunos na causa ambiental e o desenvolvimento de uma consciência crítica sobre a importância da preservação dos recursos naturais.

# • Simulador Jar Test e suas etapas

O Jar Test é um procedimento laboratorial utilizado para avaliar a eficiência de tratamentos de coagulação e floculação em águas e efluentes. Realizado em frascos de vidro (jarras), o teste determina a dosagem ideal de coagulante necessária para aglutinar as partículas suspensas, tornando o tratamento mais eficiente. Esse procedimento é crucial na otimização de processos de tratamento em estações de tratamento de água e de efluentes.



A água bruta é coletada diretamente do curso do rio, sem qualquer tratamento. Ela contenimpurezas como sedimentos, matéria orgânica e contaminantes. Antes de ser utilizada, a água bruta deve passar por um processo de tratamento para torná-la segura e adequada para consumo e outros fins. Esse tratamento envolve etapas como coagulação, floculação, sedimentação, filtração e desinfecção.

Os coagulantes são utilizados no Jar Test para neutralizar a carga elétrica das partículas suspensas na água. Isso faz com que as partículas se aglutinem e formem flocos maiores e mais pesados, facilitando sua remoção durante o tratamento de água. O teste é realizado para determinar a dosagem ideal de coagulante para uma eficiência máxima de coagulação, tornando o processo de tratamento mais eficaz e seguro.

Os polímeros são usados como coagulantes auxiliares ou floculantes. Eles melhoram a coagulação e floculação, formando flocos maiores e mais densos, facilitando a remoção de impurezas na água e efluentes. Isso resulta em um tratamento mais eficiente e de alta qualidade, reduzindo custos operacionais e a quantidade de lodo gerado.

• Etapas distintas do processo de purificação.

Coagulação, floculação e decantação são processos importantes no tratamento de água e efluentes, sendo etapas distintas do processo de purificação.

- I. Coagulação: É a primeira etapa do processo, onde coagulantes químicos, como Sulfato de Alumínio Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> ou Cloreto Férrico FeCl<sub>3</sub>, são adicionados à água bruta. Os coagulantes têm a função de neutralizar a carga elétrica negativa das partículas suspensas e coloidais presentes na água. Isso faz com que as partículas se atraiam e formem pequenos aglomerados chamados flocos. Essa aglutinação facilita a remoção das impurezas na próxima etapa do tratamento.
- II. Floculação: Após a coagulação, a água passa para a etapa de floculação. Nesse estágio, o objetivo é promover a aglutinação das partículas coaguladas em flocos maiores e mais densos. Isso é alcançado agitando suavemente a água, permitindo que as partículas coaguladas se juntem e formem flocos maiores. A floculação aumenta a eficiência da remoção de impurezas e prepara a água para a próxima fase de tratamento.
- III. Decantação: Após a floculação, a água entra na etapa de decantação ou sedimentação. Nessa fase, os flocos formados durante a coagulação e floculação são deixados em repouso, permitindo que eles se depositem no fundo do tanque. A água clara é então removida da parte superior, enquanto os flocos sedimentados (lodo) são removidos do fundo.

Esses três processos - coagulação, floculação e decantação - são essenciais para a remoção de impurezas sólidas e coloidais da água bruta, tornando-a segura e adequada para consumo humano ou outros usos específicos.



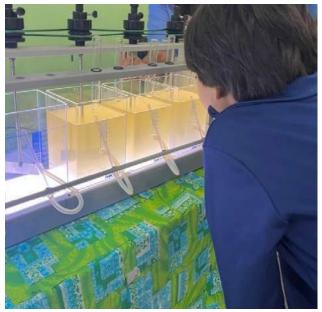
#### RESULTADOS E DISCUSSÃO



As atividades de Educação Ambiental foram implementadas no Plano de Educação Ambiental do Município de Vassouras, com o objetivo de incentivar os alunos para que se tornem multiplicadores do conhecimento adquirido. Além disso, existe a possibilidade das escolas privadas se juntarem ao projeto.

Durante as atividades, os alunos demonstram grande interesse e curiosidade em relação ao tema, o que evidencia a importância da conscientização ambiental para a formação de uma sociedade mais responsável e comprometida com a preservação dos recursos naturais (figura 5).

Figura 5. Etapas dos processos de coagulação, floculação e decantação no Jar Test.



Fonte: Acervo do autor

A participação ativa dos alunos é evidenciada na seleção de alguns deles para realizar a parte prática, como no simulador de Jar Test e a análise dos parâmetros de pH e cloro. Essa abordagem proporciona uma maior imersão no assunto e estimula o engajamento dos alunos nas atividades.

Após a conclusão das atividades, os alunos demonstraram uma notável melhoria nos resultados entre as rodadas, sugerindo que a interação entre os estudantes, ao debaterem coletivamente as questões respondidas incorretamente, promoveu um aprendizado mais eficaz. O quiz adotou uma abordagem de tecnologia ágil, visando incentivar a aprendizagem interativa e eficiente dos alunos.

A participação ativa dos estudantes, seu crescente interesse pelo tema e os resultados positivos do aprendizado atestam que a abordagem prática e o uso da tecnologia educacional são efetivos para despertar o engajamento e a conscientização dos alunos em relação à proteção do meio ambiente. Nesse sentido, o projeto se revela promissor como uma iniciativa que contribui significativamente





para a construção de uma sociedade mais responsável e comprometida.

Ao abordar a educação ambiental nas escolas e comunidades, é possível contribuir para a melhoria da qualidade de vida, abrangendo as dimensões ambiental, social e de governança ESG, demonstrando, assim, o compromisso com a sustentabilidade.

# ☐ ESG (Ambiental, Social e Governança)

Uma abordagem que visa orientar ações de conscientização ambiental e preservação dos recursos naturais no âmbito do projeto de Educação Ambiental, com foco específico nos recursos hídricos da região do Médio Paraíba do Sul, englobando aspectos fundamentais para promover o desenvolvimento sustentável e a responsabilidade socioambiental.

- I. Ambiental: O projeto de Educação Ambiental aborda temas como a relevância dos recursos hídricos e o processo de tratamento de água e esgoto, contribuindo para a conscientização dos alunos sobre a necessidade de adotar práticas sustentáveis para a preservação desses recursos. Isso inclui o estímulo ao uso consciente da água, a redução do desperdício e a proteção dos corpos d'água contra a poluição.
- II. Social: A dimensão social do ESG está relacionada ao engajamento das pessoas e comunidades em práticas sustentáveis. O projeto de Educação Ambiental envolve crianças das escolas municipais, incentivando-as a se tornarem multiplicadores do conhecimento adquirido. Ao conscientizar os alunos sobre a importância dos recursos hídricos e da preservação ambiental, o projeto busca influenciar positivamente as famílias e a comunidade em geral, estimulando a adoção de atitudes mais responsáveis e sustentáveis em relação ao uso e conservação da água e aos resíduos sólidos.
- III. Governança: A dimensão de governança diz respeito à colaboração entre diferentes responsabilidades das entidades envolvidas nas ações. A parceria entre a Secretaria do Ambiente, a Secretaria de Educação, a concessionária de água Rio + Saneamento, Univassouras e outras instituições locais, demonstra uma governança colaborativa em prol da conscientização ambiental e da preservação dos recursos hídricos na região. Essa cooperação entre entidades governamentais e privadas reforça o compromisso com a causa ambiental e contribui para o alcance dos objetivos do projeto de forma mais efetiva.

Portanto, o ESG é uma abordagem essencial para orientar as ações de conscientização ambiental e preservação dos recursos naturais no projeto de Educação Ambiental. Ao considerar as dimensões ambiental, social e de governança, o projeto busca promover a conscientização dos alunos, estimular o engajamento social em práticas sustentáveis e estabelecer uma governança colaborativa entre as entidades envolvidas. Essa abordagem é fundamental para promover a sustentabilidade ambiental e a proteção dos recursos hídricos na região do Médio Paraíba do Sul, visando um futuro





mais equilibrado e saudável para as comunidades locais e para o meio ambiente.

# **CONCLUSÃO**

O Rio Paraíba do Sul é o mais importante da região Sudeste. Em suas margens estão instaladas várias indústrias, das quais utilizam de suas águas como beneficiamento para suas principais atividades econômicas.

A conscientização sobre recursos hídricos auxilia nas práticas para mudanças de hábitos desde cedo, influenciando também na economia, pois com consumo necessário, reutilização de produtos, planejamento e separação dos resíduos, resulta de forma positiva para a melhor qualidade de vida das pessoas.

A implementação do projeto socioambiental "Projeto: Conheça seu Rio", demonstrou seu impacto positivo na Educação Ambiental do município de Vassouras, com foco específico nos recursos hídricos. A ampla abrangência geográfica do projeto, englobando escolas tanto no centro urbano como em distritos rurais, permitiu que um número significativo de alunos participasse e se beneficiasse das atividades.

A experiência prática proporcionada aos estudantes por meio das simulações com o Jar Test pôde levar uma compreensão dos processos de preservação da água, possibilitando que os alunos vissem em primeira mão as etapas de coagulação, floculação e decantação, enfatizando a importância do tratamento adequado da água para a preservação dos recursos hídricos.

Dessa forma, o "Projeto: Conheça seu Rio" se consolidou como uma iniciativa para a formação de jovens conscientes e engajados na proteção do meio ambiente e na valorização dos recursos hídricos em Vassouras. O impacto positivo desse projeto continuará reverberando na comunidade escolar e na sociedade em geral, contribuindo para um futuro mais sustentável e responsável com os recursos naturais.

A Educação Ambiental se mostra fundamental na criação de agentes transformadores, que participem ativamente da busca e construção de alternativas para a redução de impactos ambientais e para o controle social do uso dos recursos naturais. Seu processo de formação é dinâmico, permanente e participativo para possibilitar uma aprendizagem significativa, que consolide mudanças de valores e atitudes, efetivando uma consciência ambiental planetária.





# REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil**. Brasília: ANA, 2019. Disponível em: <a href="http://snirh.gov.br/usos-da-agua/">http://snirh.gov.br/usos-da-agua/</a>>.

AGENDA 21. Conferência das Nações Unidas sobre meio ambiente e desenvolvimento. Rio de Janeiro: UNESCO, 1992.

BRASIL. Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e da outras providências Secretaria de Recursos Hídricos. Diário Oficial da União, Brasília, 28 abr. 1999.

Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA).< <a href="https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/monitoramento-e-eventos-criticos/qualidade-da-agua">https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/monitoramento-e-eventos-criticos/qualidade-da-agua</a>> Acessado em 10 de julho de 2022.

BRASIL. Programa Nacional de Educação Ambiental. Brasília, 2003.

**Catálogo de Metadados da ANA.** Estudos Auxiliares para Gestão de Risco de Inundações. Rio Paraíba do Sul. Agência Nacional das Águas.

(ANA)<https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/56591fdb-163b-4cb5-abe1-c8c6b8894880> Acessado em 07 de julho de 2022.

CARVALHO, Vilson Sérgio de. Educação Ambiental nos PCN. O meio ambiente como tema Transversal. In: MACHADO, Carly Barboza et al. Educação Ambiental Consciente. Rio de Janeiro: WAK, 2003. p.83 – 101.

DIAS, Genebaldo Freire. Educação Ambiental Princípios e Práticas. 8a. São Paulo: Gaia, 2003.

Agência Nacional de Águas - ANA. Estudos auxiliares para Gestão do risco de inundações Bacia do Rio Paraíba do Sul. <a href="http://gripbsul.ana.gov.br/Hidrografia.html">http://gripbsul.ana.gov.br/Hidrografia.html</a> > Acessado em 10 de julho de 2022.

Região Hidrográfica Médio Paraíba do Sul. INEA - < <a href="http://www.inea.rj.gov.br/cs/idcplg?IdcService=SS\_QD\_GET\_RENDITION&coreContentOnly=1&dDocName=INEA\_INTER\_DF\_PL\_RC\_HD\_MDPARSL&dID="http://www.inea.rj.gov.br/cs/idcplg?IdcService=SS\_QD\_GET\_RENDITION&coreContentOnly=1&dDocName=INEA\_INTER\_DF\_PL\_RC\_HD\_MDPARSL&dID="http://www.inea.rj.gov.br/cs/idcplg?IdcService=SS\_QD\_GET\_RENDITION&coreContentOnly=1&dDocName=INEA\_INTER\_DF\_PL\_RC\_HD\_MDPARSL&dID="http://www.inea.rj.gov.br/cs/idcplg?IdcService=SS\_QD\_GET\_RENDITION&coreContentOnly=1&dDocName=INEA\_INTER\_DF\_PL\_RC\_HD\_MDPARSL&dID="http://www.inea.rj.gov.br/cs/idcplg?IdcService=SS\_QD\_GET\_RENDITION&coreContentOnly=1&dDocName=INEA\_INTER\_DF\_PL\_RC\_HD\_MDPARSL&dID="http://www.inea.rj.gov.br/cs/idcplg?IdcService=SS\_QD\_GET\_RENDITION&coreContentOnly=1&dDocName=INEA\_INTER\_DF\_PL\_RC\_HD\_MDPARSL&dID="http://www.inea.rj.gov.br/cs/idcplg?IdcService=SS\_QD\_GET\_RENDITION&coreContentOnly=1&dDocName=INEA\_INTER\_DF\_PL\_RC\_HD\_MDPARSL&dID="http://www.inea.rd.gov.br/cs/idcplg.gov

CETESB, 2018. Relatório de Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo 2017 CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. São Paulo, 2018. □ Acessado em 10 de julho de 2022.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 2. ed. Belo



Horizonte: Editora UFMG, 1996.

TUNDISI, J.G. Água no século XXI: Enfrentando a escassez. (Editora Rima, São Paulo, 2003).

#### Informação sobre os autores:

# Nicole Aparecida Martins Klimko Fraguas

Engenheira Química e Mestranda Profissional em Ciências Ambientais pela Universidade de Vassouras.

# Marco Antônio Pereira Araújo

Doutor e Mestre em Engenharia de Sistemas e Computação pela COPPE/UFRJ. Especialista em Métodos Estatísticos Computacionais e Bacharel em Matemática com Habilitação em Informática pela UFJF. Professor do curso de Engenharia de Software da Universidade de Vassouras.

#### **Danilo Alves Pereira**

Graduado em Gestão Pública pela Universidade de Vassouras (2012) e Graduado em Direito pela UGB/FERP (2022). Pós-graduação LLM Direito e Prática Previdenciária pela Fundação Escola Superior do Ministério Público. Mestre em Ciências Ambientais pela Universidade de Vassouras. Secretário do Ambiente, Agricultura e Desenvolvimento Rural da Prefeitura Municipal de Vassouras.

### Cristiane de Souza Siqueira Pereira

Doutora em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos pela Escola de Química da UFRJ, Mestrado em Engenharia Química pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro e graduação em Química Industrial pela Universidade de Vassouras. Professora do curso de Engenharias e Mestrado Profissional em Ciências Ambientais da Universidade de Vassouras



# Integração dos Profissionais de Saúde na Abordagem "Saúde Única"

Gisele Arêas Coelho Reis, Maria Luiza de Souza Azevedo, Patricia Areias Coelho Reis Pereira, Paloma Martins Mendonça, Margareth Maria de Carvalho Queiroz

#### **RESUMO**

Um novo conceito de saúde foi instaurado no início do século XXI, esta não seria baseada apenas nos cuidados à saúde humana. Surgindo assim, o termo Saúde Única, que é definido como ações interdisciplinares no intuito de promover a saúde humana, animal e ambiental. Tendo como um dos focos, a busca por alternativas de tratamento para muitas doenças, como as práticas integrativas voltadas à prevenção e ao tratamento complementar na medicina convencional de várias doenças. A Saúde Única está baseada na tríade "indivíduo-população-ecossistema", não sendo possível separar a saúde humana da animal e ambiental. As questões de saúde precisam ser tratadas de forma integralizada, colaborativa, interprofissional e multissetorial, aperfeiçoando soluções para zoonoses e outras ameaças à saúde local e global. Diante desse contexto, questiona-se qual o papel dos profissionais de saúde na abordagem da Saúde Única. A partir do desenvolvimento de ações desencadeadas por meio de projetos, é possível identificar o quanto a extensão universitária enriquece a formação acadêmica, pessoal e humanística tanto de professores quanto de estudantes. Dinamizar a atuação interdisciplinar na sociedade, compartilhando conhecimentos com diferentes públicos, acerca da temática de Saúde Única. O nível de saúde de uma população pode ser avaliado de acordo com as condições socioambientais nas quais a comunidade está inserida. As mudanças ambientais já estiveram e provavelmente estarão ligadas à ocorrência de epidemias e pandemias no futuro. O desenvolvimento sustentável é uma importante forma de promover a melhoria das condições de vida da população, conciliando o crescimento econômico com a melhoria das condições sociais e a preservação ambiental, reduzindo os riscos de ocorrência de novas doenças. Desse modo, acreditamos que a inclusão da temática Saúde Única nos currículos dos cursos da área de saúde, são essenciais e relevantes para formação desses profissionais, para prevenção do surgimento e desenvolvimento de novas doenças emergentes e reemergentes.

Palavras chaves: Interdisciplinaridade, Educação, Saúde Pública, Extensão universitária , Biodiversidade.



# INTRODUÇÃO



A saúde sempre esteve ligada à organização sociopolítica, econômica e cultural da população. Entretanto, as civilizações antigas não tinham conhecimento destas relações e designavam a ela um caráter divino em conformidade com suas crenças e práticas religiosas (SCLIAR, 2007).

Rudolf Virchow (1821–1902), por volta de meados do século XIX, declarou que: "Entre medicina humana e animal não existe uma linha que as dividia e nem deveria existir. O objetivo é diferente, mas a experiência obtida constitui a base de toda medicina" (KAHN, 2007). Baseado nessa declaração, o médico patologista (Rudolf Virchow) e antropólogo alemão criou o termo "zoonoses" para se referir as ligações de doenças infecciosas entre animais e humanos (SCHULTZ, 2008).

No período Pós-Segunda Guerra Mundial, em meados do século XX, dentro do período histórico de reestruturação sociopolítica, foi criada a Organização das Nações Unidas (ONU) e a Organização Mundial de Saúde (OMS), sendo assim, a saúde passou a ser compreendida de forma mais abrangente. Em 22 de Julho de 1946, a OMS adota uma nova definição para saúde: "a saúde é um estado de completo bem-estar físico, mental e social, e não consiste apenas na ausência de doença ou de enfermidade". Sendo assim, o bem-estar humano, individual e coletivo vai além dos limites biológicos e está relacionada às condições sociais, culturais e ambientais. Logo, estão associadas às ações do ser humano, tanto a saúde como sua promoção, de acordo com o ambiente em que vive. Portanto, é preciso conscientizar a sociedade, quanto a interdependência do cuidado humano-humano e humano-ambiental (BRASIL, 2002; MELLO-SILVA e GUIMARÃES, 2018). O ser humano, é parte integrante do ambiente, tanto quanto qualquer outro ser vivo, e dele depende para sobreviver (MELLO-SILVA-SILVA, 2017).

Um novo conceito de saúde foi instaurado no início do século XXI, esta não seria baseada apenas nos cuidados à saúde humana. Surgindo assim, o termo Saúde Única, que é definida como ações interdisciplinares no intuito de promover a saúde humana, animal e ambiental, sendo um dos focos, a busca por alternativas de tratamento para muitas doenças, como as práticas integrativas voltadas à prevenção e ao tratamento complementar na medicina convencional de várias doenças (DINIZ et al. 2022).

Svoboda et al. (2021) intitularam o termo "guarda-chuva", como sendo a junção da Saúde Única e às práticas comunitárias integrativas para uma rede que inclui o individual e a coletiva, com o objetivo de ser estabelecido em ambiente administrativo para melhor elaborar os projetos sociais. Baseado nesse conceito, o Sistema Único de Saúde (SUS) oferta estas práticas de maneira integral e gratuita (BRASIL, 2016).

Ultimamente, vem sendo questionada a questão da qualidade de vida planetária de forma mais ampla. O termo passou a ter um sentido mais abrangente e faz pensar que a saúde planetária deve ser de grande importância, ou seja, uma única saúde para um único planeta (MELLO-SILVA e GUIMARÃES, 2018).



A visão de bem-estar e saúde foi ressignificada, baseada no reconhecimento da interdependência entre ambiente-saúde, além da integração dos seres vivos junto ao ecossistema planetário.

A interconexão que existe entre saúde humana e ambiental, além da necessidade de tratar seus desafios e possíveis soluções de forma integrada, levou à abordagem Saúde Única (One Health). Mesmo que o conceito não sendo novo, ele só começou a ganhar força nos últimos anos e tem se posicionado de modo essencial diante da situação de caos e incerteza que foi causada pela COVID-19 (NAPOLI, 2021).

#### **DESENVOLVIMENTO**

O termo Saúde Única teve origem no simpósio que aconteceu em Nova Iorque, coordenado pela Wildlife Conservation Society, neste evento estiveram reunidos especialistas em saúde humana e animal de várias partes do mundo, na intenção de debater sobre a transmissão de doenças entre humanos, animais domésticos e vida selvagem (NAPOLI, 2021.) Neste, surgiu o conceito *One World, One Health*, que em 2019 foi atualizado para *One Planet, One Health, One Future*.

Para o Centros de Controle e Prevenção de Doenças (CDC) dos Estados Unidos: "Saúde Única é uma abordagem colaborativa, multisetorial e transdisciplinar, atuando nos níveis local, regional, nacional e global, com o objetivo de atingir os melhores resultados na área da saúde, reconhecendo a interconexão existente entre pessoas, animais, plantas e o meio ambiente que eles compartilham" (NAPOLI, 2021.)

Berthe et al. (2018) observaram uma abordagem mais colaborativa para reforçar os sistemas de prevenção, preparar, detectar, responder e se recuperar de doenças infecciosas e situações que estejam relacionadas a resistência antimicrobiana que podem ameaçar a saúde humana, a saúde animal e ambiental, coletivamente. Para isso, faz-se uso de ferramentas como vigilância e relatórios com o objetivo de aprimorar a segurança da saúde global e adquirir ganhos em desenvolvimento.

A expansão da atividade industrial e agropecuária, o desenvolvimento de projetos de extração e infraestrutura, o crescimento populacional e a ocupação humana de áreas naturais provocam alterações drásticas nos ecossistemas, resultando em uma maior interação entre a vida selvagem, animais domésticos e o ser humano, o que favorece o surgimento de doenças. Segundo estudo publicado na revista *Nature* em 2020, revelou que espécies de animais silvestres que carregam patógenos transmissíveis aos seres humanos estão presentes em ambientes alterados em maior proporção do que em áreas preservadas (GIBB et al., 2020).

O desmatamento e a degradação ambiental contribuem também para o agravamento da crise climática que, por sua vez, aumenta a perda da biodiversidade, e desta forma ocasiona o desequilíbrio ecológico e as chances de transmissão de patógenos. O aquecimento do planeta e o consequente deslocamento de pessoas e da vida selvagem em busca de ambientes mais favoráveis aumentam as



probabilidades da propagação de agentes patogênicos.

Fenômenos como extinção de espécies, degradação de habitats, poluição, invasão de espécies e alteração do clima global estão promovendo fortes transformações sobre a vida no nosso planeta e tornando essa indissociabilidade mais evidente (SILVA et al., 2022). Outras atividades, como tráfico e o consumo de animais silvestres, uso incorreto do solo/água, urbanização sem sustentabilidade, destruição de habitat, falta de saneamento básico e ausência e/ou quebra de protocolos de saúde também podem contribuir para disseminação de doenças (ASSREUY et al., 2021). Cientistas estimam que existam cerca de 1.7 milhões de vírus ainda não identificados, dos quais 631.000 a 827.000 teriam potencial de transmissão aos seres humanos (Carroll, 2018). Em um mundo globalizado como o nosso, onde transitar de uma região para outra se tornou relativamente fácil, o risco de ocorrerem novas pandemias com mais frequência, se disseminando de forma mais rápida e com grande impacto na saúde e economia da população é cada vez mais latente.

Diante de todas as alterações impostas ao planeta, a gestão ambiental e a gestão da saúde nunca foram tão relevantes ou estiveram tão claramente conectadas. Um dos grandes desafios é o controle das doenças e ao mesmo tempo, garantir a integridade da biodiversidade na Terra para as futuras gerações, implementando abordagens interdisciplinares e transetoriais para prevenção, vigilância, monitoramento, controle e mitigação de doenças, bem como, para conservação sustentável de forma mais ampla (ONE WORLD – ONE HEALTH, 2010).

Nas últimas décadas, as pesquisas envolvendo humanos, animais e ambiente tem se deparado com questões cada vez mais complexas de mudanças globais, compreendendo o aumento da população humana, rápida urbanização, uso indiscriminado de terras, produção agrícola intensiva, invasão de ecossistemas e tráfego e comércio globalizado (MOTHÉ et al., 2020). A figura 01 traz alguns fatores que favorecem o surgimento de zoonoses emergentes recentemente.

Desmatamento e outras mudanças no uso do solo

Intensa produção agrícola e pecuária

Resistência antimicrobiana

Resistência antimicrobiana

Figura 01. Fatores favorecem o surgimento de doenças Zoonóticas

Fonte: https://www.unep.org/pt-br/noticias-e-reportagens/reportagem/6-fatos-sobre-coronavirus-e-meio-ambiente.



Segundo Campanelli (2022), essas expressivas e rápidas mudanças ambientais estão ligadas a emergência e reemergência de doenças infecciosas e não infecciosas que afetam a saúde humana e animal, comprometendo de forma consistente a biodiversidade que sustenta a vida no nosso planeta. Os estudos epidemiológicos sobre essas doenças, indicam que a emergência desses patógenos foi ocasionada pelo transbordamento zoonótico, em que estes só infectavam animais e passaram a infectar humanos, causando graves problemas de Saúde Pública. Como exemplo, algumas zoonoses, como a gripe aviária (H5N1), as epidemias virais de Ebola e Zika, além dos três mais recentes eventos zoonóticos com vírus da família Coronaviridae (CoV), tiveram origem animal e passaram a infectar humanos. Em especial, os três episódios envolvendo coronavírus (que são vírus comuns em espécies de diferentes animais, como bovinos, camelos, gatos, morcegos etc.), os escapes zoonóticos foram impulsionados pelas práticas culturais de manipulação de animais silvestres, como morcegos, cobras e aves para alimentação humana (LIMONGI, DE OLIVEIRA, 2020).

As doenças transmitidas de animais vertebrados aos seres humanos em ambientes rurais e urbanos, são generalizadas, com uma estimativa de 60% de todas as doenças infecciosas humanas e 75% das doenças infecciosas novas ou reemergentes consideradas zoonóticas. As zoonoses podem ser causadas por uma variedade de patógenos, incluindo bactérias, fungos, helmintos, protozoários e vírus. Dos que infectam humanos, estima-se que 80% dos vírus, 50% das bactérias, 40% dos fungos, 70% dos protozoários e 95% dos helmintos são zoonóticos (RECHT et al., 2020).

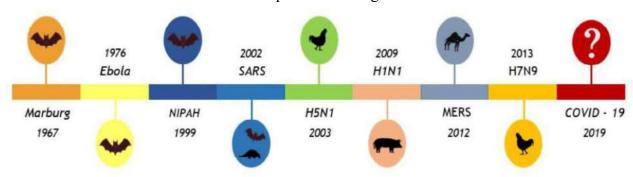
As infecções zoonóticas resultam em uma ampla gama de doenças envolvendo diversos hospedeiros e, às vezes, vetores ou parasitas com ciclos de vida complexos, associados a uma carga considerável em nível local e global na saúde humana e animal, e com grande impacto socioeconômico nas populações endêmicas. Esse impacto foi recentemente reconhecido, levando a iniciativas globais como a abordagem "One Health", resultando em uma consideração holística das perspectivas humanas e animais e forte colaboração entre os setores de saúde ambiental (RECHT et al., 2020).

As perdas econômicas e os custos financeiros associados às doenças zoonóticas são enormes, por exemplo, a gripe aviária na Ásia em 2004-2009 impactou a saúde pública e animal, especialmente o setor pecuário, por um custo total estimado de 20 bilhões de dólares; a SARS em 2002-2003 interrompeu o comércio e as viagens na China, com um custo estimado de US\$ 41,5 bilhões, e zoonoses negligenciadas que afetam os criadores pobres causam 2,4 bilhões de casos e 2,2 milhões de mortes anualmente. O exemplo mais marcante e recente do impacto econômico mundial de uma zoonose é a atual pandemia de COVID-19 que afetou e ainda afeta a economia global no "o desafio mais sério da era pós-guerra devido à parada repentina da atividade econômica em países avançados e em desenvolvimento", que inclui o aumento da pobreza global pela primeira vez desde 1990 (RECHT et al., 2020).

A figura 02 ilustra uma escala evolutiva das doenças transmitidas por animais e como a aproximação do homem com os agentes infecciosos acarretaram a ocorrência de doenças que antes

eram exclusivas dos animais para surtos que impactam a saúde humana de forma recorrente e compotencial de transmissão capaz de propagar de forma pandêmica (DA CONCEIÇÃO et al., 2023).

**Figura 02.** Principais contágios zoonóticos (Epidemias) ao decorrer da história humana e seus hospedeiros de origem



Fonte: DA CONCEIÇÃO et al. (2023) conteúdos embasados nos artigos e do portal "Saúde Única" pela Doutora e artista Ana Pérola: https://portalsaudeunica.com.br/

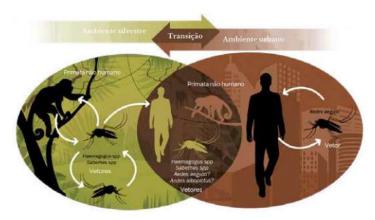
Silva et al. (2022) destacaram que além dos padrões demográficos modificados com migração de populações humanas nativas e interioranas para áreas cada vez mais próximas ao habitat de animais selvagens, o inverso também ocorre, levando os animais à procura de novo habitat, invadindo ambientes urbanos, bem como dispersão de vetores de patógenos causadores de arboviroses de já difícil controle, como a Dengue, Febre Amarela, Chikungunya, Zika, encefalites etc., conforme exemplificado na figura 03.

O vírus nomeado Sars-CoV-1 foi registrado em 2002 como o agente etiológico de uma Síndrome Respiratória Aguda Grave (SARS); dez anos depois, outro vírus da família CoV altamente patogênico surgiu nos países do Oriente Médio como o causador da Síndrome Respiratória do Oriente Médio (MERS) e, em dezembro de 2019, em Wuhan, China, em pessoas que frequentaram um mercado úmido, a presença de um novo CoV, denominado SARS-CoV-2, responsável pela pandemia da COVID-19, evidenciando a inter-relação entre saúde humana, saúde animal e ambiente (DESTOUMIEUX-GARZÓN et al., 2018; LIMONGI, DE OLIVEIRA, 2020).





Figura 03. Dinâmica de transmissão de uma zoonose



Fonte: Modificado de Possas et al. (2018). / Imagem: David González.

Além das zoonoses, são problemas comuns em Saúde Única, a ameaça de surgimento de superbactérias em consequência da resistência antimicrobiana ocasionada pelo consumo inadequado e exagerado de drogas antimicrobianos, a insegurança alimentar, o crescimento de surtos causados por doenças causadas patógenos transmitidos por insetos vetores e a contaminação ambiental. O uso inadequado de drogas antimicrobianas em terapias de doenças não tratáveis com antibióticos ou em "terapias preventivas", também chamadas erroneamente de "tratamento precoce", a exemplo do que aconteceu no início da pandemia da COVID-19, são, particularmente, eventos de interesse em Saúde Única, uma vez que proporcionam o aparecimento de cepas bacterianas que se tornam resistentes aos medicamentos antibióticos de última geração (SILVA et al., 2022).

A Saúde Única está baseada na tríade "indivíduo-população-ecossistema" (Figura 04), não sendo possível separar a saúde humana da animal e ambiental. Considerando esta premissa, as questões de saúde precisam ser tratadas de forma integralizada, colaborativa, interprofissional e multissetorial, aperfeiçoando soluções para zoonoses e outras ameaças à saúde local e global. Diante desse contexto, questiona-se qual o papel dos profissionais de saúde na abordagem da Saúde Única.

SAÚDE ÁMBIENTAL

SAÚDE ÚNICA

SAÚDE ÁMBIENTAL

SAÚDE ÁMBIENTAL

Figura 04. Saúde Única, tríade "indivíduo-população-ecossistema



Fonte: SOARES et al. (2023), adaptado de One-Health-Triad-en.png





Segundo a Organização Mundial de Saúde (WHO, 2021) "Para promover a saúde física e mental e o bem-estar, e para estender a expectativa de vida para todos, devemos alcançar a cobertura universal de saúde e o acesso a cuidados de saúde de qualidade", a Agenda 2030 confirma este forte compromisso político com a saúde pública, um plano global, composto por 17 objetivos (Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - ODS) e 169 metas, de modo a contribuírem para o desenvolvimento sustentável em todos os âmbitos até 2030 (ONU, 2021). Os ODS pretendem estabelecer metas para os diferentes fatores que contribuem para a saúde e desenvolvimento humano sob a bandeira de "Saúde em todas as políticas" de modo a induzir ações intersectoriais que melhorem a saúde, a equidade no acesso aos cuidados e serviços de saúde e seus determinantes (ONU, 2018).

O ODS17 assume relevância predominante na abordagem "Saúde Única" pela promoção de parcerias e esforço colaborativo, enfatizado no aspeto transdisciplinar dos diversos domínios da saúde (dependentes e interdependentes, de impacto direto e indireto) para alcance da Saúde para Todos, Ambiente – Animal – Homem, como forma única de cumprir em plenitude os demais ODS e garantir a sustentabilidade e saúde para gerações futuras (CAPELA E SILVA et al., 2022), conforme a figura 05.

Figura 05. Relação entre a Saúde Única e os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).



Fonte: Elaborada pelas autoras, adaptação de Queenan et al. (2017)





# SAÚDE ÚNICA NO CONTEXTO EDUCACIONAL

Segundo Azevedo et al. (2019), a partir do desenvolvimento de ações desencadeadas por meio de projetos é possível identificar o quanto a extensão universitária enriquece a formação acadêmica, pessoal e humanística tanto de professores como de estudantes. Compartilhar seus saberes com a sociedade, através da relação dialógica e interações que estabelecem com o público atendido têm suas vivências, práticas e conhecimentos enriquecidos, além de dinamizar a atuação interdisciplinar na sociedade, compartilhar conhecimentos com diferentes públicos, acerca da temática de Saúde Única.

Nesse contexto, as Diretrizes Nacionais para a Extensão na Educação Superior Brasileira, publicada em 18 de dezembro de 2018, pelo Ministério da Educação, estabelecem que cabe à extensão universitária o desenvolvimento de um trabalho que se constitua a partir das características da interdisciplinaridade, promovendo "a interação transformadora entre as instituições de ensino superior e os outros setores da sociedade, por meio da produção e da aplicação do conhecimento, em articulação permanente com o ensino e a pesquisa" (BRASIL, 2018).

Sendo assim, a formação em saúde, mediada pela extensão universitária, revela-se fundamental para promover experiências ampliadas de atuação em cenários diversos da sociedade. A articulação entre universidades e instituições governamentais e não governamentais propicia a vivência ao extensionista de ações reais e de repercussões desencadeadas no percurso e no processo formativo dos estudantes (BISCARDE et al., 2014).

Nesse contexto, a extensão deve expressar a gênese de propostas de reconstrução social, buscando e sugerindo caminhos de transformação para a sociedade. Pensar um novo modelo de sociedade, nos três eixos das práticas humanas do fazer, do poder e do saber, ou seja, levando a participação formativa dos universitários no mundo da produção, no mundo da política e no mundo da cultura. Só assim, o conhecimento se colocará a serviço destas três dimensões mediadoras de nossa existência. E só assim a universidade cumprirá a sua missão (SEVERINO, 2007).

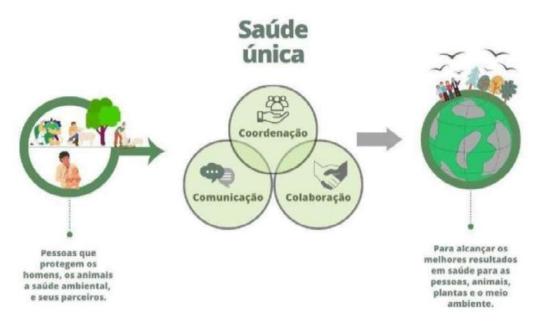
A extensão universitária tem muito a contribuir com a sociedade, por meio dela, a universidade cumpre seu papel social, compartilhando seus conhecimentos obtidos no âmbito acadêmico e científico. Da mesma forma, a universidade fortalece seu trabalho formativo, tanto no que diz respeito a formação dos estudantes como dos professores. Nessa ótica, Ramos e Oliveira (2012) consideraram que as atividades promovidas pela extensão universitária se apresentam como recursos que contribuem significativamente para "o progresso pessoal, social e profissional" daqueles que dela fazem parte, além de oportunizar ricas oportunidades de diálogo e partilha.

A Figura 06 mostra a importância dos diversos profissionais, vistos como cuidadores da saúde do homem, animal e ambiente, associado a uma comunicação, coordenação e colaboração para que se possa alcançar resultados a todos em um contexto único (SOARES et al., 2023).





# Figura 06. Saúde Única coordenada e colaborativa



Fonte: SOARES et al. (2023), adaptado de CDC https://www.cdc.gov/onehealth/images/multimedia/one-health-definition-graphicwith-bats.jpg).

Segundo a pesquisa desenvolvida por ARAUJO et al. (2021), em grupo de estudo em ensino interdisciplinar e internacional em Saúde Única de uma instituição de ensino superior em Curitiba – Paraná. Estes autores analisaram as grades curriculares dos cursos de Medicina e Enfermagem das Universidades Federais brasileiras para averiguar a abordagem transversal da Saúde Única durante o curso. Foram analisadas a matriz curricular de 54 cursos de graduação em Medicina e 57 cursos de graduação em Enfermagem. Nos cursos de graduação em Medicina, 83,33% da matriz curricular aborda de forma implícita ou explicitamente a temática da Saúde Única, por outro lado, nos cursos de graduação em Enfermagem, apenas 64,91% possuem essa abordagem. Em relação a obrigatoriedade do aluno em cursar uma disciplina sob essa ótica, ela está presente em 57,41% nos cursos de Medicina e em 52,63% nos cursos de Enfermagem. No curso de Medicina foi encontrado uma relação de Saúde Ambiental e Humana possibilitando um ensinamento voltado à união entre a saúde e meio ambiente, ficando escasso o tema da Saúde Animal em todas as grades analisadas. Já no curso de Enfermagem, as disciplinas que mais apareceram em todas as regiões pesquisadas foram Saúde Ambiental e Educação Ambiental, não demonstrando a Saúde Animal como disciplina integrante, assim como citado no curso de Medicina.

Conclui-se, que os currículos acadêmicos dos cursos de Medicina e Enfermagem das universidades federais brasileiras apresentam, implícita ou explicitamente, disciplinas com a temática de Saúde Única no âmbito da Saúde Humana e meio ambiente com predominância maior nos cursos de Medicina em comparação aos cursos de Enfermagem. Além disso, a obrigatoriedade para o aluno cursar estas disciplinas, se mostrou mediana em ambos os cursos. O estudo mostrou que capacitações



a partir dos preceitos da Saúde Única são relevantes e essenciais para formação profissional de egressos nestes cursos, como forma de prevenção ao surgimento e o desenvolvimento de novas doenças emergentes e reemergentes.

# CONSIDERAÇÕES FINAIS

O nível de saúde de uma população pode ser avaliado de acordo com as condições socioambientais nas quais a comunidade está inserida. As questões de saúde precisam ser tratadas de forma integralizada, colaborativa, interprofissional e multissetorial, aperfeiçoando soluções para zoonoses e outras ameaças à saúde local e global. Diante desse contexto, questiona-se qual o papel dos profissionais de saúde na abordagem da Saúde Única, não sendo possível separar a saúde humana da animal e ambiental.

A educação ambiental parte do princípio no qual o conhecimento pode atuar como ferramenta de promoção a saúde e minimização dos riscos sanitários, de forma que cada cidadão atue de modo ativo em diversas áreas da sociedade, a fim de minimizar doenças e sofrimento das espécies envolvidas.

Conclui-se, portanto, que as mudanças ambientais já estiveram e provavelmente estarão ligadas à ocorrência de epidemias e pandemias no futuro. O desenvolvimento sustentável é, sem dúvida, uma importante forma de promover a melhoria das condições de vida da população, conciliando o crescimento econômico com a melhoria das condições sociais e a preservação ambiental, reduzindo os riscos de ocorrência e intensidade de novas doenças.

Desse modo, acreditamos que a inclusão da temática Saúde Única no âmbito da Saúde Humana, Animal e Ambiental nos currículos dos cursos da área de saúde, são essenciais e relevantes para formação desses profissionais, para prevenção do surgimento e desenvolvimento de novas doenças emergentes e reemergentes.



# REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS



ARAÚJO, A. S.; DE SOUZA, P.; OLEGÁRIO, R. L.; SALES, W. B.L. Saúde Única como Tema Transversal nos Cursos de Graduação em Medicina e Enfermagem: Análise da Matriz Curricular: Single Health as a Cross-Cutting Theme in Undergraduate Medicine and Nursing Courses: Analysis of the Curricular Matrix. Journal Archives of Health, v. 2, n. 4, p. 994-997, 2021.

AZEVEDO, A. Z.; MOUSSA, M. A. A. D.; SANTA RITA, P. H. Relato de experiência extensionista com interface entre saúde pública e educação. Barbaquá: v. 3, n. 6, p. 82-97, 2019.

BERTHE, F. C. J.; BOULEY, T.; KARESH, W. B.; LE GALL, F. G.; MACHALABA, C. C.; PLANTE, C. A.; SEIFMAN, R. M. Operational framework for strengthening human, animal and environmental public health systems at their interface. Washington, DC: World Bank Group, 2018.

BRASIL, Ministério da Saúde, A Fitoterapia no SUS e o Programa de Pesquisas de Plantas Medicinais da Central de Medicamentos, 2016.

BRASIL, Ministério da Saúde, Práticas Integrativas e Complementares (PICS): quais são e para que servem, 2021. URL: https://antigo.saude.gov.br/saude-de-a-z/praticas-integrativas-e-complementares. Acesso em: 16 de outubro de 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Políticas de Saúde. As Cartas da Promoção da Saúde. Brasília DF: 2002.

BRASIL. Resolução nº 07 de 18 de dezembro de 2018. Brasília, DF: Ministério da Educação, 2018. Disponível em: http://www.in.gov.br/materia//asset\_publisher/ Kujrw0TZC2Mb/content/id/55877808. Acesso em: 10 out. 2023.

CAMPANELLI, E. D.A relação saúde pública - meio ambiente e o biomonitoramento como ferramenta para a avaliação, promoção e conservação da saúde ambiental. 2022. 76 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública e Meio Ambiente) - Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2022.

CAPELA E SILVA, F.; SIMÕES, M.; VILHENA, M. Desenvolvimento sustentável e a abordagem" Uma Saúde". 2022.

DA CONCEIÇÃO, G. W. N.; DA SILVA, R. A.; FRERET, R. D. A. C.; DE JESUS LOBO, A. Reflexão sobre o conceito "One Health" e compreensão do seu papel perante à saúde preventiva: revisão integrativa. Research, Society and Development, v. 12, n. 3, p. e9312340514-e9312340514, 2023.

DE SOUZA, M. A; DE FARIAS, A. D.; DE QUEIROZ, A. C. P.; PEREIRA, E. L.; DE OLIVEIRA, A. A. F. Fitoterapia como prática integrativa na saúde única do Brasil: Uma breve revisão. Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas, v. 51, n. 2, 2022.



DESTOUMIEUX-GARZÓN, D.; MAVINGUI, P.; BOETSCH, G.; BOISSIER, J.; DARRIET, F.; DUBOZ, P.; VOITURON, Y. The one health concept: 10 years old and a long road ahead. Frontiers in veterinary science, v. 5, p. 14, 2018.

GIBB, GIBB, R.; REDDING, D. W.; CHIN, K. Q.; DONNELLY, C. A.; BLACKBURN, T. M.; NEWBOLD, T.; JONES, K. E. Zoonotic host diversity increases in human-dominated ecosystems. Nature, v. 584, n. 7821, p. 398-402, 2020.

GUIMARÃES, M. A Formação em Geografia e a Questão Ambiental. Revista História, Natureza e Espaço. v. 1. n. 1 (2012). Disponível em < https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/niesbf/article/view/4361, 2020.

GUIMARÃES, M. Pesquisa e processos formativos de educadores ambientais na radicalidade de uma crise civilizatória. Pesquisa em educação ambiental, v. 13, n. 1, p. 58-66, 2018.

GUIMARÃES, M. A formação de educadores ambientais. Papirus Editora, 2020.

KAHN, L. H.; KAPLAN, B.; STEELE, J. H. Confronting zoonoses through closer collaboration between medicine and veterinary medicine (as 'one medicine'). Veterinaria Italiana, v. 43, n. 1, p. 5-19, 2007.

LIMONGI, J. E.; DE OLIVEIRA, S. V. COVID-19 e a abordagem One Health (Saúde Única): uma revisão sistemática. Vigilância Sanitária em Debate: Sociedade, Ciência & Tecnologia (Health Surveillance under Debate: Society, Science & Technology) Visa em Debate, v. 8, n. 3, p. 139-149, 2020

LOBO P. M.; ROSAR, A. S.; MEIRA J.; BORSA, A.; MENIN A.; RECK C.; WARTH, J.F.G; RESES, M.L.N. Saúde única: uma visão sistêmica, Editora Alta Performance, 1ºEdição, Goiânia: Goiás, 2021, Vol. 69, 69 p.

MOTHÉ, R.; SIQUEIRA, J.; JUNIOR, A. M.; MOTHÉ, G. One health pela perspectiva da saúde ambiental: incêndios florestais. Enciclopédia Biosfera, v. 17, n. 34, 2020.

MWANGI, W.; DE FIGUEIREDO, P.; CRISCITIELLO, M. F. One health: addressing global challenges at the nexus of human, animal, and environmental health. PLOS pathogens, v. 12, n. 9, p. e1005731, 2016.

ONE WORLD-ONE HEALTH. Disponível em: https://oneworldonehealth. wcs.org/About-Us/Mission.aspx, 2010. Acesso em: 10 de outubro de 2023.

ONU, 2018. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. The World's Cities in 2018—Data Booklet (ST/ESA/ SER.A/417) (Disponível em https://ia800708. us.archive.org/14/itemsthe\_worlds\_cities\_in\_2018\_data\_booklet.pdf. Acesso em: 10 de outubro de

ONU 2021. The Sustainable Development Goals. 17 Goals to Transform Our World. (https://sdgs. un.org/goals). Acesso em: 10 de outubro de 2023.

POSSAS, C.; LOURENÇO-DE-OLIVEIRA, R.; TAUIL, P. L.; PINHEIRO, F. D. P.; PISSINATTI, A.; CUNHA, R. V. D.; FREIRE, M.; MARTINS, R.M.; HOMMA, A. Yellow fever outbreak in Brazil: the puzzle of rapid viral spread and challenges for immunisation. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz, v. 113, 2018.

RAMOS, D. M.; VIEIRA, M. A. L. Extensão universitária: da teoria à prática. In: MOSTRA ACADÊMICA, 10., 2012. Anais Eletrônicos. UNIMEP, 2012.

RECHT, J.; SCHUENEMANN, V. J.; SÁNCHEZ-VILLAGRA, M. R. Host diversity and origin of zoonoses: The ancient and the new. Animals, v. 10, n. 9, p. 1672, 2020.

SCHULTZ, M.; RUDOLF, V. Emerging infectious diseases, v. 14, n. 9, p. 1480, 2008.

SCLIAR, M. História do conceito de saúde. Physis, Rio de Janeiro, v. 17, n.1, p.29-41, abril de 2007.

SEVERINO, A. J. Metodologia do trabalho científico. São Paulo: Cortez editora, 2017.

SILVA, K. S. M.; CAMPOS, C. F. D.; PONTES, A. N.; SILVA, J. M. D. Como a tecnologia pode colaborar com as ações de Saúde Única. Eduneal, 2022.

SOARES, O. J. D. Análise em Saúde Única de zoonoses nos servidores de Unidades de Conservação do Paraná. 2023. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2023.

SVOBODA, W. K.; SVOBODA, N. K.; DE SOUZA MARQUEZ, E; GUTIÉRREZ-MURILLO, R. S.; RUIZ, J. E. L.; DA SILVA, M. Z. (2020). Saúde única, Terapia Comunitária Integrativa e covid-19: uma imersão fraternal em "um mundo, uma saúde". Temas em Educação e Saúde, 432-445.

TAROCO, H. A.; RIBEIRO, L. V.; REINA, L. D. C. B.; SILVA, M. R.; MELO, M. L. O. F.; SILVA, V. D. M.; BREWER P. One Health: conceito, história e questões relacionadas—revisão e reflexão. Pesquisa em Saúde & Ambiente na Amazônia: perspectivas para sustentabilidade humana e ambiental na região, v. 1, n. 1, p. 219-240, 2021.

TAYLOR, L. H.; LATHAM, S. M.; WOOLHOUSE, M. E. Risk factors for human disease emergence. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences, v. 356, n. 1411, p. 983-989, 2001

VIRCHOW, R.; SCHULTZ, M. PHOTO QUIZ. Emerging Infectious Diseases, v. 14, n. 9-12, p. 1479, 1995.

WAAGE J., BANERJI R., CAMPBELL O., CHIRWA E, COLLENDER G., DIELTIENS V.,

DORWARD A., KINGDON. G, LITTLE A, MILLS A., MULHOLLAND K., MWINGA A., NORTH A., PATCHARANARUMOL W., POULTON C., TANGCHAROENSATHIEN V., UNTERHALTER E. The Millennium Development Goals: a cross-sectoral analysis and principles for goal setting after 2015. Lancet and London International Development Centre Commission. Lancet. 2010; 376(9745):991-1023. doi: 10.1016/S0140-6736(10)61196-8.

WHO, 2021. Sustainable Development Goals, 3. How does health feature in the 2030 Agenda? WHO, Regional Office for Europe. Acesso em: 10 de outubro de 2023.

#### Informação sobre os autores

#### Gisele Arêas Coelho Reis

Cirurgiã dentista (UNIFAA), Especialização em Saúde Pública (FAP), Especialização em Ortodontia Fixa e Ortopedia Funcional dos Maxilares (ABOM- RJ) e discente no Mestrado Profissional em Ciências Ambientais da Universidade de Vassouras (RJ);

#### Maria Luiza de Souza Azevedo

Cirurgiã dentista (UNIFAA), Especialização em Saúde Pública (FAP), Especialização em Odontopediatria (UNIFAA) e discente no Mestrado Profissional em Ciências Ambientais da Universidade de Vassouras (RJ);

#### Patricia Areias Coelho Reis Pereira

Nutricionista (UFF), Especialização em Saúde Pública (FAP), Especialização em Terapia Nutricional Enteral e Parenteral (SBNPE) e discente no Mestrado Profissional em Ciências Ambientais da Universidade de Vassouras (RJ);

#### Paloma Martins Mendonça

Bióloga (USU), Especialista em Entomologia Médica (IOC/FIOCRUZ), Mestre em Biologia Parasitária (IOC/FIOCRUZ), Doutora em Ciências Veterinárias - Parasitologia Veterinária (UFRRJ), Pós-Doutora em Fitoprodutos (Universidade de Oriente – Cuba), Pós-Doutora em Biodiversidade e Saúde (Instituto Oswaldo Cruz – IOC/FIOCRUZ), Professora do Programa de Mestrado Profissional em Ciências Ambientais (Universidade de Vassouras, RJ – UNIVASSOURAS) e Bolsista Jovem Cientista do Nosso Estado (JCNE/FAPERJ);

# Margareth Maria de Carvalho Queiroz

Bióloga (UFRRJ), Especialista em Parasitologia Médica-Veterinária – UFRRJ, Especialista

WUNIVASSOURAS Tecnologia e Biodiversidade - Mestrado Profissional em Ciências Ambientais

em Ciências Básicas da Saúde – Universidade Severino Sombra /FUSVE, Vassouras - RJ, Mestre e Doutora em Ciências Veterinárias - Parasitologia Veterinária (UFRRJ), Pós-Doutora em Ciências Forenses - Entomologia Forense (UNB), Professora do Programa de Mestrado Profissional em Ciências Ambientais - PMPCA – Universidade de Vassouras, RJ - UNIVASSOURAS, Pesquisadora Titular em Saúde Pública e Pesquisadora chefe do LSOEMF do Instituto Oswaldo Cruz – IOC/FIOCRUZ, Bolsista Cientista do Nosso Estado – CNE/FAPERJ e Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq – Nível 1C.





# Educação Ambiental: Ferramenta Essencial no Projeto de Coleta Seletiva no Município de Piraí, RJ

Renata Costa Albuquerque Cristiane de Souza Siqueira Pereira

#### **RESUMO**

A educação ambiental é um campo de ensino e aprendizado que se concentra na sensibilização e compreensão das questões ambientais, na promoção da sustentabilidade e na busca de soluções para os desafios que nosso planeta enfrenta. Ela desempenha um papel fundamental na preparação das gerações presentes e futuras para lidar com questões ambientais críticas, como o aumento da formação de resíduos sólidos e seu gerenciamento adequado. A coleta seletiva é um sistema de recolhimento de resíduos sólidos que visa separar e recolher materiais recicláveis dos demais resíduos, permitindo o seu posterior reaproveitamento e reciclagem. No município de Piraí, tal medida foi adotada através do projeto "Piraí Recicla", fazendo o recolhimento destes materiais de porta a porta e de forma voluntária por parte da população. Esse sistema desempenha um papel crucial na gestão de resíduos e na promoção da sustentabilidade ambiental, uma vez que contribui para a redução do volume de resíduos destinados a aterros sanitários e para a conservação de recursos naturais, se adequando ainda aos Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável. Em vista de melhorar o desempenho do projeto de coleta seletiva do município, foi planejado um material didático a ser utilizado em palestras e treinamentos afim de informar, conscientizar e chamar para a ação os munícipes.

**Palavras-chave:** Desenvolvimento Sustentável . Reciclagem . Gerenciamento de Resíduos Sólidos . Sustentabilidade. Material lúdico.





# INTRODUÇÃO



O gerenciamento de resíduos sólidos nos municípios vem sendo cada vez mais debatido e cobrado por órgãos ambientais fiscalizatórios, somados as obrigatoriedades instituídas pela Política Nacional de Resíduos Sólidos, mostrando a necessidade da intervenção da administração pública para adequação as legislações vigentes.

Um dos principais instrumentos para intensificar a reciclagem e reduzir a disposição inadequada de resíduos em aterros é a coleta seletiva. Neste panorama, o município de Piraí-RJ, através de sua secretaria de meio ambiente e prefeitura municipal iniciaram o projeto Piraí Recicla.

Com a finalidade de ampliar as ações deste projeto, iniciou-se ações de educação ambiental no município, através do desenvolvimento de um material didático para utilização em palestras e treinamentos, abordando explicações sobre o projeto da prefeitura e bem como a população pode ser ainda mais participativa para com o mesmo. Assim nasceu o material "Coleta Seletiva: Qual é o meu papel?".

O conjunto de slides traz informações para o ouvinte que visam informar, conscientizar e chamar a ação (figura 1). Assim, com dinamismo, a população se tornar mais incluída, aderindo com menor resistência ao Piraí Recicla e fazendo sua destinação de forma mais adequada.

Figura 1. Material de Educação Ambiental voltado para a Coleta Seletiva



Fonte: da autora



Este material foi aplicado em palestras com adolescentes da rede de ensino municipal e com alunos do curso de capacitação de agentes ambientais oferecido pelo programa Ambiente Jovem (figuras 2 e 3). Em ambas as situações se notou que mesmo os alunos sendo, em grande parte, moradores do município de Piraí, infelizmente, muitos não conheciam o projeto e os que tinham conhecimento não sabiam exatamente como funcionava e como poderiam fazer parte efetivamente.

Figura 2. Palestra com alunos da rede municipal



Fonte: da autora

Figura 3. Palestra com alunos do Programa Ambiente Jovem



Imagem: da autora



Durante as palestras, o conjunto de slides vai contando a história do Piraí Recicla no município e como o mesmo funciona até o momento. Em seguida se inicia uma sequência educacional, buscando explicar o que é coleta seletiva, seu funcionamento e os materiais que são recolhidos pelo projeto, sua forma correta de destinação e como são tratados os materiais recebidos na coleta (figura 4).

Figura 4. Slide de apresentação do projeto



Fonte: da autora

Para se tornar algo mais estimulante, os ouvintes são convidados a fazerem questionamentos durante a apresentação e a participar ativamente das dinâmicas propostas no material, como é o caso do "Que lixo é esse?", onde ao final da palestra, após terem as informações necessárias, os participantes devem destinar adequadamente os resíduos apresentados nas imagens dos slides (figuras 5 e 6).

Figura 5. Slide de interação e questionamento ao público-alvo

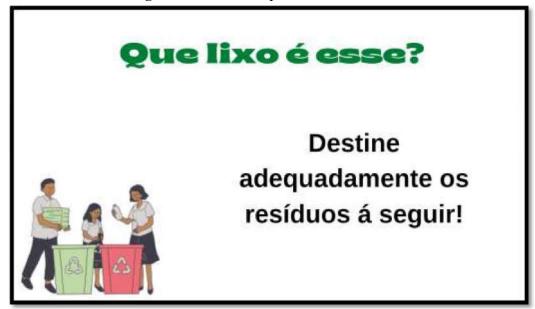


Imagem: da autora





Figura 6. Dinâmica apresentada no material



Fonte: da autora

Outra atividade prática é a montagem de lixeiras de separação caseiras, utilizando material reciclado, os jovens foram divididos em grupos e cada grupo recebeu uma ficha com um tipo de resíduo (figura 7). De posse de seu resíduo, o grupo teve que desenvolver suas lixeiras correspondentes e nelas identificar o tipo de material a ser destinado nelas.

Figura 7. Atividade de montagem de lixeiras de Coleta Seletiva



Fonte: da autora



ndo-os de forma

Tais práticas visam reforçar os ensinamentos teóricos adquiridos, consolidando-os de forma lúdica.

Segundo Sato (2003) a Educação Ambiental faz parte de um sistema educativo muito complexo e, por isto, é necessário que haja diferentes formas de incluir a temática ambiental nos currículos escolares, introduzindo mais criatividade e abandonando os modelos tradicionais, o que também se aplica a atividades relacionadas com a EA fora do âmbito escolar, despertando maior curiosidade e participação dos envolvidos.

A EA deve ser um instrumento de sensibilização e capacitação do ser humano em relação à temática ambiental e, o uso do lúdico através de diversas atividades auxilia no desenvolvimento de atitudes ambientalmente responsáveis desde a mais tenra idade, com o objetivo de apoiar a formação de uma consciência ambiental crítica que leve a mudanças de comportamentos e atitudes (GUERRA, GUSMÃO e SIBRÃO, 2004).

De acordo com Reigota (1994), é extremamente importante introduzir mais criatividade nas novas metodologias, abandonando os modelos tradicionais e buscando novas alternativas. Os recursos didáticos mais artísticos e criativos são mais adequados à perspectiva inovadora que a EA propõe atualmente.

Sendo assim é possível afirmar que a Educação Ambiental realizada de forma lúdica é uma abordagem positiva, ao promover a conscientização e o aprendizado sobre questões ambientais através de atividades e jogos que envolvem o público-alvo de maneira mais ativa e prazerosa, tornando o processo de aprendizado mais memorável e significativo.

Além disso, tal abordagem, estimula o pensamento crítico e a busca por soluções criativas para os desafios ambientais, preparando as novas gerações para a sustentabilidade. Portanto, a Educação Ambiental lúdica é uma ferramenta valiosa na construção de uma sociedade mais consciente e comprometida com a preservação do meio ambiente.

O resultado da adoção dessa prática no material didático desenvolvido foi observar que após as palestras, houve uma maior compreensão da importância de um projeto que busca "cuidar" dos resíduos gerados no município, mas que para que o mesmo funcione com eficiência, a participação popular se faz necessária e é de suma importância que o faça de maneira consciente e de forma mais correta possível estimulando essa iniciativa tão importante para organização e desenvolvimento sustentável da cidade.



# REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:



EVANGELISTA, LM. Simpósio de Educação Ambiental e Transdisciplinaridade. UFG/ IESA/ NUPEAT – **Atividades lúdicas no desenvolvimento da educação ambiental**. Goiânia, maio de 2011.

GUERRA, R. A. T., GUSMÃO, C. R. de C. & SIBRÃO, E. R. Teatro de Fantoches: uma estratégia em educação ambiental. 2004.

PNUD. Programa Das Nações Unidas Para O Desenvolvimento. Plataforma Agenda 2030. **Acelerando as transformações para a Agenda 2030 no 32 Brasil.** Disponível em: <a href="http://www.agenda2030.com.br/">http://www.agenda2030.com.br/</a>. Acesso em: 22 de outubro de 2023.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PIRAÍ. Política Municipal de Meio Ambiente. Lei Complementar nº 36, de 17 de dezembro de 2013. Poder Executivo. Piraí, RJ. Ano 2013.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PIRAÍ. Meio Ambiente, Obras e Serviços Públicos. Piraí Recicla.

REIGOTA, M. O que é Educação Ambiental. São Paulo: Brasiliense, 1994. 63 p.

RUSCHEINSKY, A. & COSTA, A. L. A Educação Ambiental a partir de Paulo Freire. In: RUSCHEINSKY, A. (Org.). Educação Ambiental: Abordagens Múltiplas. Porto Alegre: Artmed, 2002. p. 73-90

SAITO, C. H. Política Nacional de Educação Ambiental e Construção da cidadania: desafios contemporâneos. In: In: RUSCHEINSKY, A. (Org.). Educação Ambiental: Abordagens Múltiplas. Porto Alegre: Artmed, 2002. p. 47-60.

### Informações sobre os autores:

### Renata Costa Albuquerque

Bióloga – Especialista em Biologia Vegetal pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Pós-graduada em Engenharia Ambiental e Saneamento Básico pela Universidade Estácio de Sá. Mestranda do curso de Ciências Ambientais da Universidade de Vassouras.

### Cristiane de Souza Siqueira Pereira

Professora Adjunta e Coordenadora do curso de Engenharia Química e do Mestrado Profissional em Ciências Ambientais da Universidade de Vassouras. Possui Doutorado em Tecnologia em Processos Químicos e Bioquímicos pela Escola de Química da UFRJ, Mestrado em Engenharia Química pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro e graduação em Química Industrial pela Universidade de Vassouras.





# O potencial biotecnológico de Brevibacillus laterosporus

Lorrane de Andrade Pereira Viviane Zahner

### **RESUMO**

Brevibacillus laterosporus é uma bactéria Gram-positiva, aeróbica, esporulada, com corpos para esporais típicos em forma de canoa aderidos aos esporos que tem apresentado nos últimos anos um grande potencial biotecnológico como: biorremediação e biodegradação de poluentes e contaminantes, ação probiótica em aves e mamíferos, produção de antibióticos, atividade patogênica contra diferentes invertebrados, e proteção e promoção de crescimento vegetal. Suagrande bioatividade está associada a uma variedade de moléculas cepa-específica ea fatores putativos de virulência. Com o avanço das técnicas moleculares aplicadas aos estudos genômicos, proteômicos e metabólicos, espera-se que novos produtos abase desta bactéria *ecological-friend* sejam empregadas no mercado.

Palavras-chaves: Potencial biotecnológico, controle biológico, probióticos, *Brevibacillus laterosporus*.



# INTRODUÇÃO



No início do século 20 quando o pesquisador White realizava estudos sobre as comunidades bacterianas de abelhas afetadas pela doença bacteriana conhecida como Loque Europeia ou Cria Pútrida Europeia (CPE) (WHITE, 1912), este encontroubacilos e os nomeou como *Bacillus orpheus* (WHITE, 1912). Alguns anos depois, Laubach isolou a mesma bactéria, a partir de água doce, e a descreveu como: células vegetativas em forma de bastonete com pontas arredondadas, que são encontradasem culturas jovens, e em seguida assumem uma forma de fuso com o surgimento do esporo e de um corpo parasporal ligado a lateral do esporo (Figura 1), nomeando-a assim *Bacillus laterosporus* (LAUBACH, 1916).

O corpo parasporal em forma de canoa é formado antes mesmo da conclusãoda esporulação, e persiste ligado ao esporo após a formação completa do mesmo, sendo considerado parte do esporo (Figura 1) (HANNAY, 1957; PEREIRA *et al.*, 2021).

Com os avanços das técnicas moleculares aplicadas à identificação e a caracterização de bactérias, a heterogeneidade filogenética do gênero *Bacillus* foi estudada através da análise comparativa de sequências de RNA ribossomal (ASH *etal.*, 1991) e revelou cinco agrupamentos filogeneticamente distintos, onde *B. laterosporus* foi agrupado juntamente com *B. brevis* no grupo 4 (ASH *et al.*, 1991).

Em 1996, Shida *et al.* começaram a utilizar o gene 16S rRNA nos estudos taxonômicos para analisar a diversidade de bactérias e arqueias. A partir destes estudos, o grupo propôs a inserção de um novo gênero: *Brevibacillus* ao epíteto específico *laterosporus* (SHIDA *et al.*, 1996). De acordo com a *List of Prokaryotic names with Standing in Nomenclature* (LPSN), são descritas 33 espécies dentro destegênero *Brevibacillus* (figura 1) (PARTE *et al.*, 2023).





laterosporus

Fonte: Autoras (2023) – Plataforma de Microscopia Eletrônica Rudolf Barth (IOC/FIOCRUZ)





Brevibacillus laterosporus é considerada uma espécie ubíqua, pois já foi isolada a partir de água doce (ODAH et al., 2020) e salgada (SUSLOVA et al., 2012),nascente de águas quentes (SAIKIA et al., 2011), de lahar (RAYMUNDO; CAPISTRANO; AQUINO, 2021), do corpo de insetos (GHAZANCHYAN et al., 2018; WHITE, 1912), do solo (NIVETHA; JAYACHANDRAN, 2017; OLIVEIRA et al., 2004), de uma variedade de alimentos (FANGIO; ROURA; FRITZ, 2010; ODAH et al., 2020; POSTOLLEC et al., 2012; VARADARAJ et al., 1993), entre outros (RUIU, 2013).

Desta forma, o potencial biotecnológico dessa espécie tem sido investigado com detalhes nos últimos anos. Dentre as diversas aplicações de B. laterosporus destacam-se a capacidade de biorremediação e biodegradação de poluentes e contaminantes, a ação probiótica em aves e mamíferos, a produção de antibióticos, aatividade patogênica contra diferentes invertebrados e a proteção e promoção de crescimento vegetal.

Em relação a cronologia histórica de *B. laterosporus* aplicado ao controle biológico (Figura 2), Favret e Yousten demonstraram a atividade patogênica de diferentes estirpes desta espécie contra larvas de Culex quinquefasciatus (Diptera: Culicidae), Aedes aegypti (Diptera: Culicidae) e Simulium vittatum (Diptera: Simuliidae) (FAVRET; YOUSTEN, 1985). Alguns anos depois, Singer descreveu a atividade patogênica de B. laterosporus sobre nematóides, moluscos e dípteros (SINGER, 1996).

Em 1999, Zahner et al. também demostram a atividade patogênica de diferentes estirpes de B. laterosporus e realizaram estudos em busca de marcadoresmoleculares que identificassem estirpes com atividade patogênica contra insetos (ZAHNER et al., 1999). Mais tarde, a atividade patogênica de B. laterosporus tambémfoi avaliada em outras espécies de coleópteros, lepidópteros e moluscos, assim comoa variabilidade genética dessas estirpes patogênicas foi analisada através de diferentes marcadores moleculares (OLIVEIRA et al., 2004) (Figura 2).

Favret e Singer Zahner et al. Oliveira et al. Yousten (1996)(1999)(2004)(1985)erreira et al. ssanha et al. Ruiu et al. Ruiu et al. (2016)(2015)(2012)(2006)Pereira et al. Carramaschi (2018, 2021, 2023) et al. (2017)

Figura 2. Fluxograma cronológico dos estudos de controle biológico com

Brevibacillus laterosporus



Fonte: Autoras (2023)

Brevibacillus laterosporus apresenta amplo espectro patogênico contra diferentes ordense de insetos, nematóides, moluscos (BEDINI et al., 2020; HAMZE; RUIU, 2022; OLIVEIRA et al., 2004; RUIU, 2013) e algas (RUIU, 2013; ZHANG et al., 2021a). A vasta bioatividade desta espécie está associada a uma variedade de moléculas que são consideradas cepa-específica (MARCHE et al., 2017; RUIU, 2013) (Tabela 1). A caracterização molecular de estirpes patogênicas de *B. laterosporus* revelou a produção de alguns fatores tóxicos como enzimas, proteínas, policetídeos e variedade de peptídeos (DJUKIC *et al.*, 2011; MARCHE *et al.*, 2017; PEREIRA *et al.*, 2018).

Os estudos de patogenicidade desta espécie, especialmente contra dípteros, têm demonstrado que os esporos e o corpo parasporal em forma de canoa são os principais responsáveis pela atividade tóxica (BEDINI *et al.*, 2021; MARCHE *et al.*, 2017; PEREIRA *et al.*, 2021). Uma diversidade de fatores putativos de virulência comopeptídeos, toxinas antifungicas e mosquitocidas foram identificadas em uma estirpe entomopatogênica (DJUKIC *et al.*, 2011). Marche *et al.* (2017) e Pereira *et al.* (2018)analisaram os genes que codificam para as proteínas de superfície de esporo (*exs*C, *CHRD* e *cpb*A) e os associaram a fatores suplementares de virulência em moscas.

Em 2020, Glare *et al.* analisaram a distribuição dos genes de toxinas nos genomas de *B. laterosporus* e comprovaram que muitos genes putativos para as toxinas como: quitinases, CpbA, CHRD, homólogos de Vip, citolisinas entre outras, estavam presentes (GLARE *et al.*, 2020; MARCHE *et al.*, 2017; RUIU, 2013).

A partir de estudos genômicos e proteômicos, diferentes peptídeos e lipopeptídeos produzidos por *B. laterosporus* têm sido empregados na produção de antibióticos, como por exemplo: os inibidores da trombina (bacitracinas) (BENÍTEZ- CHAO *et al.*, 2021; KAMIYAMA *et al.*, 1994), os antibióticos antitumorais: spergualina (UMEZAWA; TAKEUCHI, 1987) e brevilaterina (CHEN *et al.*, 2021, 2022; LIU *et al.*, 2020), cefalosporina (ARAMORI *et al.*, 1991) e peptídeos antimicrobianos catiônicos:laterocidina e brevicidina, com atividade contra bactérias Gram-negativas, incluindo *Pseudomonas aeruginosa* de difícil tratamento e *Escherichia coli* resistente a colistina (tabela 1) (HERMANT *et al.*, 2021). As bacteriocinas vem sendo descritas como "os antibióticos do futuro" devido a sua melhoria na segurança e qualidade alimentar, sua baixa toxicidade e a disponibilidade de peptídeos com amplo (diferentes microrganismos patogênicos, incluindo os multirresistentes) e estreito (patógenos-alvo, sem afetar a microbiota anfibiôntica ou espécies correlatas) espectro de ação (COTTER; HILL; ROSS, 2005; COTTER; ROSS; HILL, 2013; NEGASH; TSEHAI, 2020; NISA *et al.*, 2023).

Os peptídeos antimicrobianos (AMPs) - *Antimicrobial peptides*, têm sido encontrados em diferentes estirpes de *B. laterosporus* (DJUKIC *et al.*, 2011; HAN *et al.*, 2023) e sua relevância deve-se ao menor risco de gerar resistência bacteriana (ROQUE-BORDA *et al.*, 2022). Ao lado *de B. brevis, Bacillus subtilis e Paenibacillus polymyxa, B. laterosporus* produz, em número e em variedade, peptídeos catiônicos não ribossômicos (CNRPs) - *cationic nonribosomal peptides* (HAN *et al.*, 2023).



Tabela 1. Atividade patogênica de Brevibacillus laterosporus

Organismo alvo	Fatores de virulência	Referências
Nematóides	Protease alcalina BLG4 e/ou outros fatores tóxicos	Tian <i>et al.</i> (2009) Hamze e Ruiu, (2022)
Moluscos	Gramicidina S e D e/ou outros fatores tóxicos	Singer et al. (1997) Oliveira et al. (2004)
Inseto: mosquitos	Proteínas de superfície de esporos e do corpo parasporal e/ou outros fatores tóxicos	Ruiu et al. (2006) Bedini et al. (2021)
Inseto: coleópteros	Toxinas complementares ISPs, MIS e RAR e/ou outros fatores tóxicos	Schnepf et al. (1998) Oliveira et al. (2004)
Inseto: lepidópteros	Quitinase ChiA1 e/ou outros fatores tóxicos	Prasanna et al. (2013) Marche et al. (2018) Oliveira et al. (2004)
Inseto: moscas	Proteínas de superfície de esporos e do corpo parasporal e/ou outros fatores tóxicos	Marche et al. (2017) Carramaschi et al. (2015, 2017) Pereira et al. (2021, 2018, 2023) Pessanha et al. (2015) Ferreira et al. (2016)
Algas	Proteases secretadas e/ou outros fatores tóxicos	Zhang et al. (2021a) Zhang et al. (2021b)

Devido ao aumento das infecções por bactérias patogênicas transmitidas por alimentos, a busca por novos compostos antimicrobianos que possam ser usados na indústria de alimentos de forma segura e eficaz tem crescido. Assim, *B. laterosporus* tem demonstrado atividade antimicrobiana contra bactérias Gram-positivas, Gram- negativas e fungos, onde os principais componentes antimicrobianos identificados são lipopeptídeos (YANG *et al.*, 2016). Esses lipopeptídeos (brevibacilinas) apresentaram atividade antimicrobiana contra a maioria das bactérias patogênicas deorigem alimentar, eliminando de maneira eficaz *Staphylococcus aureus* e *Listeria monocytogenes* presentes em leite desnatado (WU *et al.*, 2019), o que mostra que *B.laterosporus* e seus componentes antimicrobianos podem ser úteis à indústria alimentícia (HAN *et al.*, 2023; WU *et al.*, 2019).

Ainda, *Brevibacillus laterosporus* têm demonstrado potencial na remoção e nabiodegradação de poluentes e contaminantes (RUIU, 2013), com capacidade de promover a desintoxicação de metais em sistemas de águas residuais (CHAN *et al.*, 2022; HOLAIL; AL-BAHADLY; OLAMA, 2011; MOHAPATRA *et al.*, 2017), de degradar álcool, acetato (LIM; PARK,



2001) e fenol (REDA; ASHRAF, 2010), taninosvegetais (JEYASEELAN; SIVASHANMUGAM; JAYARAMAN, 2008), e de realizar a biossorção de metais tóxicos (MOHAPATRA *et al.*, 2017; THATOI; DAS; MOHAPATRA, 2022; ZOUBOULIS; LOUKIDOU; MATIS, 2004). *B. Laterosporus* produz diversas enzimas, como lignina peroxidase, lacase, desmetilase, NADH-DCIP redutase, entre outras, capazes de descolorar diferentes corantes, evidenciando assim o potencial desta bactéria na indústria têxtil (FARHAN, 2022; GOMARE; GOVINDWAR, 2009).

Uma determinada estirpe de *B. laterosporus* foi capaz de biodegradar 100% dodiclofenaco (DCF), onde a biodegradação deste composto levou a formação de outros metabólitos após a hidroxilação, que pode levar a transformação desses metabólitosem outro subproduto, diminuindo potencialmente o efeito tóxico do mesmo (GRANDCLÉMENT *et al.*, 2020).

O potencial biotecnológico de *B. laterosporus* ainda se estende aos probióticospara aves e mamíferos (HONG; DUC; CUTTING, 2005; PURBA *et al.*, 2020). Liu *et al.* (2023) descreveram ainda, *B. laterosporus* como um novo suplemento alimentar, eficaz na melhoria da qualidade nutricional e das características de sabor dos frangos. Além disso, a espécie mostrou que pode proteger os frangos de infecções causadaspor *Salmonella* (PURBA *et al.*, 2020).

Brevibacillus laterosporus encontra-se entre as espécies bacterianas endofíticas isoladas de plantas de importância na agronomia (AFZAL *et al.*, 2019). Aespécie apresenta potencial de promoção de crescimento vegetal, com capacidade de fixação de nitrogênio (BATTISTI; VENDRUSCOLO, 2023). B. laterosporus tambémtem demonstrado potencial para o tratamento de culturas, com capacidade de induzirresposta de defesa contra insetos e vírus em plantações de trigo e de tomate, por meio de um elicitor (proteína PeBL1) o que ativa os processos defensivos das vias JA(ácido jasmônico), SA (ácido salicílico) e ET (etileno) (JAVED; JAVED; QIU, 2022; JAVED; QIU, 2020). Os elicitores incluem polímeros de carboidratos, peptídeos, proteínas, glicoproteínas, lipídeos, glicolipídeos, ácidos graxos-aminoácidos, entre outras moléculas e substâncias inorgânicas (CAICEDO-LÓPEZ *et al.*, 2021; MATTOSJR, 2010).

Uma proteína isolada de *B. laterosporus* foi capaz de inibir a infecção pelo vírusdo mosaico do tabaco (TMV) através da inativação, e de efeitos curativos e protetoresantivirais (LI *et al.*, 2021). Algumas estirpes demonstraram seu potencial comorizobactéria para produzir citocininas e auxinas em mudas de inhame e rizosfera de milho, promovendo crescimento das culturas (SÁNCHEZ-LÓPEZ *et al.*, 2022; ŚWIĄTCZAK *et al.*, 2023). As rizobactérias promotoras do crescimento vegetal (PGPR do inglês - *Plant growth-promoting rhizobacteria*) promovem o crescimento das plantas, e podem aumentar o rendimento das culturas e melhorar o solo (MASCIARELLI; LLANES; LUNA, 2014; WANG *et al.*, 2022).

O potencial biotecnológico desta espécie vem crescendo à medida em que suas diferentes estirpes são investigadas. Com o avanço das técnicas moleculares aplicadas aos estudos genômicos,



WUNIVASSOURAS | Tecnologia e Biodiversidade - Mestrado Profissional em Ciências Ambientais

proteômicos e metabólicos, as descobertas têm sido fomentadas e expandidas. Desta forma, espera-se que a partir desta espécie, novas aplicações biológicas sejam empregadas no mercado: antibióticos, probióticos,

desintoxicadores e promotores de crescimento vegetal. Em relação aos biopesticidasesperase que produtos ecologicamente corretos, que não induzam resistência nos insetos e não sejam tóxicos para o meio ambiente e para os seres vivos não-alvo sejam produzidos a partir de *B. laterosporus*.



190



### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFZAL, I. *et al.* Plant beneficial endophytic bacteria: Mechanisms, diversity, host rangeand genetic determinants. **Microbiological Research**, v. 221, p. 36–49, 2019.

ARAMORI, I. et al. Isolation of soil strains producing new cephalosporin acylases.

Journal of Fermentation and Bioengineering, v. 72, n. 4, p. 227–231, 1991.

ASH, C. *et al.* Phylogenetic heterogeneity of the genus *Bacillus* revealed by comparative analysis of small-subunit-ribosomal RNA sequences. **Letters in Applied Microbiology** v. 13, n. 4, p. 202–206, 1991.

BATTISTI, R.; VENDRUSCOLO, E. C. G. Isolamento e caracterização de bactérias com potencial de promoção de crescimento vegetal a partir de cama de aviário. São Paulo: Editora Dialética, 2023.

BEDINI, S. *et al.* Insecticidal potential of *Brevibacillus laterosporus* against dipteran pest species in a wide ecological range. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 177,p. 107493, 2020.

BEDINI, S. *et al.* Lethal and sub-lethal activity of *Brevibacillus laterosporus* on the mosquito *Aedes albopictus* and side effects on non-target water-dwelling invertebrates. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 184, p. 107645, 2021.

BENÍTEZ-CHAO, D. F. *et al.* Bacteriocins: An Overview of Antimicrobial, Toxicity, and Biosafety Assessment by in vivo Models. **Frontiers in Microbiology**, v. 12, 2021.

CAICEDO-LÓPEZ, L. H. *et al.* Elicitores: implicaciones bioéticas para la agricultura y la salud humana. **Revista Bioética**, v. 29, n. 1, p. 76–86, 2021.

CARRAMASCHI, I. N. *et al.* Preliminary screening of the larvicidal effect of *Brevibacillus laterosporus* strains against the blowfly *Chrysomya megacephala* (Fabricius, 1794) (Diptera: Calliphoridae). **Revista Da Sociedade Brasileira De Medicina Tropical**, v. 48, n. 4, p. 427–431, 2015.

CARRAMASCHI, I. N. *et al.* Laboratory evaluation of *Brevibacillus laterosporus* strainsas biocidal agents against *Chrysomya megacephala* (Fabricius, 1794) (Diptera: Calliphoridae) larvae. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 146, p. 69–72, 2017.

CHAN, S. S. *et al.* Recent advances biodegradation and biosorption of organic compounds from wastewater: Microalgae-bacteria consortium - A review. **Bioresource Technology**, v. 344, p. 126159, 2022.

CHEN, Z. et al. Brevilaterin B from Brevibacillus laterosporus has selective antitumor activity and induces apoptosis in epidermal cancer. [s.l.] In Review, 2021. Disponível em: <a href="https://www.researchsquare.com/article/rs-955399/v1">https://www.researchsquare.com/article/rs-955399/v1</a>>. Acesso em: 29 jun. 2022.

CHEN, Z. et al. Broad-spectrum cytotoxicity to cancer cells of Brevilaterin C from *Brevibacillus* laterosporus and its specific mechanism on human epidermal cancer cells. **Journal of Cellular Biochemistry**, v. n/a, n. n/a, p. 1–10, 2022.

COTTER, P. D.; HILL, C.; ROSS, R. P. Bacteriocins: developing innate immunity for food. **Nature Reviews Microbiology**, v. 3, n. 10, p. 777–788, 2005.



COTTER, P. D.; ROSS, R. P.; HILL, C. Bacteriocins — a viable alternative to antibiotics? **Nature Reviews Microbiology**, v. 11, n. 2, p. 95–105, 2013.

DJUKIC, M. *et al.* Genome Sequence of *Brevibacillus laterosporus* LMG 15441, a Pathogen of Invertebrates. **Journal of Bacteriology**, v. 193, n. 19, p. 5535–5536, 2011.

FANGIO, M. F.; ROURA, S. I.; FRITZ, R. Isolation and Identification of *Bacillus* spp. and Related Genera from Different Starchy Foods. **Journal of Food Science**, v. 75, n. 4, p. M218–M221, 2010. FARHAN, M. Microbial Degradation of Industrially Important Textile Dyes: Microbial Degradation of Industrially Important Textile Dyes. **Pakistan BioMedical Journal**, p.09–13, 2022.

FAVRET, M. E.; YOUSTEN, A. A. Insecticidal activity of *Bacillus laterosporus*. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 45, n. 2, p. 195–203, 1985.

FERREIRA, V. S. B. *et al.* Larvicidal activity and effects on post embrionary development of laboratory reared *Musca domestica* (Linnaeus, 1758) (Diptera: Muscidae), treated with *Brevibacillus laterosporus* (Laubach) spore suspensions. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 137, p. 54–57, 2016.

GHAZANCHYAN, N. L. et al. Brevibacillus laterosporus as perspective source of new bioinsecticides. Annals of Agrarian Science, v. 16, n. 4, p. 413–415, 2018.

GLARE, T. R. et al. Phylogenetic determinants of toxin gene distribution in genomes of *Brevibacillus laterosporus*. **Genomics**, v. 112, n. 1, p. 1042–1053, 2020.

GOMARE, S. S.; GOVINDWAR, S. P. *Brevibacillus laterosporus* MTCC 2298: a potential azo dye degrader. **Journal of Applied Microbiology**, v. 106, n. 3, p. 993–1004, 2009.

GRANDCLÉMENT, C. et al. Biological Removal and Fate Assessment of Diclofenac Using *Bacillus subtilis* and *Brevibacillus laterosporus* Strains and Ecotoxicological Effects of Diclofenac and 4-Hydroxy-diclofenac. **Journal of Chemistry**, v. 2020, p. e9789420, 2020.

HAMZE, R.; RUIU, L. *Brevibacillus laterosporus* as a Natural Biological Control Agentof Soil-Dwelling Nematodes. **Agronomy**, v. 12, n. 11, p. 2686, 2022.

HAN, P. et al. Global gene-mining strategy for searching nonribosomal peptides as antimicrobial agents from microbial sources. **LWT**, v. 180, p. 114708, 2023.

HANNAY, C. L. THE PARASPORAL BODY OF *BACILLUS LATEROSPORUS* LAUBACH. **The Journal of Biophysical and Biochemical Cytology**, v. 3, n. 6, p. 1001–1010, 1957.

HERMANT, Y. *et al.* The Total Chemical Synthesis and Biological Evaluation of the Cationic Antimicrobial Peptides, Laterocidine and Brevicidine. **Journal of Natural Products**, v. 84, n. 8, p. 2165–2174, 2021.

HOLAIL, H.; AL-BAHADLY, A.; OLAMA, Z. **Detoxification of hexavalent chromiumCr (VI)** by *Bacillus laterosporus* and its application in Lebanese waste water. Em:WIT TRANS. ECOL. ENVIRON. 2011.

HONG, H. A.; DUC, L. H.; CUTTING, S. M. The use of bacterial spore formers as probiotics. **FEMS Microbiology Reviews**, v. 29, n. 4, p. 813–835, 2005.



JAVED, K.; JAVED, H.; QIU, D. PeBL1 of *Brevibacillus laterosporus* a new biocontrol tool for wheat aphid management (*Sitobion avenae*) in triticum aestivum. **International Journal of Tropical Insect Science**, v. 42, n. 1, p. 535–544, 2022.

JAVED, K.; QIU, D. Protein Elicitor PeBL1 of *Brevibacillus laterosporus* Enhances Resistance Against *Myzus persicae* in Tomato. **Pathogens**, v. 9, n. 1, p. 57, 2020.

JEYASEELAN, A.; SIVASHANMUGAM, K.; JAYARAMAN, K. Comparative applications of bioreactor and shake flask system for the biodegradation of tannin andbiotreatment of composite tannery effluents. v. 27, p. 371–375, 2008.

KAMIYAMA, T. *et al.* Bacithrocins A, B and C, novel thrombin inhibitors. **The Journal of Antibiotics**, v. 47, n. 9, p. 959–968, 1994.

LAUBACH, A. C. Studies on Aerobic Spore-bearing Non-pathogenic Bacteria. **Journal of Bacteriology**, v. 1, n. 3, p. 273–276, 1916.

LI, Y. et al. BLB8, an antiviral protein from *Brevibacillus laterosporus* strain B8, inhibitsTobacco mosaic virus infection by triggering immune response in tobacco. **Pest Management Science**, v. 77, n. 10, p. 4383–4392, 2021.

LIM, J.-G.; PARK, D.-H. Degradation of Polyvinyl Alcohol by *Brevibacilluslaterosporus*: metabolic Pathway of Polyvinyl Alcohol to Acetate. **Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 11, n. 6, p. 928–933, 2001.

LIU, X. et al. Dietary Effect of *Brevibacillus laterosporus* S62-9 on Chicken Meat Quality, Amino Acid Profile, and Volatile Compounds. **Foods**, v. 12, n. 2, p. 288, 2023.

LIU, Y. *et al.* Antibacterial mechanism of brevilaterin B: an amphiphilic lipopeptide targeting the membrane of Listeria monocytogenes. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 104, n. 24, p. 10531–10539, 2020.

MARCHE, M. G. *et al.* Spore surface proteins of *Brevibacillus laterosporus* are involved in insect pathogenesis. **Scientific Reports**, v. 7, p. 43805, 2017.

MARCHE, M. G. *et al.* Survey of *Brevibacillus laterosporus* insecticidal protein genesand virulence factors. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 155, p. 38–43, 2018.

MASCIARELLI, O.; LLANES, A.; LUNA, V. A new PGPR co-inoculated with *Bradyrhizobium japonicum* enhances soybean nodulation. **Microbiological Research**, v. 169, n. 7, p. 609–615, 2014.

MATTOS JR, D. Uso de "Elicitores" para Defesa em Plantas. Pesquisa para o agronegócio. Anais... Em: VII WORKSHOP GTACC. Centro de Citricultura Sylvio Moreira, São Paulo: 2010. MOHAPATRA, R. K. *et al.* Reduction of Chromium (VI) by Marine Bacterium *Brevibacillus laterosporus* Under Varying Saline and pH Conditions. Environmental Engineering Science, v. 34, n. 9, p. 617–626, 2017.

NEGASH, A. W.; TSEHAI, B. A. Current Applications of Bacteriocin. **International Journal of Microbiology**, v. 2020, p. e4374891, 3 nov. 2020.

NISA, M. et al. Combating food spoilage and pathogenic microbes via bacteriocins: Anatural and





eco-friendly substitute to antibiotics. Food Control, v. 149, p. 109710, 2023.

NIVETHA, L.; JAYACHANDRAN, H. Isolation and Identification of Brevibacillus lactosporum From Soil and Evaluation of their Antibiotic Properties. **International Journal of Advanced Research in Biological Sciences (IJARBS)**, v. 4, n. 6, p. 93–98, 2017.

ODAH, K. A. *et al.* Isolation, Identification, and Characterization of a Novel BacteriocinProduced by *Brevibacillus laterosporus* DS-3 Against Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA). **International Journal of Peptide Research and Therapeutics**, v. 26, n. 2, p. 709–715, 2020.

OLIVEIRA, E. J. *et al.* Molecular Characterization of *Brevibacillus laterosporus* and ItsPotential Use in Biological Control. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 70,n. 11, p. 6657–6664, 2004.

PARTE, A. C. *et al.* List of Prokaryotic names with Standing in Nomenclature (LPSN)moves to the DSMZ. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**, v. 70, n. 11, p. 5607–5612, 2023.

PEREIRA, L. A. et al. Ultrastructural and pathogenicity of *Brevibacillus laterosporus* against sinantropic muscoid dipterans. **Microscopy Research and Technique**, n. 85,p. 149–155, 2021.

PEREIRA, L. A.; QUEIROZ, M. M. C.; ZAHNER, V. *Brevibacillus laterosporus* como agente de controle biológico: estudos de laboratório e semi-campo sobre dípteros muscoides de importância média-veterinária-sanitária. Em: ARAÚJO FILHO, A. A. (Ed.). **Discussões interdisciplinares:** debates e discussões entre ciências exatase naturais. 1. ed. São Paulo: Dialética, 2023. v. 2.

PEREIRA, L. DE A. *et al.* Bioactivity under laboratory conditions of *Brevibacillus laterosporus* towards larvae and adults of *Chrysomya putoria* (Diptera: Calliphoridae).**Journal of Invertebrate Pathology**, v. 158, p. 52–54, 2018.

PESSANHA, R. R. *et al.* Evaluation of larvicidal activity and effects on post embrionary development of laboratory reared *Lucilia cuprina* (Wiedemann, 1830) (Diptera: Calliphoridae), treated with *Brevibacillus laterosporus*. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 128, p. 44–46, 2015.

POSTOLLEC, F. *et al.* Tracking spore-forming bacteria in food: From natural biodiversity to selection by processes. **International Journal of Food Microbiology**,v. 158, n. 1, p. 1–8, 2012.

PRASANNA, L. *et al.* A novel strain of *Brevibacillus laterosporus* produces chitinases that contribute to its biocontrol potential. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 97, n. 4, p. 1601–1611, 2013.

PURBA, M. A. *et al.* A study about Protective Effect of *Brevibacillus laterosporus texasporus* Culture on Broiler Chickens Infected with *Salmonella pullorum*. **International Journal of Science, Technology & Management**, v. 1, n. 2, p. 68–78,2020.

RAYMUNDO, A. K.; CAPISTRANO, B. G.; AQUINO, A. Isolation, characterization and identification of bacteria from lahar. **Philippine Agricultural Scientist**, 2021.

REDA, A. B.; ASHRAF, T. A. H. Optimization of bacterial biodegradation of toluene and phenol under different nutritional and environmental conditions. **Journal ofApplied Sciences Research**,





n. 6, p. 1086–1095, 2010.

ROQUE-BORDA, C. A. *et al.* Pharmaceutical nanotechnology: Antimicrobial peptidesas potential new drugs against WHO list of critical, high, and medium priority bacteria. **European Journal of Medicinal Chemistry**, v. 241, p. 114640, 2022.

RUIU, L. *et al.* Lethal and sublethal effects of *Brevibacillus laterosporus* on the housefly (*Musca domestica*). **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 118, n. 2, p. 137–144, 2006.

RUIU, L. *Brevibacillus laterosporus*, a Pathogen of Invertebrates and a Broad-Spectrum Antimicrobial Species. **Insects**, v. 4, n. 3, p. 476–492, 2013.

SÁNCHEZ-LÓPEZ, D. B. *et al.* Inducción de la producción de minitubérculos mediante inoculación con rizobacterias en plantas de ñame (*Dioscorea rotundata* Poir). **REVISTA TERRA LATINOAMERICANA**, v. 40, 2022.

SCHNEPF, E. *et al. Bacillus thuringiensis* and Its Pesticidal Crystal Proteins. **Microbiol. Mol. Biol. Rev.**, v. 62, n. 3, p. 775–806, 1998.

SHIDA, O. *et al.* Proposal for Two New Genera, *Brevibacillus* gen. nov. and *Aneurinibacillus* gen. nov. **International Journal of Systematic Bacteriology**, v. 46,n. 4, p. 939–946, 1 out. 1996.

SINGER, S. The Utility of Strains of Morphological Group II *Bacillus*. Em: NEIDLEMAN, S. L.; LASKIN, A. I. (Eds.). **Advances in Applied Microbiology**. [s.l.] Academic Press, 1996. v. 42p. 219–261.

SINGER, S. *et al.* Biological control of the zebra mussel *Dreissena polymorpha* and the snail *Biomphalaria glabrata*, using Gramicidin S and D and molluscicidal strains of Bacillus. **Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology**, v. 18, n. 4, p. 226–231, 1997.

SUSLOVA, M. YU. *et al.* Diversity of cultivable bacteria isolated from the water columnand bottom sediments of the Kara Sea shelf. **Microbiology**, v. 81, n. 4, p. 484–491, 2012.

ŚWIĄTCZAK, J. *et al.* Physiological properties and genomic insights into the plant growth-promoting rhizobacterium *Brevibacillus laterosporus* K75 isolated from maize rhizosphere. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 103, n. 3, p. 1432–1441, 2023.

THATOI, H. N.; DAS, S. K.; MOHAPATRA, S. (EDS.). **Bioresource utilization and management: applications in therapeutics, biofuels, agriculture, andenvironmental sciences**. First edition ed. Palm Bay, FL: Apple Acdemic Press, 2022.

TIAN, B. *et al.* Investigation of protease-mediated cuticle-degradation of nematodes by using an improved immunofluorescence-localization method. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 101, n. 2, p. 143–146, 2009.

UMEZAWA, K.; TAKEUCHI, T. Spergualin: a new antitumour antibiotic. **Biomedicine & pharmacotherapy = Biomedecine & pharmacotherapie**, v. 41, n. 5, p. 227–232,1987.

WHITE, G. F. **The cause of European foul brood**. [s.l.] Washington, D.C.: U.S. Dept. of Agriculture, Bureau of Entomology, 1912.

WU, Y. et al. Discovery of a Novel Antimicrobial Lipopeptide, Brevibacillin V, from Brevibacillus laterosporus fmb70 and Its Application on the Preservation of Skim Milk.Journal of Agricultural





and Food Chemistry, v. 67, n. 45, p. 12452–12460, 13 nov.2019.

YANG, X. et al. Isolation and Structural Elucidation of Brevibacillin, an Antimicrobial Lipopeptide from *Brevibacillus laterosporus* That Combats Drug-Resistant Gram- Positive Bacteria. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 82, n. 9, p. 2763–2772, 2016.

ZAHNER, V. et al. Genotypic Diversity among Brevibacillus laterosporus Strains.

Applied and Environmental Microbiology, v. 65, n. 11, p. 5182–5185, 1999.

ZHANG, Y. *et al.* Complete Genome Sequence Analysis of *Brevibacillus laterosporus*Bl-zj Reflects its Potential Algicidal Response. **Current Microbiology**, v. 78, n. 4, p. 1409–1417, 2021a.

ZHANG, Y. et al. Transcriptional Analysis of *Microcystis aeruginosa* Co-Cultured withAlgicidal Bacteria *Brevibacillus laterosporus*. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 16, p. 8615, 2021b.

ZOUBOULIS, A. I.; LOUKIDOU, M. X.; MATIS, K. A. Biosorption of toxic metals from aqueous solutions by bacteria strains isolated from metal-polluted soils. **Process Biochemistry**, v. 39, n. 8, p. 909–916, 2004.

### Informações sobre os autores

### Lorrane Andrade Pereira

Bióloga, formada pela Universidade de Nova Iguaçú, mestre em Ciências pelo Instituto Oswaldo Cruz (IOC/Fiocruz), especialista em Docência do Ensino Superior e Tutoria de Educação a Distância pelo Instituto Pedagógico de Minas Gerais (IPEMIG) e doutora em Biodiversidade e Saúde pelo Instituto Oswaldo Cruz (IOC/Fiocruz).

### Viviane Zahner

Bióloga, formada em Licenciatura em Ciências Físicas e Biológicas pela UFRJ, mestre em Biologia Parasitária pelo Instituto Oswaldo Cruz (IOC/Fiocruz) e doutora em Ciências pelo Programa de Biologia Celular e Molecular (IOC/Fiocruz) e Heriot- Watt University (Edimburgo/Escócia). Pósdoutorado no Laboratório de Fisiologia deInsetos do Serviço Canadense do Atlântico de Florestas (New Brunswick/ Canadá). Pesquisadora Titular do Instituto Oswaldo Cruz (IOC/Fiocruz) e membro do corpo docente permanente do Curso de Pós-Graduação em Biodiversidade e Saúde do Instituto Oswaldo Cruz (IOC/Fiocruz)





# Estado de Direito Ambiental Contemporâneo e o Estudo das Crises

Anna Luiza Pinage Barbosa

### **RESUMO**

Na contemporaneidade, os Estados estão sofrendo os efeitos de diversas crises que apresentam como plano de fundo os aspectos ambientais. Nesse sentido, o objetivo geral da pesquisa verifica-se em estudar desde o Estado de Direito Ambiental, perpassando pelos fundamentos, história, teorias, objetivos e críticas, até certa investigação do estado de risco e o direito à proteção, bem como as emergências socioambientais da sociedade de risco. Por meio de pesquisa bibliográfica (doutrinas, legislações, artigos e sítios eletrônicos), documental e explicativa pretende-se realizar reflexões acerca da efetividade do estado de direito ambiental, sobre a mitigação de riscos e perspectivas futuras no país marcado pelas crises ambientais, sanitárias e humanitárias.

**Palavras-chave:** Meio Ambiente. Estado de Direito. Estado de Direito Ambiental. Crises. Sociedade de Risco.



197

# INTRODUÇÃO



De acordo com o relatório das Nações Unidas Situação e Perspectivas Mundiais de 2023 (WESP – em inglês), o crescimento global apresenta a perspectiva de desacelerar de 3% do ano anterior para 1,9% do presente ano. O referido relatório foi emitido pelo Departamento de Assuntos Econômicos e Sociais da Organização das Nações Unidas (ONU) e infere que esse desacelerar econômico é resultado de crises múltiplas como: a pandemia da COVID-19, a guerra na Ucrânia e as consequentes crises de energia e de alimentos, o aumento da inflação, a restrição da dívida e a emergência climática. (ONU, 2023).

Diante disso, faz-se mister a realização do estudo das crises em face do Estado de Direito. O século XXI está sendo marcado por múltiplas crises que, conforme será demonstrado no presente trabalho, possuem relação direta com o desequilíbrio do Estado de Direito Ambiental (EDA). Apesar de a crise ser global, a presente pesquisa possui recorte no Brasil por ser o país de produção dos estudos e ter maior viabilidade de coleta das informações necessárias. Desse modo, o objetivo geral da pesquisa consiste em estudar o Estado de Direito Ambiental na contemporaneidade e analisar as crises relacionadas.

Como objetivos específicos, pretende-se compreender o Estado de Direito Ambiental desde o contexto histórico, relevância do tema, estado da arte e estudar os conceitos básicos perpassando pelos fundamentos, teorias, objetivos e críticas, até certa investigação do estado de risco e o direito à proteção, bem como as emergências socioambientais da sociedade de risco.

Seguindo essa lógica, de modo mais aprofundado, pretende-se realizar reflexões acerca da efetividade do estado de direito ambiental, sobre a mitigação de riscos e perspectivas futuras no país marcado pelas crises ambientais, sanitárias e humanitárias. Nesse contexto, o presente trabalho terá como metodologia uma revisão bibliográfica qualitativa, no âmbito do Estado de Direito, as principais fontes são Brian Z. Tamanaha (2009), Hermann Heller (1968), Noberto Bobbio (2004) e críticas à Clinton Lawrence Rossiter (1948).

Quanto ao Estado de Direito Ambiental, as referências bases são Édis Milaré (2004), José Joaquim Gomes Canotilho (2004), José Rubens Morato Leite (2005, 2010 e 2012) e Tiago Fensterseifer (2008). Além disso, em relação à sociedade de risco e ao estudo das crises no Brasil, os principais autores de estudo foram: Edihermes Marques Coelho e Ruan Ruan Espíndola Ferreira (2011), Ulrich Beck (1998 e 2002), José Rubens Morato Leite e Patryck de Araújo Ayala (2004) e Raffaele De Giorgi (1998).

Nesse sentido, ressalta-se que grande parte dos autores foi estudada durante a disciplina "Teoria do Estado de Direito Contemporâneo", lecionada pelo professor Dr. Marco Aurélio Lagreca Casamasso no período de 2022.2 no Programa de Pós-Graduação em Direito Constitucional (PPGDC) da Universidade Federal Fluminense (UFF).

Dessa forma, por meio dessas bibliografias e outras pesquisadas e estudadas para aprofundar o

presente trabalho, pretende-se construir reflexões acerca da efetividade do estado de direito ambiental. Além disso, o trabalho em tela objetiva elaborar estudos sobre a mitigação de riscos e perspectivas futuras no país marcado pelas crises ambientais, sanitárias e humanitárias.

### 1. O ESTADO DE DIREITO E O DIREITO AMBIENTAL

### 1.1. Estado de Direito:

Preliminarmente, é relevante a compreensão do que seria o Estado para, posteriormente, focar no estudo do Estado de Direito. Desse modo, para Hermann Heller (1968, p. 157), o "Estado, como nome e como realidade, é algo, do ponto de vista histórico absolutamente peculiar e que, nesta sua moderna individualidade, não pode ser transladado aos tempos passados." Também, Norberto Bobbio (2004, p. 52) infere que seria por meio do Estado que obtêm de fato da liberdade no sentido de se obter bem-estar e igualdade.

Nesse contexto, após as contribuições de renomados autores sobre o Estado e a sua importância, cabe entender a definição do Estado de Direito para Brian Z. Tamanaha. Segundo o autor (TAMANAHA, 2009, p.4-6), o Estado de Direito possui um requisito básico (exigência de funcionários do governo e os cidadãos vinculados e com ações de acordo com a lei) que implica em certo conjunto de características mínimas sendo: estabelecimento da lei com antecedência, com publicidade, geral, clara, estável e certa, sendo aplicada a todos conforme seus termos. O Autor acrescenta que se faltar essas características não há satisfação dos Estado de Direito. Desse modo, essa seria uma definição mais "formal", existem também definições mais "espessas", estas últimas incluem referência a direitos fundamentais, democracia e/ou critérios de justiça e direito.

Seguindo a lógica, é essencial abordar sobre as funções do Estado de Direito. Tamanaha (TAMANAHA, 2009, p.4-6), traz que a primeira função seria "impor restrições legais aos funcionários públicos" sendo por duas maneiras diferentes (i) exigindo o cumprimento da lei existentes; e (ii) impondo limites legais ao poder de legislar. Além disso, a outra função do Estado de Direito seria "manter a ordem e coordenar comportamento e transações entre os cidadãos. O autor versa que para haver a consistêcia do Estado de Direito, a lei não precisa cobrir tudo, entretanto, o que a lei cobre deve ser amplamente aderido pelos cidadãos.

Ademais, Tamanaha (2009, p. 22-29) afirma que os elementos básicos no estabelecimento do Estado de Direito, e os problemas relacionados com são: (i) orientação amplammente partilhada dentro da sociedade – cidadãos e funcionários do governo – que a lei faz regra e deve reger; (ii) presença de um judiciário institucionalizado e independente; e (iii) existência de uma profissão jurídica robusta e tradição jurídica compromissada em sustentar o Estado de Direito.

Tendo em vista que a orientação amplamente partiplhada dentro da sociedade inclina a cidadania dos indivíduos como elemento fundamental para o Estado de Direito, cabe mencionar o



entendimento de que:



Uma cidadania ativa não pode, portanto, supor a ausência de uma vinculação normativa entre Estado de Direito e democracia. Ao contrário, quando os cidadãos vêem a si próprios não apenas como os destinatários, mas também como os autores do seu direito, eles se reconhecem como membros livres e iguais de uma comunidade jurídica. Daí a estreita conexão entre a plena autonomia do cidadão - privada e pública - e a legitimidade do direito.(CITTADINO, 2002, p. 143).

Como mencionado anteriormente, os Estados de Direito na contemporaneidade estão passando por crises, sejam por guerras ou questões econômicas. Existem autores, como Clinton Lawrence Rossiter (2002, p. 5 - 6), que defendem que essas crises são justificativas para intervenções governamentais às instituições e poderes ditatoriais para que haja superação do perigo e restauração as condições normais. Apesar da necessidade de intervenções no Estado de Direito em período de crises, estas não devem ocorrer de forma ditatorial com abuso de poder e de modo autoritário.

O Estado de Direito precisa respeitar os princípios fundamentais e que os cidadãos precisam aderir às leis impostas à sociedade. Isso se justifica, pois o Estado de Direito é um ideal legitimador poderoso, que deve respeitado e conduzido de acordo com a justiça que proteja o meio ambiente e os direitos humanos para mitigar as crises.

### 1.2. Estado de Direito Ambiental

Após a compreensão do que seria o Estado de Direito, pode-se adentrar no Estado de Direito Ambiental. Segundo José Joaquim Gomes Canotilho (2008, p. 15), há duas grandes classificações dos problemas ambientais: (i) primeira geração — marcados por impactos produzidos de forma linear; e (ii) segunda geração — produção de efeitos complexos e integrados. Nesse sentido, o Estado de Direito Ambiental (EDA) surge como resultado de reivindicações do ser humano para a proteção do meio ambiente e das gerações futuras.

Nesse diapasão, é interessante apontar que os problemas ambientais de primeira geração apresentam como meta o controle da poluição e que o processo de subjetividade do direito ambiental seja entendido como um direito fundamental do ser humano (CANOTILHO, 2007). Dessa maneira, parte de uma perspectiva do antropoceno, pois condiciona o bem meio ambiente à dignidade do ser humano. Quanto à segunda geração de problemas ambientais, esta surge como efeito integrado de fontes de poluição dispersas com a capacidade de produzir impactos mundiais e sem limitação em relação ao tempo (CANOTILHO, 2007). Devido a isso, há a afetação da qualidade de vida das gerações atuais e futuras, bem como impacto direto no meio ambiente de forma geral.

Como o Direito além de exercer a função de repressão, também possui a função influenciadora da sociedade, seja de promoção de condutas, seja do desestímulo de condutas condenáveis (BOBBIO,



2007, p. 43-45). Diante disso, o Estado e o Direito devem auxiliar nas ações da sociedade para combater as crises ambientais existentes e mitigar riscos das sociedades de risco. Assim, surge o Estado de Direito Ambiental com princípios fundamentais, de estruturações e com o foco no cumprimento de objetivos para diminuir os efeitos dos impactos negativos ao meio ambiente (LEITE; BELCHIOR, 2010, p.297).

Nesse sentido, é válido mencionar que, por exemplo, para autores como Molinaro, O Estado de Direito Ambiental deveria ser denominado como Estado Socioambiental e Democrático de Direito. De acordo com o autor, isso se justifica pelo fato de:

Um Estado Socioambiental e Democrático de Direito decorre do princípio da unidade de sua Constituição, que alberga um Estado-Ambiental, fundado numa tríade principal (Prinzipientrias), ou, se preferido, um conjunto triásico de princípios: princípio da precaução (Vorsorgeprinzip); princípio [de responsabilidade] causal (Verursacherprinzip); princípio da cooperação (Kooperationsprinzip)" (MOLINARO, 2007, p. 104-105).

O autor ainda acrescenta que, no caso do Brasil, todos apresentam essa obrigação devido ao artigo 225 da Constituição da República Federativa do Brasil (CRFB) de 1988. O referido artigo obriga a manutenção do meio ambiente de modo ecologicamente equilibrado para que seja tido como um bem de uso comum de todos sendo fundamental para uma qualidade de vida saudável.

Quanto a conceituação do 'Estado de Direito Ambiental", segundo Canotilho (1999, p. 44), entende que ele contém as "exigências de os Estados e as comunidades políticas conformarem as suas políticas e estruturas organizatórias de forma ecologicamente autossustentada". Também, para Cappella (1994) o Estado de Direito Ambiental presume a aplicação do princípio da solidariedade econômica e social com o objetivo de chegar a certo modelo de desenvolvimento durável, conduzido a igualdade substancial entre os cidadãos mediante o controle jurídico do uso racional do bem meio ambiente. Já para Ferreira (2008), seria um novo modelo de Estado ambiental conduzido para novas expectativas, que permite a elaboração de novas alternativas e resiste a subjetividade do conformismo.

No que tange a construção do Estado de Direito Ambiental, existem pressupostos essenciais (CANOTILHO, 2004) como: (i) adoção de uma concepção integrada do meio ambiente; (ii) a institucionalização de deveres fundamentais ambientais; e (iii) o agir integrativo da administração. Nesse sentido de essencialidade, o EDA apresenta objetivos para que haja satisfação da proteção ao meio ambiente, são eles:

- Propiciar maior compreensão do objeto estudado, qual seja: o meio ambiente. O estabelecimento de um conceito de meio ambiente torna-se indispensável para a compreensão da posição ecológica do ser humano e das implicações decorrentes de uma visão integrativa do macrobem ambiental.
- Viabilizar o desenvolvimento de um conceito de direito ambiental integrativo, conforme enunciado por Canotilho.



- Estimular a formação da consciência ambiental, indispensável para o exercício da responsabilidade compartilhada e a participação pública nos processos ambientalmente relevantes.
- Favorecer a institucionalização de mecanismos mais compatíveis com a natureza diferenciada dos problemas ambientais, priorizando a gestão de riscos que possam comprometer significativamente a qualidade do meio ambiente.
- Possibilitar a juridicização de instrumentos capazes de garantir um nível de proteção adequado ao meio ambiente, fortalecendo os enfoques: preventivo e de Capítulo I, 25 Volume III Repensando o Estado de Direito Ambiental precaução. (LEITE; FERREIRA, 2012, p. 23-26).

Cabe destacar que a concretização dos objetivos do Estado de Direito Ambiental não configura a resolução de todos os problemas ambientais vividos na contemporaneidade. Entretanto, servem para auxiliar na identificação das mazelas jurídicas que figuram sobre a proteção do meio ambiente. Dessa forma, é crucial o estudo do Estado de Direito Ambiental, desde sua construção, conceituação, pressupostos e até seus objetivos para que alcance o seu estabelecimento de modo concreto e eficaz.

### 2. A SOCIEDADE DE RISCO E AS CRISES NO CONTEMPORÂNEO

### 2.3. Direito à Proteção e a Sociedade de Risco

O Direito é formado por normas que abarcam princípios e regras, de modo que é necessário o funcionamento conjunto para que o Direito seja eficiente em proteger o indivíduo em relação ao Estado (ALEXY, 2008, p. 86). Dessa maneira, pode-se perceber que a atuação dos princípios é fundamental para a efetividade do Direito à Proteção ante a sociedade de risco.

Nesse sentido, Coelho e Ferreira (2011, p. 73-74) trazem que a prestação do Estado em relação ao Estado de Risco deve ocorrer sob dois aspectos: "I – combater os riscos existentes que causem malefícios aos indivíduos; e II – prestar-lhes proteção quanto a problemas decorrentes da omissão ou insuficiência diante do risco.". Como consequência da intenção de zelar do Estado pelo meio ambiente, é basilar observar os princípios da precaução e da prevenção que são advindos do Direito à Proteção. Para Juarez Freitas:

Princípio da precaução é "o princípio constitucional [que] [...] impõe ao poder público diligências não-tergiversáveis com adoção de medidas antecipatórias e proporcionais, ainda nos casos de incerteza quanto à produção de danos fundadamente temidos"

Princípio da prevenção seria quando o "Poder público, na certeza de que determinada atividade futura implicará dano injusto, encontra-se forçado a coibi-la, desde que no rol de suas atribuições e possibilidades orçamentárias". (CARLIN, 2009, p. 450).





Desse modo, o Estado deve fazer uso desses princípios para assegurar o Direito à Proteção, inclusive, frente à sociedade de risco. Para o sociólogo Ulrich Beck (1997, p. 25), a sociedade de risco o "designa uma fase no desenvolvimento da sociedade moderna, em que os riscos sociais, políticos, econômicos e individuais tendem cada vez mais a escapar das instituições para o controle e a proteção da sociedade industrial".

A sociedade de risco de frente com a constatação de que os recursos naturais são findáveis, o Estado deve se ater além das questões econômicas, mas também as questões ambientais e sociais. Posto isso, pois existe uma lacuna de conhecimento científico e estatal que gera dois tipos de riscos:

a) risco concreto ou potencial (visível e previsível pelo conhecimento) e b) risco abstrato (invisível e imprevisível pelo conhecimento humano). Nesta última modalidade incluem-se várias ameaças globais, a exemplo da perda da diversidade biológica, do efeito estufa, do aquecimento das temperaturas do planeta, da poluição genética, da contaminação por agrotóxicos e dos riscos provenientes do uso de armas nucleares, químicas e biológicas.

(LEITE; AYALA, 2004, p. 103).

Em diálogo, os modelos científicos devem ser superados, pois os perigos ambientais enfrentados na contemporaneidade necessitam da valoração do desenvolvimento tecnológico, avaliação de riscos e hipóteses sobre perigo e segurança (BECK, 2002, p. 236). Dessa forma, pode-se perceber que o Direito à Proteção por meio dos princípios de precaução e prevenção, bem como pela análise dos riscos concretos e abstratos da sociedade de risco possibilitará maior proteção do meio ambiente.

# 2.4. Crises múltiplas no Brasil do Século XXI e reflexões acerca da mitigação e do gerenciamento de crises

Os Estados contemporâneos estão sofrendo com a crise provocada pela pandemia da COVID-19, que desencadeou múltiplas outras crises como crises sanitárias, humanitárias, econômicas e até mesmo políticas. Além de mencionar que a economia dos Estados ainda sofria com a última crise vivenciada em 2008 que impôs modos de trabalho precários, em condições de subalternidade, aos trabalhadores (PRATES, 2020, p. 1). Em meio a sistemas colapsados, os Estados não estão conseguindo garantir a proteção social e ambiental.

Preliminarmente, é fundamental analisar o conceito de crise. A origem da palavra é da derivação do grego "krísis", sendo um conceito inicialmente utilizado pela medicina em que o paciente era acometido por uma doença em fase evolutiva em que poderia avançar para a recuperação ou a morte (LOPES, 2006). Posteriormente, o conceito de crise foi adaptado para outras áreas como na filosofia



e na sociologia, sendo Marx o pioneiro em trazer a definição para o domínio dos sistemas ao construir um paralelo entre o sistema humano e o sistema social. Ao retomar ao conceito de crise, cabe apontar que se dá quando:

o sistema se degrada a um ponto onde a própria existência do sistema se coloca em causa. Por outras palavras, quando o sistema se encontra perante um ponto-denão-retorno. Nestas alturas o sistema apresenta fragilidade e vulnerabilidade, sendo normalmente indiferente a vontade do próprio sistema. Deste modo, observamos a falta de independência do sistema, quando este se encontra perante a possibilidade de deixar de existir. (SILVA, 2014, p. 3).

Seguindo essa lógica, de acordo com Reilly (1987), toda crise possui cinco características: (i) surpresa; (ii) elevada magnitude; (iii) exigência de atenção imediatamente; (iv) necessita de ações intensas; e (v) costuma encontrar-se fora de controle. Desse modo, a crise pode ser entendida como um evento que provoca riscos, que possui certa gravidade, não costuma ser esperada e caso não haja resposta rápida, as consequências negativas podem ser ainda maiores.

Nesse contexto, é válido apontar quais seriam as principais crises que acometem os Estados na contemporaneidade. Desse modo, destacam-se as crises: ambientais, sociais, sanitárias, econômicas e humanitárias. Para Leite e Ayala (2007, p. 26-27) a crise ambiental possibilita a visualização da emergência de novas interfaces do racionar social expostas de modo diferente em que o risco é estudado nessas sociedades.

As sociedades contemporâneas protagonizam o cenário de uma segunda revolução na dinâmica social e política, que se desenvolve no interior de um complexo processo de globalização de conteúdo plural, que marca o desenvolvimento de uma sociedade global do risco. O atributo que diferencia a sociedade mundial do risco é a necessidade de concretização de uma variada relação de objetivos ecológicos, econômicos, financeiros, sociais, políticos e culturais, que são contextualizados de forma transnacional e sob a abordagem de um modelo político de governança global, de gestão de novas ameaças comunitárias. (LEITE; AYALA, 2007, p. 26-27).

As crises dialogam entre si, elas são conexas, tanto que uma crise ambiental pode gerar uma crise sanitária, humanitária e econômica. Outro exemplo disso é o próprio conceito de crise sanitária que é fruto da consequência de crise ambiental e da desigualdade social. Além disso, uma crise econômica pode gerar uma crise humanitária, pois certas pessoas passam a ser vulneráveis devido ao desemprego e a perda do poder aquisitivo. Diante das crises, os Estados precisam intervir para auxiliar nas emergências.

Segundo a *Global Health Security Index, o*s Estados Unidos e o Reino Unido são os países mais preparados na atualidade para o enfrentamento de emergências decorrentes de crises sanitárias. Apesar disso, outros países, como Nova Zelândia e China, que se encontravam em posições mais medianas na pesquisa, conseguiram melhores resultados no controle da COVID-19. Quanto à chegada



da pandemia na América Latina, o continente com menor crescimento econômico, cabe menção dos despecialistas Lima, Buss e Paes-Sousa:

(...) seu setor público (saúde, ciência e educação) debilitado pela redução dos investimentos em políticas pública, como consequência das políticas de austeridade fiscal; com maior instabilidade política do que na década anterior; e enfraquecido em seus vínculos regionais pelo esgarçamento de estruturas como a UNASUL (União de Nações do Sul), o Mercosul (Mercado Comum do Sul), a OEA (Organização dos Estados Americanos) e a implementação tímida da CELAC (Comunidade de Estados Latino- -Americanos e Caribenhos). Uma justaposição de debilidades se apresenta em vários países da região, onde a escassez de recursos aliada aos conflitos nacionais é potencializada pelas fragilidades dos instrumentos de governança regional, que por sua vez já sofriam os efeitos do enfraquecimento dos instrumentos de governança global, incluindo a própria OMS (Organização Mundial da Saúde). (LIMA; BUSS; PAES-SOUSA, 2020, p. 3).

Ademais, segundo Canotilho (2004, p. 12) "a proteção sistemática e global do ambiente não é uma tarefa solitária dos agentes públicos, antes exige novas formas de comunicação e de participação cidadã". Seguindo essa lógica, Leite (2007, p. 153) afirma que para maior proteção ambiental, é necessária cidadania participativa para uma consciência global da crise ambiental. Desse modo, seria crucial uma ação conjunta do Estado e da coletividade em prol da proteção ambiental. De acordo com Leite e Belchior:

(...) de nada adianta uma ordem jurídica ambiental avançada no que concerne ao gerenciamento preventivo e compartilhado do risco, se o Estado parece não reunir esforços para tornar a legislação efetiva e operacional. Notadamente, a necessidade da construção de um Estado de Direito Ambiental implica em mudanças profundas na estrutura da sociedade e na atividade estatal, com o objetivo de apontar caminhos em resposta aos novos pilares de uma sociedade de risco. (LEITE; BELCHIOR, 2010, p. 297).

A sociedade de risco e as crises múltiplas estão demandando do Estado de Direito certa intervenção estatal com fulcro na regulação tendo em vista que a regulação de sanção tradicional não tem sido suficiente para preservação do meio ambiente e manutenção da ordem social. Logo, pode-se perceber que os Estados precisam dar maior importância para a gestão pública e o tempo de resposta em relação ao enfrentamento de crises emergenciais.

Com efeito, gestão de crises é fundamental para o combate os problemas ambientais, sanitários, humanitários e financeiros que acometem os Estados. Desse modo, é válido destacar que a gestão de crise é um plano estratégico para prevenir e responder no decorrer de uma crise por meio de um processo que remova alguns dos riscos e incertezas do Estado e lhe permita a retomada de controle (FEARN-BANKS, 2001, p. 480). Faz-se mister construir ações para gerir as crises, alguns exemplos

são: precaver as crises, investimento em contingências, comunicação e incentivo à pesquisa sobre a crise para geração de informação, agir com rapidez logo que detectada a crise e o comprometimento do Estado em contribuir para o enfrentamento da crise.

Ademais, cabe destacar que as crises ocorrem de forma desigual nos Estados, bem como o enfrentamento dessas crises, superar e a reconquista dos padrões ambientais, sociais, sanitários, econômicos e humanitários também acontecerão de modo desigual. Diante disso, a mobilização de planos globais, regionais e nacionais devem se atentar às desigualdades existentes. Por último, mas não menos importante, cabe mencionar a dimensão individual que, segundo Nobert Elias (1994), compõe a interdependência social da articulação coletiva e individual devido à integração dos fenômenos. Assim, será possível o enfrentamento das crises do contemporâneo e um Estado de Direito Ambiental mais saudável.

# **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A pandemia da COVID-19, a crise sanitária, energética e alimentícia, inflação elevada, emergência climática e ambiental, bem como a profunda recessão econômica deixam milhões de pessoas em estado de vulnerabilidade. Desse modo, com essas múltiplas crises, é evidente a necessidade de reformular as bases do Estado de Direito. Posto isso, inclusive com a fortificação do Estado de Direito Ambiental para a promoção de fato de um meio ambiente ecologicamente equilibrado que funcione de forma sustentável e mitigue as crises existentes.

Diante de todo o exposto e prospectado, pode-se perceber a necessidade da construção de um Estado de Direito Ambiental que seja equilibrado e eficaz. Para tanto, é fundamental o estudo e conhecimento dos elementos, história, teorias, objetivos e críticas sobre o Estado de Direito, bem como do Direito Ambiental. O recorte do presente artigo se deu na contemporaneidade, então, as análises tiveram como foco as normas ambientais vigentes e o estudo das crises atuais.

Portanto, pode-se perceber que a análise das crises é complexa e multidisciplinar, que os Estados devem se preparar para as crises, bem como atuarem na prevenção, contingenciamento e mitigação de riscos ao meio ambiente e à sociedade. Além disso, é fundamental que haja participação cidadã, em âmbito coletivo e individual, para combater as crises do contemporâneo. Assim, será possível a construção de um Estado de Direito Ambiental consciente e sustentável.





### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXY, Robert. **Teoria dos direitos fundamentais**. Trad. Virgílio Afonso da Silva. São Paulo: Malheiros, 2008.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**, de 5 de outubro de 1988. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil 03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 8 nov. 2023.

BECK, Ulrich. La sociedad del riesgo: hacia una nueva modernidad. Traducción de Daniel Jiménez, Jorge Navarro e Mª Rosa Borras. Barcelona: Paidós, 1998.

BECK, Ulrich. La sociedad de riesgo global. Trad. Jesús Alborés Rey. Madrid: Siglo XXI de España, 2002.

BOBBIO, Norberto. A era dos Direitos. Tradução de Carlos Nelson Coutinho. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

BOBBIO, Norberto. **Da estrutura à função: novos estudos de teoria do direito**. Tradução de Daniela Beccacia Versiani. São Paulo: Manole, 2007.

CAMERON EE, NUZZO JB, BELL JA. Global health security index: building collective action and accountability. Baltimore: Johns Hopkins, Bloomberg School of Public Health; 2019.

CANOTILHO, J. J. Gomes. Estado Constitucional Ecológico e democracia sustentada. In: FERREIRA, Heline Sivini; LEITE, José Rubens Morato. **Estado de Direito Ambiental: tendências, aspectos constitucionais e diagnósticos.** Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2004.

CANOTILHO, José Joaquim Gomes; LEITE, José Rubens Morato (Org.). **Direito constitucional ambiental brasileiro**. São Paulo: Saraiva, 2007.

CAPELLA, Vicente Bellver. Ecologia: de las razones a los derechos. Granada: Ecorama, 1994.

CARLIN, V. I. (Org.). **Grandes temas de direito administrativo**: homenagem ao Professor Paulo Henrique Blasi. Florianópolis: Conceito Editorial Millennium, 2009.

COELHO, Edihermes Marques; FERREIRA, Ruan Espíndola Ferreira. **Estado de Direito Ambiental e Estado de Risco**. Cadernos de Direito, Piracicaba, v. 11(20). p. 67-80, jan.-jun. 2011.

DE GIORGI, Raffaele. **Direito, democracia e risco**: vínculos com o futuro. Porto Alegre: Sérgio Antonio Fabris Editor, 1998.

Elias Nobert. **O processo civilizador: uma história dos costumes**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar; 1994.

FENSTERSEIFER, Tiago. **Direitos fundamentais e proteção do meio ambiente**: a dimensão ecológica da dignidade humana no marco jurídico constitucional do Estado Socioambiental de Direito. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2008.

FERREIRA, Heline Sivini. A biossegurança dos organismos transgênicos no direito ambiental brasileiro: uma análise fundamentada na teoria da sociedade de risco. 2008. Tese (Doutorado em Direito).

HELLER, Hermann. **Teoria do Estado**. São Paulo: Mestre Jou, 1968. (Seção 3ª, Cap. I Suposições históricas do Estado atual. p. 157-172). HELLER, Hermann. Teoria do Estado. São Paulo: Mestre Jou, 1968. (Seção 3ª, Cap. I Suposições históricas do Estado atual. p. 157-172).

LEITE, José Rubens Morato; AYALA, Patryck de Araújo. **Direito ambiental na sociedade de risco**. 2. ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2004.



LEITE, José Rubens Morato; PILATI, Luciana Cardoso; JAMUNDÁ, Woldemar. Estado de Direito Ambiental no Brasil. In: KISHI, Sandra Akemi Shimada; SILVA, Solange Teles da; SOARES, Inês Virgínia Prado. **Desafios do Direito Ambiental no Século XXI**: estudos em homenagem a Paulo Affonso Leme Machado. São Paulo: Malheiros/IEDC, p. 611-634, 2005.

LEITE, José Rubens Morato; Belchior, Germana Parente Neiva. Estado de Direito Ambiental e a particularidade de uma hermenêutica jurídica. Sequência, no 60, p. 291-318, jul. 2010.

LEITE, José Rubens Morato; FERREIRA, Heline Sivini; CAETANO, Matheus Almeida. **Repensando o Estado de Direito Ambiental.** In: Pensando o Direito no Século XXI; v.3. p. 15 – 149. Florianópolis: Fundação Boiteux, 2012.

Lopes, J. A gestão de crises. Instituto de Estudos Superiores Militares. Lisboa, Portugal: IESM. 2006.

MOLINARO, Carlos Alberto. **Direito ambiental: proibição de retrocesso**. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2007.

PRATES, Jane Cruz. **Refrações da crise sanitária, econômica e política no Brasil**: os impactos diferenciados em mulheres, negros e índios. Textos & Contextos Porto Alegre, v. 19, n. 1, p. 1-10, jan.-jun. 2020.

REILLY, A. H. Business, XXII. Columbia Journal of Word. [S.J.: s.n.], p. 79-88, 1987.

ROSSITER, Clinton Lawrence. Constitutional dictatorship: crisis government in the modern democracies. New York. Princeton University Press, 1948, (Cap. I Constitutional Dictatorship, p. 3-14.

SILVA, Pedro. **O conceito de crise: Perspectiva política e económica**. In A. S. Lara Crise, Estado e Segurança (59-68). Lisboa, Portugal: Edições MGI. 2014.

TAMANAHA Brian Z. A Concise Guide to the Rule of Law. In: PALOMBELLA, Gianluigi; WALKER, Neil. Relocating the Rule of Law. Oxford / Portland: Hart Publising, 2009. p. 3-16.

### Informações sobre a autora:

### Anna Luiza Pinage Barbosa

Advogada parceira do escritório Saes Advogados em Ambiental e Infraestrutura. Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Direito Constitucional (PPGDC - UFF). Pós-graduada em Direito Administrativo e Licitações pela Faculdade Única. Pós-graduada em Direito Digital e Compliance pelo Centro Universitário Uniamérica Descomplica. Pesquisadora membro do: (i) Grupo de Pesquisa Jusdiversidade, Conflitos Intratáveis e Inovação no Direito (GIPED) do PPGSD – UFF; (ii) Instituto de Estudos Comparados em Administração Institucional de Conflitos (INCT-InEAC); (iii) Grupo de Pesquisa observatório da Governança Ambiental na Contemporaneidade (OGAC - UNESA); e (iv) Grupo de Estudos em Meio Ambiente e Direito da UFF. Membro da Associação para o Desenvolvimento do Direito da Mineração (ADIMIN). Membro da Associação Brasileira de Direito de Energia e do Meio Ambiente (ABDEM).

Endereço de e-mail: annaluizapinage@gmail.com.





### A

Agenda 2030, 39 Anestésicos inalatórios, 169 Antimicrobianos, 227 Aquecimento global, 169

### B

Bodiversidade, 19 Biodiversidade, 198 Biodiversidade Marinha, 52 Brevibacillus laterosporus, 227

### C

Carbono, 90 Ciência de dados, 101 Coleta seletiva, 71 Coleta Seletiva, 132 Compostagem, 72 Conservação, 19 Controle biológico, 227 Crises, 243

### D

Desenvolvimento Sustentável, 40, 218 dióxido de carbono, 83, 84 Direito Ambiental, 243

### E

Educação, 198 Educação Ambiental, 66, 132, 179 eficiência energética, 7 efluentes, 151 emissões atmosféricas, 83 Escola, 39 Estudo estatístico, 6 Extensão universitária, 198

### F

Figura 7: Quantitativo RCC Vassouras 2022., 74 Florestas Subaquáticas, 52

### G

GEE, **83** Gerenciamento de Resíduos Sólidos, 218 Gestão de resíduos, 101

### Ι

Impacto ambiental, 169 Infraestruturas humanas, 19 Interdisciplinaridade, 198

### L

Lâmpadas fluorescentes, 6 Lâmpadas LED, 6 LED, 16 LF, 16

### M

Material lúdico, 218 Meio ambiente, 42 Meio Ambiente, 243 Monitoramento, 179 mudanças climáticas, 19 Mudanças Climáticas, 83

### 0

Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, 101

Poluição hídrica, 75 pontes ecológicas, 19 Potencial biotecnológico, 227 Preservação, 52 probióticos, 227

### R

Reciclagem, 218 Recicláveis., 132 resíduos, 151 Resíduos da Construção Civil, 74 Resíduos sólidos, 101 Resíduos Sólidos, 66 Rio das Mortes, 66 Rio Paraíba do Sul, 179 Rio+Limpos, 151 RSU, 69

### S

Sala de cirurgia, 169 Saúde Pública, 198 Segurança, 6 sustentabilidade, 16 Sustentabilidade, 6, 101, 218



