



# SUSTENTABILIDADE MEIO AMBIENTE RESPONSABILIDADE SOCIAL

ARTIGOS SELECIONADOS

(Organizador)  
José Henrique Porto Silveira



Editora Poisson

VOLUME

3

José Henrique Porto Silveira  
(Organizador)

Sustentabilidade, Meio Ambiente e  
Responsabilidade Social:  
Artigos Seleccionados  
Volume 3

1ª Edição

Belo Horizonte  
Poisson  
2024

**Editor Chefe:** Dr. Darly Fernando Andrade

**Conselho Editorial**

Dr. Antônio Artur de Souza – Universidade Federal de Minas Gerais  
MSc. Davilson Eduardo Andrade

Dra. Elizângela de Jesus Oliveira – Universidade Federal do Amazonas  
MSc. Fabiane dos Santos

Dr. José Eduardo Ferreira Lopes – Universidade Federal de Uberlândia

Dr. Otaviano Francisco Neves – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

Dr. Luiz Cláudio de Lima – Universidade FUMEC

Dr. Nelson Ferreira Filho – Faculdades Kennedy

MSc. Valdiney Alves de Oliveira – Universidade Federal de Uberlândia

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

S964

Sustentabilidade, Meio Ambiente e  
Responsabilidade Social: Artigos  
Selecionados - Volume 3/ Organização:  
José Henrique Porto Silveira - Belo  
Horizonte - MG: Editora Poisson, 2024

Formato: PDF

ISBN: 978-65-5866-418-5

DOI: 10.36229/978-65-5866-418-5

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

1. Meio ambiente 2. Sustentabilidade.  
3. Responsabilidade Social I. SILVEIRA, José  
Henrique Porto II. Título

CDD-333.72

Sônia Márcia Soares de Moura - CRB 6/1896



O conteúdo deste livro está licenciado sob a Licença de Atribuição Creative Commons 4.0.

Com ela é permitido compartilhar o livro, devendo ser dado o devido crédito, não podendo ser utilizado para fins comerciais e nem ser alterado.

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos seus respectivos autores.

Esse e outros títulos podem ser baixados gratuitamente em [www.poisson.com.br](http://www.poisson.com.br)

Entre em contato pelo [contato@poisson.com.br](mailto:contato@poisson.com.br)

# SUMÁRIO

**Capítulo 1:** Saneamento básico no Brasil: panorama, definições e indicadores ..... 06

Renes Rossi Pinheiro, Renata Pase Ravello, Kelmara Mendes Vieira, Ani Caroline Grigion Potrich

**DOI:** 10.36229/978-65-5866-418-5.CAP.01

**Capítulo 2:** A relação da ausência de saneamento básico adequado no município Pombal-PB com doenças endêmicas de veiculação hídrica ..... 20

Denilson Gualberto de Sousa, Sanara de Sousa Ribeiro, Emerson Lira Freire, Eduardo Vale Teixeira, Géssica Tamires Ferreira da Silva, Jarina Cybelle Fernandes do Nascimento, Gleisson dos Santos da Silva, Andréa Maria Brandão Mendes de Oliveira, Luiz Fernando de Oliveira Coelho, Kelly Nayara Cordeiro Viturino

**DOI:** 10.36229/978-65-5866-418-5.CAP.02

**Capítulo 3:** Análise da qualidade da água, relacionando pH, turbidez e coliformes termotolerantes, do Rio Guandu ..... 29

Gabriel Osório Leal, Maria Lucia Teixeira Guerra de Mendonça, Rosana Petinatti da Cruz

**DOI:** 10.36229/978-65-5866-418-5.CAP.03

**Capítulo 4:** Análise do Plano de Gerenciamento de Resíduos Químicos em um Instituto de Ciências e Tecnologia da UFVJM ..... 42

Laura Nascimento Silva, Antônio Genilton Sant'Anna, Marcelino Serretti Leonel, João Vinícios Wirbitziki da Silveira, Ulisses Barros de Abreu Maia

**DOI:** 10.36229/978-65-5866-418-5.CAP.04

**Capítulo 5:** Produção sustentável de etanol de segunda geração a partir de resíduos lignocelulósicos: uma abordagem biotecnológica para mitigar as mudanças climáticas ..... 61

Mariane Daniella da Silva

**DOI:** 10.36229/978-65-5866-418-5.CAP.05

**Capítulo 6:** Produção de etanol de segunda geração a partir de resíduos de algaroba (*Prosopis Juliflora*), oriundos da poda de árvore da cidade de Campina Grande – Paraíba ..... 72

Daniel Bezerra Fernandes, Antonio Jefferson dos Passos Lima, Hallyson Oliveira, Pablícia Oliveira Galdino, Carlos Christiano Lima dos Santos

**DOI:** 10.36229/978-65-5866-418-5.CAP.06

# SUMÁRIO

**Capítulo 7:** A industrialização da Suzano Papel e Celulose voltada para a produção e exportação de produtos com valor agregado, com base nas Práticas ESG ..... 80

José Carlos Santos Santana, Gregory Mendes Quintas, Flavia Palazzi de Souza

**DOI:** 10.36229/978-65-5866-418-5.CAP.07

**Capítulo 8:** Monitorização atmosférica dos níveis de NO<sub>2</sub> usando a técnica de amostragem passiva..... 97

Claver Pinheiro, Élide Melo Margalho, Amanda Alcantara, Orlando Lima Junior, Iran Rocha Segundo, Verônica Castelo Branco, Bruno Bertoncini, Manuel Filipe Pereira Cunha Martins Costa, Ricardo Simões, Elisabete Freitas, Joaquim Alexandre Santos Almeida Oliveira Carneiro

**DOI:** 10.36229/978-65-5866-418-5.CAP.08

**Capítulo 9:** Influência da macrofauna edáfica sobre os componentes ecológicos do reservatório negreiros, Salgueiro-PE ..... 103

Francisco Welde Araujo Rodrigues, Francisco Roberto de Azevedo, Ana Célia Maia Meireles

**DOI:** 10.36229/978-65-5866-418-5.CAP.09

**Capítulo 10:** Análise do processo de implementação e disseminação de práticas sustentáveis no IFPA-campus Belém..... 120

Maria de Nazaré Rodrigues Pereira Martins, Maria da Conceição Rodrigues Pereira, Rivetla Garcia Lopes de Souza Benchimol

**DOI:** 10.36229/978-65-5866-418-5.CAP.10

**Autores** ..... 153

# Capítulo 1

## *Saneamento básico no Brasil: panorama, definições e indicadores*

*Renes Rossi Pinheiro*

*Renata Pase Ravanello*

*Kelmara Mendes Vieira*

*Ani Caroline Grigion Potrich*

**Resumo:** O saneamento básico se tornou uma ferramenta de inclusão social, ao trazer mais saúde, melhores condições socioeconômicas e mais qualidade de vida. Diante disso, o saneamento básico da população pode ser considerado como um parâmetro mundial de qualidade de vida. Nessa perspectiva o presente estudo pretende apresentar a temática, seguida do panorama de evolução histórica das legislações brasileiras a respeito do saneamento básico no Brasil e apresentar alguns indicadores existentes. Constatou-se que no Brasil tem-se falado muito sobre ampliação da oferta do serviço de saneamento básico, inclusive com a definição de metas, entretanto, pouco tem sido feito para avançar na avaliação do serviço prestado. A legislação já traz alguns parâmetros de avaliação da qualidade dos serviços públicos, aplicáveis inclusive aos serviços de saneamento, porém os modelos observados ainda são incipientes. No cenário atual não são solicitados *feedbacks* contínuos dos cidadãos usuários dos serviços de saneamento básico, que acabam sendo polo passivo enquanto destinatários do serviço prestado.

**Palavras-chave:** Administração pública, saneamento básico, indicadores, legislação.

## 1. INTRODUÇÃO

O acesso e a disponibilidade aos serviços de saneamento básico são essenciais para a saúde pública. No entanto, quando esses serviços não são fornecidos de maneira adequada, consequências sociais e de saúde impactam o bem-estar e o desenvolvimento da população, em especial, crianças e adolescentes que vivem em áreas mais vulneráveis (UNICEF, 2024). Neste sentido, o saneamento básico é um dos temas que a gestão pública precisa priorizar em suas ações.

O saneamento básico, conforme definido pela Organização Mundial de Saúde – OMS (2018), é o controle de todos os fatores do meio físico do homem que exerçam ou que podem exercer efeito deletério sobre seu bem-estar físico, mental ou social. O Instituto Trata Brasil (2014, p. 9) complementa essa definição, afirmando que o saneamento básico é o conjunto de medidas que visa preservar ou modificar as condições do meio ambiente visando à prevenção de doenças e promoção da saúde, melhora da qualidade de vida da população e à produtividade do indivíduo, além de facilitar a atividade econômica.

Ainda, de acordo com a legislação brasileira vigente, o saneamento básico é definido como um conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, além de drenagem e manejo das águas pluviais urbanas (Brasil, 2018; De Deus Grotto et al., 2022). Um ponto de destaque, trazido por Gomes (2022), trata de um princípio fundamental da legislação brasileira, em que a adoção de métodos, técnicas e processos que considerem as peculiaridades locais e regionais é fundamental para que cada poder executivo municipal encontre a melhor forma de implementar o saneamento em sua cidade, visto a diversidade regional que o Brasil possui.

Outro ponto fundamental nesta discussão é a diferença conceitual entre saneamento básico e saneamento ambiental, os quais possuem características diferentes. Gonçalves (2022) explica que o saneamento básico é aquele voltado ao ser humano e suas necessidades básicas, com viés no abastecimento de água potável, coletas de esgoto e de resíduos sólidos, além da preocupação com a saúde. Já o saneamento ambiental incorpora o saneamento básico integrado ao meio ambiente, sendo um sistema único com o ser humano e o meio ambiente que o cerca.

Ademais, o saneamento, segundo Souza (2016), abrange a estruturação física, sendo formado pelos sistemas de engenharia de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza pública e manejos de resíduos sólidos e águas pluviais, além de ações e instrumentos que atuam nas demais dimensões ambientais. Sendo a disposição dos esgotos nas comunidades e o abastecimento de água considerados como solução por meio do saneamento básico (Instituto Trata Brasil, 2014). Especificamente, de acordo com o Ministério da Saúde (2018), aspectos sanitários, econômicos e ambientais também devem ser considerados nos serviços de esgotamento sanitário.

Segundo Nirazawa (2016), o aspecto sanitário previne doenças, evita a poluição do solo e a degradação dos mananciais de abastecimento de água através do afastamento seguro do esgoto. O econômico trata por exemplo do controle de poluição de praias e rios para promoção do turismo, aumento da vida média diante da redução da mortalidade por doenças devido aos germes patogênicos, redução de despesas com tratamentos de saúde por doenças evitáveis, redução do custo do tratamento da água, entre outros (FUNASA, 2015). Por fim, a diminuição dos danos ao meio ambiente e à fauna diante da destinação e tratamento correto do esgoto (FUNASA, 2015).

Assim, os benefícios e prejuízos envolvendo a questão do saneamento básico já vêm sendo debatidos há décadas. Dacach (1979) já afirmava que o saneamento era uma das armas da saúde pública, o qual visava justamente quebrar o elo das cadeias de transmissão das doenças. Já a FUNASA (2014) afirmou que tais serviços são de caráter público, sendo indispensáveis para a melhoria da qualidade de vida urbana e rural, pois são cruciais para a vida humana, além de promoverem a saúde pública e o controle ambiental e contribuírem para o desenvolvimento social e econômico.

Diante disso, o saneamento básico da população pode ser considerado como um parâmetro mundial de qualidade de vida, estando inclusa à universalização da rede de abastecimento de água e a coleta e tratamento de esgoto (ONU, 2000; ONU, 2010; IBGE, 2012). Nesse sentido, o saneamento básico pode ser classificado como um dos serviços capazes de promover ou não saúde à população (Costa, 2018). Segundo a legislação brasileira, deve ser observado o alinhamento quando da sua realização para adequação à saúde pública e à proteção ao meio ambiente, além de ser garantida a universalização de acesso (Brasil, 2007). Assim, na deficiência ou ausência de saneamento básico, aspectos negativos são observados, principalmente o contágio por doenças de veiculação hídrica (Uhr; Schmechel; Uhr, 2016; Davis; Masten, 2016).

A Organização das Nações Unidas (ONU, 2017) divulgou relatório referente ao acesso a saneamento básico, em que cerca de 4,5 bilhões de pessoas, equivalente a menos da metade da população, não possuem acesso, ou seja, não dispõem de condições básicas que garantam qualidade de vida. Esse relatório estabeleceu estimativas de monitoramento das novas metas de desenvolvimento sustentável, sendo o primeiro do período com esse objetivo.

Em 2023, quando realizada atualização, a ONU estimou que 3,5 milhões de pessoas não dispunha de esgotamento sanitário seguro (27% da população mundial), o que significa referir que não há acesso a latrina ou casa de banho ligada a eliminação segura de excrementos ou tratamento desses. 2,2 milhões de pessoas não possuía água potável gerida de forma segura (27% da população mundial), ou seja, água disponível em casa. E 2,0 milhões não tinha moradia com instalações adequadas para lavar as mãos com água e sabão (ONU, 2023).

A falta de saneamento básico está diretamente ligada ao aumento de doenças, a exemplo da leptospirose, febre tifoide, esquistossomose, dengue, cólera, dentre outras que resultam da exposição populacional a condições insalubres (OMS, 2018). Diversas doenças contagiantes, enfermidades e até a morte de milhares de pessoas em todo o mundo são causadas pela falta de acesso ao saneamento básico (Capaz; Nogueira, 2014; Uhr; Schmechel; Uhr, 2016; Davis; Masten, 2016).

Assim, o saneamento básico é um tema relevante a ser discutido em termo de ciência, tecnologia e inovação para a busca de melhoria da sua eficiência, tais como com a coleta e tratamento de esgotos domésticos, bem como com o debate sobre o uso de soluções estáticas para a disposição de esgotos (Heller, 2006). Além disso, o saneamento básico possui alguns marcos legais no Brasil que estão buscando melhorar e avançar em benefício da população.

## 2. SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL

Analisando a perspectiva histórica do saneamento básico no Brasil, inicialmente, nos anos 50, coincidindo com o período de início da industrialização no país, surgiram as primeiras empresas públicas de prestação de serviços de saneamento em que esses investiam recursos próprios complementados com empréstimos (Instituto Trata Brasil, 2014). Após, na década de 70 foi criado o Plano Nacional de Saneamento (PLANASA) que era gerido pelo Banco Nacional de Habitação (BNH) para o financiamento de operações de implantação ou melhoria de sistemas de abastecimento de água e esgoto sanitário. O PLANASA permitiu a ampliação na oferta dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário (Philippi Jr.; Galvão Jr.; 2016).

A Constituição Federal (1988) assegura como direito o saneamento básico a toda população, como também é definido pela Lei Nº 11.445/2007 e regulamentados pelo Decreto nº 7.217 de 2010 e Lei nº 14.026/2020. Porém, no Brasil, considerando a desordenação no processo de urbanização o panorama não difere do mundial, tendo em vista que cotidianamente milhões de pessoas se encontram em situação de vulnerabilidade social e ambiental, vivendo em áreas de risco (Costa, 2018).

Nessa esfera, foram criados o Plano Nacional de Saneamento Básico, Planos Estaduais de Saneamento Básico e os Planos Municipais de Saneamento Básico com o objetivo de garantir a disponibilidade dos serviços de saneamento básico à população. Esses planos instituem metas e ações por meio do diagnóstico da situação em âmbito nacional, estadual e municipal (Nirazawa, 2016). Ainda nessa linha, foi realizada a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB) em 2008, em que foram considerados como componentes da pesquisa o abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos e o manejo de águas pluviais, pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em conjunto com o Ministério das Cidades.

Para tal, se utilizava de recursos do Fundo de Garantia de Tempo de Serviço (FGTS) e recursos próprios (Smiderle, 2020). Estes recursos eram enviados às Companhias Estaduais de Saneamento Básico (CESBs) que foram criadas e que atendiam aos Municípios a elas vinculados, quais sejam, os que lhe haviam concedido os serviços eram beneficiados com o plano. A intenção era a regionalização da prestação dos serviços, com adoção de estrutura tarifária única, o que viabilizava, em teoria, a prestação dos serviços por meio do subsídio cruzado (Smiderle, 2020).

Na década de 80, houve o declínio e posterior extinção do PLANASA, antes do atingimento das metas em sua totalidade (Philippi Jr.; Galvão Jr.; 2016). Com isso, alguns municípios desenvolveram seus próprios planos, projetos e programas de saneamento básico (Mörs, 2020). Nesse período o PLANASA perdeu sua força pois as construções, operações e manutenções do sistema sem planejamento levaram as Companhias Estaduais de Saneamento Básico (CEBSs) ao endividamento e degradação, pois as operações não eram financiadas pelo BNH, além de o uso político das companhias e a inflação aumentarem os custos de operação (Nirazawa, 2016).

No ano de 1986, a Caixa Econômica Federal assumiu o papel do BNH com a sua extinção, porém com limitações orçamentárias que levaram a redução da oferta dos recursos, gerando mais dificuldades. Estruturalmente a gestão do setor de saneamento básico passou para o Ministério do Planejamento e Orçamento através do Departamento de Saneamento da Secretaria de Política Urbana (DS/Sepurb). No cenário de mudanças, a Constituição de 1988 estabeleceu a responsabilidade dos serviços de saneamento básico para os municípios, sendo serviço de necessidade essencial, mas não de forma clara

(Nirazawa, 2016).

Nesse cenário, a estrutura do PLANASA foi abandonada em 1990 na prática, não havendo na sequência marco regulatório para os serviços de saneamento básico, o que levou ao agravamento da situação das CEBs e dos municípios. Em 2004 ocorreu a aprovação da Lei das Parcerias Público Privadas com o intuito de ser suprida a falta de recursos, momento em que alguns municípios privatizaram a prestação dos serviços de saneamento básico (Scriptone; Toneto Júnior, 2012). Nesse período, o Ministério das Cidades assumiu a responsabilidade pelo setor de saneamento básico buscando a promoção de políticas de programas e ações de infraestrutura urbana (Nirazawa, 2016).

Com isso no ano de 2007, foi sancionada a Lei nº 11.445, que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico, regulamentada pelo Decreto nº 7.217/2010, e a partir desta surgiu em 2013 o Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB), que instituiu a níveis nacionais e regionais, os objetivos e metas, buscando a universalização dos serviços de saneamento básico no Brasil (Mörs, 2020). O grande desafio, segundo Scriptone e Toneto Jr (2012), era a implementação das normas jurídicas instituídas pela legislação de forma efetiva. A busca pela universalização visa o correto manejo das águas pluviais, coleta e tratamento adequado do esgoto e lixo e acesso ao abastecimento de água em qualidade e quantidade às necessidades da população na prestação dos serviços de saneamento básico (Nirazawa, 2016).

Nesse sentido, Lima et al. (2017) referem que a Lei 11.445/2007 contribui para que sejam introduzidos mecanismos eficientes no setor de saneamento básico, com preços acessíveis e garantia de qualidade e eficácia nas ações de melhoria das condições de bem-estar social e salubridade, conforme as diretrizes nacionais estabelecidas pela legislação. Já a Constituição Federal (1988), quando trata da temática de política urbana, estabeleceu a competência da união para a “elaborar e executar planos nacional e regionais de ordenação do território e de desenvolvimento econômico e social” e “instituir diretrizes para o desenvolvimento urbano, inclusive habitação, saneamento básico e transportes urbanos”. Segundo De Lima et al. (2022) a legislação de saneamento básico visa formas para a organização institucional dos serviços alinhadas as múltiplas realidades econômicas, sociais e ambientais existentes no Brasil, dada a sua dimensão continental.

O art. 52 da Lei 11.445/2007 prevê conteúdos como procedimentos para avaliação sistemática das ações implementadas, diretrizes para planejamento das ações, diretrizes e orientações do plano e os fatores externos que podem afetar as metas e objetivos e os objetivos e metas do saneamento básico através do Plano Nacional de Saneamento Básico (Plansab) (BRASIL, 2007). O Plansab foi aprovado pelo Decreto nº 8.141/2013, e pela Portaria nº 171/2014, regulamentado pelo Decreto nº 7.217/2010, que estabelece normas para execução da Lei nº 11.445/2007 tendo sido elaborado pelo Conselho das Cidades (ConCidades) em conjunto com o Governo Federal, sob a coordenação do Ministério das Cidades e Grupo de Trabalho Interinstitucional (GTI5) (Nirazawa, 2016).

Posteriormente, a Lei 14.026/2020, conhecida com novo marco legal, condiciona a destinação de recursos públicos federais a prestação regionalizada estruturada e a adesão dos serviços de saneamento por seus titulares, seguindo a linha da regionalização proveniente do PLANASA, porém sem a exclusividade das CESBs (Smiderle, 2020). A autora refere, ainda, que o foco da nova legislação é a adequada e eficiente prestação dos serviços, não a execução de obras, sendo consequência da expansão das redes e, em parte, pelo amadurecimento do setor. O Ministério das Cidades (2013) explana que diante da história e situação dos indicadores de saneamento, análise de seu déficit, estimativas e

fragilidade dos dados foram originadas as metas do Plansab. Elas foram desdobradas por região e por períodos para os anos de 2008, 2015, 2020 e 2030 (Brasil, 2010a).

O Decreto 7217/2010 relaciona os indicadores de gestão dos serviços de saneamento básico, sendo condicional para o recebimento de recursos da União que o titular tenha elaborado o plano de saneamento básico com criação de instâncias de participação social (BRASIL, 2010b). Segundo o Ministério das Cidades (2015) através do Plansab busca-se a articulação nacional dos entes da federação para implementação das diretrizes da Lei 11.445/2007, sendo esse o eixo central da política federal para o saneamento básico.

O Sistema Nacional de Informações de Saneamento (SNIS) criado em 1996 pela Secretaria de Política Urbana do Ministério de Planejamento e Orçamento (SEPRUB) por meio do Programa de Modernização do Setor Saneamento (PMSS) buscando abrangência informacional nacional de dados de saneamento ambiental, através de uma rede descentralizada integrada e gerida pela esfera federal foi o primeiro passo para a criação de indicadores. Após, foi criado o Indicador de Salubridade Ambiental (ISA), em 1999, pela Câmara Técnica de Planejamento do Conselho Estadual de Saneamento do Estado de São Paulo (Conesan), o qual foi adaptado para outros estados, em diversas áreas (Valvassori; Alexandre, 2012). Seguindo com o objetivo de serem criados indicadores para regulação dos serviços de saneamento como benchmarking de médio a longo prazo, foi realizada oficina internacional para regulação dos serviços de água e esgoto pela Associação Brasileira de Agências de Regulação (ABAR) em conjunto com o PMSS (Nirazawa, 2016).

Com isso, é apresentada síntese dos marcos legais que acompanham o cenário sanitário brasileiro, conforme Quadro a seguir:

**Quadro 1.** Marcos legais relacionados ao saneamento

Legislação	Descrição
1971 a 1986	Plano Nacional de Saneamento (PLANASA)
Lei nº 11445 de 5 de janeiro de 2007	Política Nacional do Saneamento Básico (PNSB)
Decreto 7.217, de 21 de junho de 2010	Regulamenta a Lei no 11.445, de 5 de janeiro de 2007
Decreto nº 8.141 de 20 de novembro de 2013	Plano Nacional de Saneamento Básico (Plansab)
Lei nº 14.026 de 15 de julho de 2020	Novo Marco Legal do Saneamento

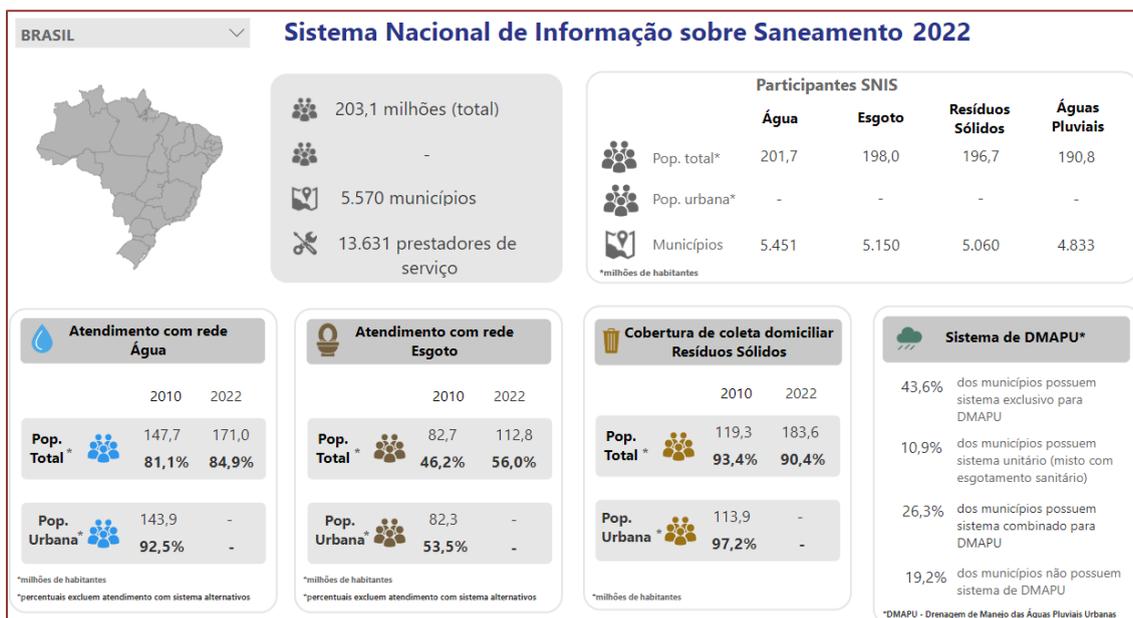
Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Quando trazida a pauta a realidade do Brasil, ressalta-se as disparidades geográficas de acesso aos serviços de saneamento básico, sendo este muito heterogêneo (De Lima et al, 2022). Segundo Hirata et al. (2019) 12% do esgoto sanitário são tratados por sistemas individuais, 17% coletados e despejados em corpos hídricos, 27% não são nem coletados, nem tratados e 44% são gerados, coletados e tratados, retratando a escassez dos serviços de esgotamento sanitário no Brasil em sua totalidade gerada. Para o Instituto Trata Brasil, menos de 60% dos habitantes dos 100 maiores municípios do país são atendidos pela coleta de esgoto. Sendo que dos percentuais de coleta existentes, não há garantia de tratamento do esgotamento, pois efetivamente somente 46% é tratado (Mörs, 2020).

O Brasil possui 5.570 municípios, dentre os quais se observa que do ano de 2010 a 2022 houve pequena evolução de 3,8% no atendimento com rede de água à população e 9,8% no atendimento com rede de esgoto. Embora tenha havido certa evolução, ainda há muito a ser trabalhado para o melhoramento nos atendimentos à população, pois os percentuais totais, principalmente com relação ao atendimento com rede de esgotamento sanitário

são baixos (56%), como se observa na Figura 1.

**Figura 1** – Painel SNIS – Informações sobre saneamento 2022



Fonte: <https://www.gov.br/cidades/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis/painel>

A seguir é apresentada a Tabela 1 comparativa por estados, a fim de visualizar os percentuais de cada serviço.

**Tabela 1.** Comparação da população total com acesso aos serviços de água e esgoto entre os estados brasileiros em 2022

Estado	Atendimento total de água (%)	Tarifa média de água (R\$/m <sup>3</sup> )	Acesso à coleta de esgoto (%)	Esgoto coletado e tratado (%)	Acesso ao tratamento de esgoto (%)
Acre	48,01	2,81	53,34	8,61	4,59
Alagoas	77,21	5,10	16,30	68,99	11,25
Amapá	46,93	3,13	14,63	96,96	14,19
Amazonas	81,66	4,11	21,83	92,60	20,21
Bahia	80,55	6,07	54,67	80,37	43,94
Ceará	70,30	4,27	39,52	87,04	34,40
Distrito Federal	98,99	6,25	81,96	100,00	81,96
Espírito Santo	83,45	4,41	55,88	74,99	41,90
Goiás	89,10	6,07	64,31	93,43	60,08
Maranhão	59,45	3,74	33,65	40,26	13,55
Mato Grosso	87,01	3,75	50,43	81,02	40,86
Mato Grosso do Sul	85,84	7,43	50,19	99,85	50,11
Minas Gerais	84,16	4,78	67,05	56,94	38,18
Pará	55,42	3,88	11,68	65,86	7,69
Paraíba	76,99	5,30	39,07	79,39	31,02
Paraná	96,09	6,69	76,03	99,87	75,93
Pernambuco	86,65	4,71	30,45	68,19	20,76
Piauí	72,84	4,63	19,28	90,27	17,40
Rio de Janeiro	89,09	5,39	64,95	76,71	49,82
Rio Grande do Norte	79,69	4,91	32,77	81,73	26,78
Rio Grande do Sul	88,12	8,96	33,26	76,82	25,55
Rondônia	56,60	4,08	12,46	80,61	10,04
Roraima	79,40	2,86	81,34	98,62	80,22
Santa Catarina	89,56	6,72	36,54	95,25	34,80
São Paulo	95,21	4,04	81,22	88,18	71,62
Sergipe	91,62	6,01	38,17	82,47	31,48
Tocantins	79,44	6,44	32,47	99,57	32,33
<b>Brasil</b>	<b>84,92</b>	<b>5,09</b>	<b>56,00</b>	<b>52,20</b>	<b>29,23</b>

Fonte: Elaboração própria com dados coletados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS).

Conforme observa-se na Tabela 1, o Distrito Federal possui maior percentual de atendimento total de acesso a água (98,99%), acesso a coleta de esgoto (81,96%), ao esgoto coletado e tratado (100%) e ao tratamento de esgoto (81,96%), estando na região Centro-Oeste. Seguido do estado do Paraná, com 96,09% de atendimento total de água, 76,03% de acesso à coleta de esgoto, 99,87% do esgoto coletado e tratado e 75,93 % de acesso ao tratamento de esgoto, o qual é localizado na região Sul. Após é verificado o Estado de São Paulo, localizado na região Sudeste, com 95,21% de atendimento total de água, 81,22% de acesso à coleta de esgoto, 88,18% do esgoto coletado e tratado e 71,62% de acesso ao tratamento de esgoto.

Em contraponto verifica-se que o estado do Amapá possui o pior percentual de atendimento total de água (46,93%), acesso a coleta de esgoto (14,63%), acesso ao tratamento de esgoto (14,19%), embora possua percentual elevado (96,96%) de esgoto coletado e tratado. O Acre, com 48,01% de atendimento total de água, 53,34% de acesso à coleta de esgoto, somente 8,61% de esgoto coletado e tratado e 4,59% de acesso ao tratamento de esgoto. Após temos o Pará com 55,42% de atendimento total de água, 11,68% de acesso a coleta de esgoto, 65,86% do esgoto coletado e tratado e somente 7,69% de acesso ao tratamento de esgoto. Todos localizados na região Norte do país, demonstrando disparidade existente entre as regiões brasileiras.

Já o Rio Grande do Sul, localizado na região Sul, possui 88,12% de atendimento total de água, 76,82% de esgoto coletado e tratado, porém somente 25,55% da população tem acesso ao tratamento de esgoto e 33,26% acesso à coleta de esgoto, evidenciando a necessidade de melhoramentos nesses pontos. Em contrapartida, o estado detém o maior valor de tarifa média entre todos os estados brasileiros, sendo 76% superior à média das tarifas cobradas no Brasil.

### **3. INDICADORES DE SANEAMENTO BÁSICO**

Visando a demonstração das ações de melhoria na transparência e na prestação de contas bem como acompanhamento do progresso é importante e necessário o monitoramento de dados de saneamento (Schwemlein; Cronk; Bartram, 2016). Os autores referem que tais ações contribuem para o desenvolvimento de políticas públicas, identificação de oportunidades para projetos ou programas além de direcionar investimentos. Conforme o PLANSAB (2020) tal monitoramento possibilita o acompanhamento do setor de saneamento básico em suas características intrínsecas bem como a evolução social, econômica, administrativo-gerencial e da realidade política do país. Além da aferição do cenário referência previsto em sua evolução ambiental, o cumprimento das metas estabelecidas, impacto das políticas e ampliação do acesso aos serviços de saneamento básico (PLANSAB, 2020).

Segundo Soligo (2012) buscando a acessibilidade das informações e o entendimento dessas por todas as pessoas, os indicadores são utilizados como ferramenta para aferir e transformar medidas em índices, evidenciando, assim, aspectos diversos referentes ao desenvolvimento social, político e econômico ou de qualidade de vida. Após a Constituição Federal de 1988, ocorreu o aumento de demanda por informações sociais, com o intuito de um melhor planejamento e execução de políticas públicas, com isso os estados e municípios passaram a se utilizar de indicadores (Mörs, 2020). Nesse sentido, por exemplo, indicadores ambientais aplicáveis a vários ecossistemas e de fácil medição, devem permitir a utilização conjunta com outros indicadores, apresentar sensibilidade a mudanças sistemáticas, viabilizar a participação procedimental da população local e refletir padrões de sustentabilidade (Feistauer et al., 2017).

Existem algumas iniciativas de avaliação dos serviços de saneamento básico no Brasil, através dos municípios visando uma classificação por ranking. O mais conhecido é o Ranking de Saneamento do Instituto Trata Brasil (2014) que se utiliza das informações das 100 maiores cidades do país segundo a avaliação das prestações de serviços de saneamento básico formada pelos fatores relacionados à água e esgoto, seus níveis de cobertura e eficiência nas operações. Com isso, o objetivo é o incentivo à evolução, reconhecimento das mais bem posicionadas e o estímulo e conscientização da necessidade de envolvimento da sociedade (Instituto Trata Brasil, 2014). Para sua

elaboração, as informações são fornecidas pelos prestadores de serviços por meio da base de dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) consultada pelo Instituto.

Há também o Programa Município Verde Azul do estado de São Paulo, em que é elaborada agenda e anualmente são avaliadas as ações realizadas, conforme os compromissos estabelecidos pelo municípios participantes e seus protocolos de intenções (Nirazawa, 2016). Para liberação de recursos do Fundo Estadual de Controle de Poluições (FECOP) os municípios devem participar do programa, ou seja, é pré-requisito (São Paulo, 2015). Tais programas não contemplam completamente a legislação, uma vez que tratam das maiores cidades, excluindo os municípios menores ou dependem da adesão ao programa (Nirazawa, 2016). Ainda, segundo Nirazawa e Oliveira (2018) há o ranking de saneamento proveniente de iniciativa internacional do governo da Índia, que guarda em comum com os demais a elaboração através de índices ou indicadores aplicados aos municípios.

Com relação a gestão desenvolvida referente ao saneamento, há três categorias existentes atualmente no país, quais sejam, regionais/estaduais, privadas e locais. As regionais/estaduais atendem 78% da população, a exemplo da Sabesp em São Paulo, Cedae no Rio de Janeiro, Embasa na Bahia e Saneago em Goiás. Já os órgãos da administração direta ou empresa multimunicipal (economia mista ou pública) e as autarquias são prestadores de serviços locais, a exemplo dos Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAEs) e Departamento Autônomo de Água e Esgoto (DAAEs) (Lima et al., 2017).

A Lei 11.445/2007 definiu indicadores pautados na mensuração de dados de saneamento coletados pelo IBGE, PNAD, Censo 2010, PNSB 2008, para o fornecimento de informações quanto ao atingimento de metas durante o período de confecção do Sinisa, além das previsões de indicadores nos planos municipais e estaduais (Nirazawa, 2016). Programas, macrodiretrizes e estratégias, indicadores auxiliares, metas, cenários são as dimensões consideradas no Plansab de 2013 para metodologia de avaliação sistemática e monitoramento (PLANSAB, 2020). Porém, no Brasil, não é verificada a existência de iniciativa de indicadores estruturada com base na Lei n.º 11.445/2007, que abranja os componentes básicos do saneamento básico para sua adequada mensuração e monitoramento (Nirazawa; Oliveira, 2018).

Para fins de mensuração de dados a respeito de saneamento básico alguns estudos e pesquisas foram desenvolvidos (Quadro 2):

**Quadro 2 – Estudos e pesquisas com propostas de indicadores**

Nome	Ano
Vieses Socioeconômicos: Análise da Percepção Popular sobre os Serviços de Esgotamento Sanitário em Pernambuco	2023
The exploration of residents' perception of eco-urbanization at community and driving factors in China	2022
Residents' participation and perception of environmental sanitation program in Ogun East Senatorial District, Nigeria: a mixed-method approach	2022
TESE: As condições socioeconômicas, o saneamento básico e a qualidade da água subterrânea em Anastácio (MS): aspectos relacionados à percepção ambiental	2011
Percepção do Saneamento Básico por Moradores de Juazeiro-BA Com Vista a Ações Educativas	2017
Satisfação e percepção dos usuários dos sistemas de saneamento de municípios goianos operados pelas prefeituras	2017
TRATA BRASIL: A percepção da população quanto ao Saneamento Básico e a responsabilidade do Poder Público	2012
Perceptions of water, sanitation and health: a case study from the Mekong Delta, Vietnam	2009
Saneamento básico e percepção ambiental: um estudo realizado na comunidade Candidópolis em Itabira, Minas Gerais	2017
Percepção Sobre Saneamento Básico dos Moradores Dos Bairros Centro E São Francisco, Balsas-Ma	2021
Índice de saneamento básico em áreas urbanizadas: estudo de caso no município de Tarrafas/CE	2021
Water Quality, Sanitation, And Hygiene In Kirinya Parish, Wakiso District (Dissertation)	2023
Proposição de um Índice de Saneamento Básico: Um Estudo Aplicado nas Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (dissertação)	2023
PREFEITURAS	
Saneamento Básico Urbano -Prefeitura de Moju/ PA	
Percepção da População quanto ao Saneamento Básico - Santa Vitória - MG	
Questionário do Plano de Mobilização Social - Lagoa Formosa	
Plano Municipal de Saneamento Básico de Miracema do Tocantins	
Prefeitura Municipal da Serra, Espírito Santo	
Plano Municipal de Saneamento Básico de Nova Cruz, RN	

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No Brasil tem-se falado muito sobre ampliação da oferta do serviço de saneamento básico, inclusive com a definição de metas. Entretanto, pouco tem sido feito para avançar na avaliação do serviço prestado.

A legislação já traz alguns parâmetros de avaliação da qualidade dos serviços públicos, aplicáveis inclusive aos serviços de saneamento. A Constituição Federal (1988) em seu artigo 37, XXII, § 3º disciplina formas de participação do usuário na administração pública, direta e indireta, garantindo a existência de reclamações provenientes da prestação de serviços públicos em geral, garantia de seu atendimento enquanto usuário, bem como a avaliação periódica da qualidade dos serviços, interna e externamente. Corroborando tal participação, a Lei n.º 13.460/2017 dispõe sobre participação, proteção e defesa dos direitos do usuário dos serviços públicos da administração pública.

Entretanto, modelos que possibilitem a avaliação da qualidade do serviço de saneamento pelo usuário final ainda são incipientes. No cenário atual não são solicitados feedbacks contínuos dos cidadãos usuários dos serviços de saneamento básico, que acabam sendo polo passivo enquanto destinatários do serviço prestado. Nesse sentido, no

monitoramento do serviço deve o gestor público incluir a avaliação da qualidade do serviço prestado. Segundo De Waele (2021), os prestadores de serviços públicos precisam desenvolver uma estrutura de medição de desempenho. Neste sentido tem havido uma ampla discussão a respeito da medição e avaliação da qualidade de serviços, sob a ótica do usuário final. Espera-se da gestão pública, maior qualidade, integridade, foco nas necessidades dos cidadãos, eficácia, transparência e acessibilidade aos serviços de saneamento.

## REFERÊNCIAS

- [1] AGERGS. Saneamento Básico. Disponível em: <https://agergs.rs.gov.br/saneamento>.
- [2] BRASIL, Ministérios das Cidades. Plano Nacional de Saneamento Básico - PLANSAB. Brasília, 2013.
- [3] BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília: Presidência da República, [2021]. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Constituicao/ConstituicaoCompilado.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/ConstituicaoCompilado.htm). Acesso em: 07 abr. 2021.
- [4] BRASIL. 2010a. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial da União, 3 ago. 2010.
- [5] BRASIL. 2010b. Decreto nº 7.217, de 21 de junho de 2010. Regulamenta a Lei no 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Diário Oficial da União, 22 jun. 2010.
- [6] BRASIL. Lei nº. 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Diário Oficial da União, 8 jan. 2007.
- [7] BRASIL. Lei nº 13.460, de 26 de junho de 2017. Dispõe sobre participação, proteção e defesa dos direitos do usuário dos serviços públicos da administração pública. Brasília: Presidência da República, [2017]. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2017/lei/l13460.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/lei/l13460.htm).
- [8] BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico. Brasília: D.O.U de 16/07/2020.
- [9] BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. Programa Sustentar. Brasília: MS/Funasa, 2018.
- [10] CAPAZ, Rafael S.; NOGUEIRA, Luiz A. H. Ciências Ambientais para Engenharia. 1 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.
- [11] COSTA, Talita Tássia da. Percepção ambiental da população da zona urbana de Pau dos Ferros sobre saneamento básico. 2018.
- [12] DAVIS, Mackenzie L.; MASTEN, Susan J. [tradução Félix Nommembacher] Princípios de Engenharia Ambiental. 3 ed., Porto Alegre: AMGH Editora Ltda, 2016.
- [13] DACACH, N. G. **Saneamento Básico**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora, 314 p, 1979.
- [14] DE DEUS GROTTTO, Beatriz et al. PERCEPÇÕES DA COMUNIDADE ACADÊMICA SOBRE A GESTÃO E GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS E A FORMA E OS MEIOS DE COMUNICAÇÃO RELACIONADOS. **REVISTA EIXO**, v. 11, n. 3, p. 74-88, 2022.
- [15] DE LIMA, Raul Sampaio et al. Acesso e qualidade da prestação dos serviços de saneamento básico: percepção de uma população no litoral paulista. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 11, n. 1, p. e20281-e20281, 2022.
- [16] DE WAELE, Lode et al. "A little bit of everything?" Conceptualising performance measurement in hybrid public sector organisations through a literature review. **Journal of Public Budgeting, Accounting & Financial Management**, 2021.
- [17] FEISTAUER, Diogo; et al. Uso de indicadores baseados na legislação ambiental brasileira para análise de propriedades rurais familiares da Amazônia. *Ciência Florestal*. v.27, n.1, Santa Maria, 2017.

- [18] FUNASA, Fundação Nacional da Saúde. Política e Plano Municipal de Saneamento Básico: Convênio FUNASA/ASSEMAE. 2 ed. Brasília, 2014.
- [19] GALVÃO JUNIOR, A. C.; SILVA, A. C. (Editores). Regulação: indicadores para a prestação de serviços de água e esgoto. 2.ed. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora Ltda., 2006.
- [20] GOMES, F. D. A universalização do saneamento básico - a municipalidade como ator subnacional. **Tese de Doutorado**, Universidade Católica de Santos, Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Direito, 158p., 2022.
- [21] GONÇALVES, M. B. O poder público e os direitos fundamentais: reflexões acerca da universalização do saneamento básico no Brasil. **Dissertação de Mestrado**, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, Programa de Estudos Pós-Graduados em Direito, 114p., 2022.
- [22] HELLER, L.; PÁDUA, V. L. (organizadores). Abastecimento de água para consumo humano. Abastecimento de água, sociedade e ambiente. Capítulo 1. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2006.
- [23] HIRATA, et al. A revolução silenciosa das águas subterrâneas no Brasil: uma análise da importância do recurso e os riscos pela falta de saneamento. Instituto Trata Brasil. 2019.
- [24] IBGE. Censo Demográfico 2010. Características urbanísticas dos entornos dos municípios. Rio de Janeiro, 2012.
- [25] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2010). Censo Demográfico 2010.
- [26] INSTITUTO TRATA BRASIL. Manual do Saneamento Básico. São Paulo, 2014.
- [27] LIMA, Aline Souza Carvalho et al. Satisfação e percepção dos usuários dos sistemas de saneamento de municípios goianos operados pelas prefeituras. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 22, p. 415-428, 2017.
- [28] MINISTÉRIO DAS CIDADES. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Plano Nacional de Saneamento Básico – PLANSAB. Brasília, 2013.
- [29] MINISTÉRIO DAS CIDADES. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Relatório de Avaliação Anual do Plano Nacional do Saneamento Básico. Brasília, 2015.
- [30] MÖRS, Joice. Avaliação de indicadores de saneamento básico e os custos vinculados à saúde em municípios do RS-Brasil. 2020.
- [31] NIRAZAWA, Alyní Nomoto. **Saneamento básico: proposta de ranking dos municípios paulistas**. 2016. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- [32] NIRAZAWA, Alyní Nomoto; OLIVEIRA, Sonia Valle Walter Borges de. Indicadores de saneamento: uma análise de variáveis para elaboração de indicadores municipais. **Revista de Administração Pública**, v. 52, p. 753-763, 2018.
- [33] ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE - OMS. World Health Statistics 2018: Monitoring health for the SDGs. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/272596/9789241565585-eng.pdf?ua=1>.
- [34] ONU. Organização das Nações Unidas. Desenvolvimento sustentável.
- [35] Organização das Nações Unidas - ONU (2000). Declaração do Milênio.
- [36] Organização das Nações Unidas - ONU (2010). Resolução 64/292, de 28 de julho de 2010.
- [37] Organização das Nações Unidas - ONU (2023). Water supply, sanitation and hygiene monitoring. Disponível em: [https://cdn.who.int/media/docs/default-source/wash-documents/jmp-wash-in-schools240525.pdf?sfvrsn=1568505b\\_3&download=true](https://cdn.who.int/media/docs/default-source/wash-documents/jmp-wash-in-schools240525.pdf?sfvrsn=1568505b_3&download=true)
- [38] PHILIPPI JR., Arlindo; GALVÃO JR., Alceu de C. Gestão do Saneamento Básico: Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário. Barueri: Editora Manole Ltda, 2016.
- [39] SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. Município VerdeAzul.
- [40] Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura – SEMA. Saneamento na SEMA. Disponível em: <https://www.sema.rs.gov.br/saneamento>.
- [41] SCHWEMLEIN, S.; CRONK, R.; BARTRAM, J. Indicators for Monitoring Water, Sanitation, and

Hygiene: A Systematic Review of Indicator Selection Methods. *International Journal Environmental Research Public Health*. Switzerland, v. 13, p. 333, mar. 2016.

[42] SCRIPTORE, Juliana Souza; TONETO JÚNIOR, Rudinei. A estrutura de provisão dos serviços de saneamento básico no Brasil: uma análise comparativa do desempenho dos provedores públicos e privados. **Revista de Administração Pública**, v. 46, p. 1479-1504, 2012.

[43] SMIDERLE, Juliana Jerônimo. Planasa e o novo marco legal do saneamento: semelhanças, diferenças e aprendizado. **Rio de Janeiro: FGV: Instituto Brasileiro de Economia (Ibre)**, v. 22, 2020.

[44] SOLIGO, Valdecir. Indicadores: Conceito e complexidade do mensurar em estudos de fenômenos sociais. *Estudos em Avaliação Educacional*. v.23, n. 52, São Paulo, 2012.

[45] UHR, Júlia G. Z.; SCHMECHEL, Mariana; UHR, Daniel de A. P. Relação entre saneamento básico no Brasil e saúde da população sob a ótica das internações hospitalares por doenças de veiculação hídrica. *RACEF – Revista de Administração, Contabilidade e Economia da Fundace*. v. 7, n. 2, p. 01-16, 2016.

[46] UNICEF. Relatório de Atividades 2023 e Perspectivas 2024 do Programa de Água, Saneamento e Higiene, Mudanças Climáticas, Meio Ambiente e Desastres (WASH-CEED). Fundo das Nações Unidas para a Infância, 24p., 2024.

[47] VALVASSORI, M. L.; ALEXANDRE, N. Z. Aplicação do Indicador de Salubridade Ambiental (ISA) para áreas urbanas. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*. Rio de Janeiro, n. 25, set. 2012.

# Capítulo 2

## *A relação da ausência de saneamento básico adequado no município Pombal-PB com doenças endêmicas de veiculação hídrica*

*Denilson Gualberto de Sousa*

*Sanara de Sousa Ribeiro*

*Emerson Lira Freire*

*Eduardo Vale Teixeira*

*Géssica Tamires Ferreira da Silva*

*Jarina Cybelle Fernandes do Nascimento*

*Gleisson dos Santos da Silva*

*Andréa Maria Brandão Mendes de Oliveira*

*Luiz Fernando de Oliveira Coelho*

*Kelly Nayara Cordeiro Viturino*

**Resumo:** O saneamento básico no Brasil é uma questão fundamental para garantir a qualidade de vida da população e do meio ambiente. Porém, o desafio quanto ao saneamento no Brasil é constante, pois com o crescimento desenfreado da urbanização e a falta de planejamento adequado para que o saneamento básico possa acompanhar esse avanço, vem a preocupação quanto à qualidade de vida da população, principalmente das pequenas cidades que não possui sistema de tratamento de água e esgoto, bem como o tratamento de resíduos sólidos e o direcionamento desses resíduos para aterros, ficando assim expostos próximo as residências. A falta do saneamento está intimamente ligada ao surgimento e a propagação de doenças. A ausência de sistemas adequados de esgoto e tratamento de águas residuais resulta na poluição do meio ambiente e da água, contribuindo para a proliferação de doenças. A disposição de resíduos sólidos leva ao acúmulo de lixo, criando locais propícios à reprodução de vetores, como mosquitos. Diante do exposto, objetivou-se buscar a relação entre a ausência de saneamento básico adequado no município de Pombal-PB com as doenças endêmicas de veiculação hídrica. A execução desse trabalho seguiu as etapas de pesquisa bibliográfica sobre o tema, levantamento de dados primários e secundários, visita in loco, análise e discussão dos dados obtidos. Por fim, conclui-se que é existente a relação entre a ausência de saneamento básico adequado no município de Pombal-PB com as doenças endêmicas de veiculação hídrica.

## 1. INTRODUÇÃO

No Brasil o saneamento básico é considerado um fator de grande importância e de preocupação para o meio social e ambiental. O saneamento tem total importância para vida de cada pessoa, sendo um direito para o cidadão ter boas condições de infraestrutura e de higiene, conectados diretamente à sobrevivência humana (Lira; Soares, 2021), e que em toda e qualquer região tem por obrigação ser aplicado adequadamente e de possuir funcionalidades contínuas. Nas regiões brasileiras, principalmente em localidades onde a desigualdade é existente, esse contexto ainda não segue os padrões e atribuições que são mostrados na Lei nº 14.026/2020 do marco regulatório do saneamento básico, como também não tem grandes investimentos para elaboração de infraestruturas, tornando assim um país atrasado em relação aos demais países.

No âmbito coerente a essas questões de adequações no saneamento básico é exigido nas diretrizes que tenha continuidade nos processos para disponibilizar adequadamente serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem de águas pluviais e gestão de resíduos sólidos para as regiões brasileiras, garantindo para a população boas condições de vida, que na maioria das vezes esses serviços não são aplicados corretamente e deixam a desejar pela inadequação.

A falta de saneamento adequado no Brasil tem gerado grandes conflitos entre a sociedade, principalmente aquelas que são de baixa renda e vivem em condições de pobreza. Conflitos esses que resultam em: acondicionamento inadequado do lixo; a má qualidade da água; disposição de dejetos em lugares inadequados; além de ambientes totalmente poluídos (Costa; Pinheiro, 2018), influenciando o aparecimento de vários impactos negativos que irão afetar diretamente a saúde da população.

O Brasil, mesmo que tenha apresentado evolução no progresso da redução das iniquidades em saúde nas últimas décadas, ainda é um país que possui importantes desafios relacionados às desigualdades na cobertura de serviços de saneamento (Massa & Filho, 2020), além de não seguir os avanços da urbanização no país. As consequências presenciadas nas regiões brasileiras, em especial nas microrregiões são notórias e as exposições a fatores de riscos ambientais, como as condições de moradia, água e saneamento, estão diretamente ligadas aos determinantes sociais da saúde (Massa & Filho, 2020). Esse contexto leva a significativos impactos negativos para a saúde das pessoas, além de favorecer condições ideais para surgimento de doenças de veiculação hídrica, advindas principalmente de regiões menos desenvolvidas e que possuem um grande déficit de saneamento básico.

Segundo Rocha (2022), “muitas doenças que acometem os países em desenvolvimento poderiam ser perfeitamente evitadas se houvesse investimento adequado na coleta, distribuição e tratamento dos recursos hídricos”. As microrregiões do Brasil ainda são constituídas pela falta de um sistema adequado de saneamento básico e com isso várias enfermidades como dengue, chikungunya, cólera, leptospirose, hepatite A, doenças diarreicas, esquistossomose, amebíase, entre outras tantas que se desenvolvem e afetam a população, trazendo problemas de saúde pública. De acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS) estima-se que 600 milhões de pessoas – quase 1 em cada 10 pessoas no mundo – adoecem e 420.000 morrem todos os anos devido às DTHA, resultando na perda de 33 milhões de anos de vidas saudáveis. As crianças menores de 5 anos, carregam 40% da carga de DTHA, com 125.000 mortes a cada ano. Associado a esse agravo temos a falta de conscientização da população que descarta seus resíduos de forma inadequada e desordenada ao tempo que a coleta desses resíduos não acompanha o volume descartado,

ficando assim exposto e se tornando propício à disposição e proliferação de vetores.

Em meio a essas problemáticas, a cidade de Pombal, localizada no estado da Paraíba, se encontra com os mesmos problemas citados, divergindo dos termos ideias de qualidade de saúde adequada para os residentes, principalmente aqueles de baixa renda, onde se localizam em áreas que possuem mínima aplicação do saneamento, tornando os mesmos vulneráveis às doenças endêmicas, que na maioria das vezes poderiam ser evitadas se houvesse uma melhor atenção dos governantes. Desse modo, é notória a importância de realizar um estudo da falta do saneamento básico com as doenças endêmicas da região.

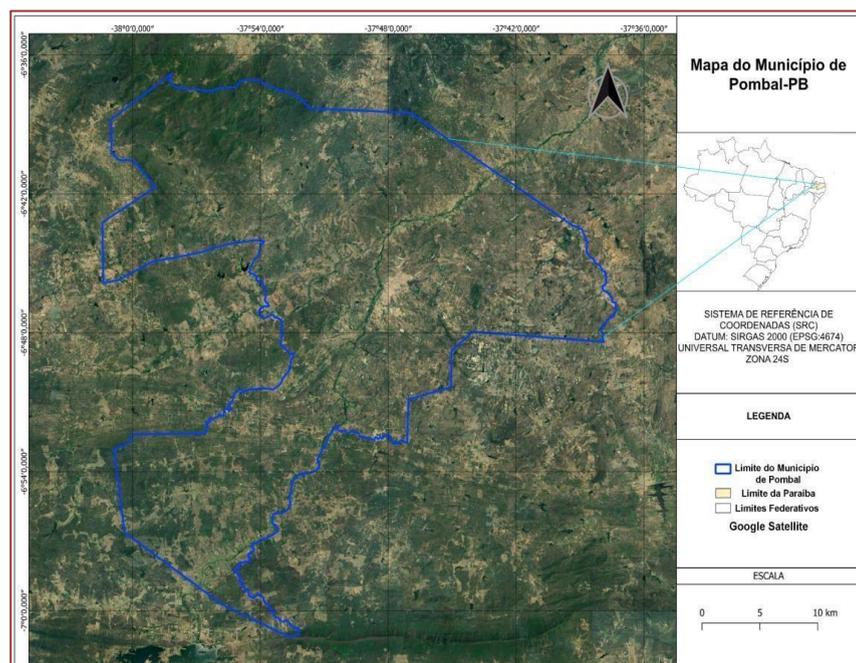
Portanto, o objetivo deste trabalho é mostrar a relação entre a falta de saneamento básico com as doenças endêmicas no município de Pombal, no alto sertão paraibano, com base em levantamento de dados primários e secundários, visita in loco, pesquisas bibliográficas e relatos dos moradores locais.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO (POMBAL-PB) E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O estudo abordado foi elaborado no município de Pombal, no alto sertão paraibano, como podemos observar na figura 1, possuindo coordenadas geográficas de Latitude: 6° 46' 8" Sul, Longitude: 37° 47' 45" Oeste, na região nordeste do Brasil. A sua densidade demográfica é de 36,32 habitantes por km<sup>2</sup>, com área territorial de 894,099 km<sup>2</sup>, além de possuir uma população de 32.473 pessoas (IBGE, 2022), sendo 80,2% localizados em área urbana e 19,8% em área rural.

**Figura 1:** Localização da área de estudo (Pombal-PB)



Fonte: autores (2024).

O município é caracterizado pelo bioma da caatinga e é localizado no alto sertão da Paraíba, com clima semiárido nordestino.

A cidade de Pombal conta com o abastecimento de água realizado pela companhia Água e Esgoto do Estado da Paraíba (CAGEPA) que é a principal responsável pelo fornecimento de água potável em Pombal. No entanto, o acesso contínuo à água de qualidade ainda é um desafio em algumas áreas do município. Segundo Melo et al (2017) a água é captada no Rio Piranhas e bombeada até uma ETA (Estação de Tratamento de Água Convencional) onde passa pelos processos de coagulação, cloração e filtração. Os mesmos autores afirmam que após o tratamento a água é armazenada em três reservatórios, um semienterrado com capacidade de 500.000 litros e dois elevados com capacidade de 300.000 e 250.000 litros, após todo o processo é feita a distribuição da água para o abastecimento da população.

Esta pesquisa foi baseada em levantamento de dados em campo, e também levou em consideração dados de trabalhos acadêmicos com publicações do ano de 2017 a 2023 com as seguintes palavras-chave: saneamento básico, doenças de veiculação hídrica. Os critérios usados para selecionar a literatura tiveram o foco direto no saneamento básico e nas doenças endêmicas de veiculação hídrica. O estudo tem por objetivo mostrar as condições do saneamento básico e verificar se supre as necessidades dos moradores adequadamente, especialmente nas áreas periféricas que estão em uma situação precária com relação à esta situação presente e relacioná-las com doenças endêmicas no município de Pombal, no alto sertão paraibano. Logo, sabemos que devido a esses problemas podem haver contribuições para o agravamento da desigualdade social e econômica, bem como da incapacidade nos serviços de coleta e tratamento de saneamento.

Para a obtenção dos dados secundários foi realizada uma busca na secretaria epidemiológica de Pombal, somados aos dados do SINAN e discussões informais acerca da problemática exposta.

Os resultados encontrados foram divididos em duas etapas: a primeira, constou com identificação e registros dos canais que conduzem as águas pluviais e esgoto até o rio Piancó, sendo registrado os meios de poluição e degradação do ambiente, onde afeta diretamente a saúde pública; a segunda, se deu através da aquisição de dados secundários, obtidos junto a secretaria de epidemiológica de Pombal-PB.

Além dos registros fotográficos, também foi realizada uma pesquisa informal com a população que reside nas proximidades da área para sabermos mais sobre as condições que essa população acaba ficando exposta, devido ao ambiente e suas características, sendo elas: vetores, odor (ocasionado pela exposição dos esgotos a céu aberto), pragas e eventuais doenças. O descarte inadequado de lixo é identificado e completamente visível ao longo de todo o trecho que foi estudado e é um fator que além de agravar e intensificar a proliferação de doenças prejudica o meio ambiente e aumenta o fluxo de animais nessa região, pois são atraídos pela presença e volume de lixo, tornando-se facilitadores da proliferação de doenças.

Em decorrência da disposição inadequada de resíduos sólidos no ambiente e como consequência disso, é fundamental darmos uma atenção séria e ponderada aos impactos causados no solo e na água, uma vez que a poluição causada pelo acúmulo de lixo pode resultar na contaminação do solo e posteriormente dos corpos hídricos próximos.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os serviços de saneamento básico são de extrema importância para o desenvolvimento dos centros urbanos, em todas as esferas, sejam elas sociais, econômicas, sanitárias e/ou ambientais. A medida que as áreas urbanas de Pombal se expandem gradativamente, aumenta a necessidade de fornecimento de serviço de saneamento de qualidade que possa suprir toda a população, principalmente aos que residem nas periferias, que são os mais vulneráveis e suscetíveis às doenças causadas pela falta total ou parcial de serviços básicos de saneamento, exemplo disso, a coleta de resíduos.

Com base nos estudos realizados, usando como referência levantamentos bibliográficos, dados secundários da secretaria epidemiológica de Pombal e observações realizadas durante a visita *in loco*, foi observado que os serviços de saneamento não atendem às necessidades dos moradores, principalmente das regiões periféricas, aumentando a desigualdade social, econômica e sanitária.

Durante a visita *in loco* foi realizado uma pesquisa informal com os moradores que moram próximos aos canais de drenagem, onde foi relatado que há aumentos de pragas como insetos em determinadas épocas do ano, especialmente em épocas chuvosas, além disso apesar de ter coletas de resíduos semanalmente, muitas moradores acabam descartando seus resíduos próximo aos canais, afetando as condições sanitárias da população, como é mostrado na figura 2.

**Figura 2:** lançamentos de resíduos próximos e dentro do canal de drenagem



Fonte: Autores (2024).

Na área percebe-se a disposição de resíduos sólidos, próximo às residências e canais, bem como a canalização de esgoto, e em suas mediações, observa-se também a presença de animais. Além disso, apresenta um grande potencial de poluição do solo e da água, favorecendo a proliferação de vetores no local.

Foram identificadas concentrações de poluição pontuais como é observado na (Figura 3) nas imediações das residências, nos canais de águas pluviais, bem como presença de animais e vetores que são atraídos pelos resíduos sólidos despejados nesses pontos, agravando os problemas identificados posteriormente.

**Figura 3:** Canais de drenagem com lançamentos de esgotos e resíduos próximos às residências



Fonte: Autores (2024).

Ao longo de outros trechos foram identificados os mesmos problemas anteriores, como: a disposição de lixo em torno e no interior dos canais, animais e a canalização de esgotos domésticos nos canais que à priori são para condução de águas pluviais. Esse trecho é localizado na Rua do Matadouro no Bairro dos Pereiros, na área urbana da cidade.

### **3.1. DADOS EPIDEMIOLÓGICOS DA SECRETARIA DE SAÚDE DE POMBAL-PB**

Dados epidemiológicos são informações estatísticas e descritivas que são coletadas e comprovadas para entender a distribuição, determinantes de doenças e outros eventos de saúde em populações. Esses dados são essenciais para a saúde pública e para a tomada de decisões, com isso a secretaria de epidemiologia de Pombal, como em qualquer outra cidade, desempenha um papel crucial na compreensão da saúde da população local, pois permite o monitoramento de doenças e outros eventos de saúde que afetam a comunidade. Esses dados incluem informações sobre a ocorrência de doenças infecciosas, prevalência de condições crônicas, taxas de mortalidade, cobertura de imunização, acesso a serviços e entre outros.

Com base nos dados epidemiológicos obtidos junto a Secretaria Municipal de Epidemiologia e o SINAN (Sistema de Informação de Agravos de Notificação), obtemos os seguintes índices na Tabela 1 de notificação de doenças de veiculação hídrica e/ou causadas pelo acúmulo de resíduos que torne o ambiente propício para a propagação de vetores. Os dados foram disponibilizados de acordo com a notificação anual dos casos entre os anos de 2020 a 2023.

**Tabela 1:** Notificação de casos de Dengue e Chikungunya no período de 2020 a 2023 no município de Pombal

Anos	Dengue	Chikungunya
2020	312	00
2021	07	01
2022	1030	1429
2023	35	5
<b>Total</b>	1384	1435

Fonte: Secretaria de Vigilância Epidemiológica de Pombal-PB.

Esses números representam em média a incidência de casos de dengue e chikungunya registrados no período de 2020 a 2023 em Pombal-PB. Visto que foi relatado pelos servidores da secretaria que no período da pandemia de COVID19 principalmente entre os anos de 2020 e 2021 os casos foram apenas subnotificados, pois grande parte das pessoas infectadas não procuraram a rede e atenção básica de saúde do município, onde não foi possível realizar um levantamento de casos reais dessas doenças. Em 2022 foi relatado um alto índice nos números de casos, principalmente de chikungunya onde foi descrito como um surto epidemiológico por se caracterizar com um número notificado de casos além do esperado de uma doença endêmica em um período na região. Os casos de Dengue e Chikungunya não representam os números reais, pois há um limite de registro de casos para doenças endêmicas, chegando até 800 casos notificados por região (bairro, comunidade, zona rural). Ficando registrados apenas parte dos casos que engloba o município. Segundo a secretaria de epidemiologia os maiores registros de casos foram em regiões mais pobres (periferias) por ter exposição a esgoto a céu aberto e acúmulo de resíduos nas proximidades das residências que propicia a proliferação dos vetores dessas doenças e zona rural onde há um número elevado de acúmulo de resíduos, por não existir a coleta regular dos mesmos devido a distância da zona urbana.

Os dados são importantes para monitorar a propagação dessas doenças e tomar medidas preventivas, como ações de controle de vetores e educação em saúde. A análise mais aprofundada desses dados pode fornecer informações valiosas sobre tendências e impacto na saúde pública. Fazendo necessária a implementação de medidas mitigadoras, a fim de minimizar esses problemas.

### 3.2. MEDIDAS MITIGADORAS

A falta de saneamento básico em locais precários como na cidade de Pombal, pode representar um risco bastante significativo para a saúde pública e o meio ambiente, sabendo disso é de extrema importância que seja pensado em medidas mitigadoras, para que assim esses eventos negativos e adversos, que tanto causam danos às áreas ambientais, sejam minimizados ou até mesmo eliminados.

Os investimentos nos sistemas de esgotos e no abastecimento de água potável são essenciais, isto pode incluir a instalação de uma rede sanitária e água potável. Junto a isso, para que se tenha um melhor resultado nas medidas, deve-se aplicar a educação ambiental, para que paralelamente sejam instalados programas auxiliares importantes, como o de coleta seletiva de resíduos sólidos. A compostagem também é uma ótima opção, pois irá incluir os resíduos orgânicos que podem reduzir a quantidade de materiais e produzir fertilizantes naturais. Aplicar sistemas de gestão de águas pluviais para prevenir inundações e garantir a drenagem adequada das águas pluviais e assim prevenir a poluição que é um problema frequente do local. Outra opção para aplicarmos no local seria estabelecer programas regulares de monitorização e manutenção dos sistemas de esgoto. Para ajudar nos custos para executar as medidas mitigadoras, também seria uma opção procurar fontes financeiras que desejam ajudar de forma voluntária, para ajudar a custear a implementação do programa. Certamente ao investirmos na educação ambiental nas escolas e implementar as medidas anteriormente citadas, o estado do saneamento básico será caracterizado por um termo diferente, que não seja associado à precariedade e às deficiências.

#### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS) a saúde é definida como "um estado de completo bem-estar físico, mental e social e não meramente a ausência de doença ou enfermidade". Um conceito ampliado de saúde, que vai além da mera ausência de doenças, incorpora os fatores que condicionam e determinam o bem-estar físico, mental e social. Isso inclui elementos como alimentação, habitação, saneamento, ambiente. Ao longo do artigo ressaltamos o quanto o saneamento básico e/ou a falta dele afeta a saúde, por meios diretos e indiretos tornado um fator condicionante à saúde da população, principalmente dos moradores expostos aos agentes causadores de doenças.

Constatou-se que os serviços de saneamento de Pombal-PB não conseguem suprir as demandas dos moradores, especialmente nas áreas periféricas, contribuindo para o agravamento da desigualdade social e econômica, bem como da deficiência nos serviços de coleta e tratamento de saneamento. Fazendo-se necessário a implementação de políticas públicas que possam garantir o direito ao acesso desses serviços. Além desses problemas, ainda prevalece desinformação da população quanto à disposição e descarte dos resíduos gerados pelos mesmos, fazendo-se necessário a implementação de ações de educação ambiental junto aos moradores ao longo do perímetro urbano da cidade.

Os dados obtidos junto à secretaria de epidemiologia e o e o SINAN (Sistema de Informação de Agravos de Notificação), não foram dados que referenciam de fato a quantidade de casos reais das infecções, uma vez que há um limite de registros de casos a ser notificados, foi relatado que os casos de Dengue e Chikungunya ultrapassam os registrados, somando a essa problemática existem os casos que não foram devidamente notificados durante a pandemia, por ter sido uma época de isolamento e tensão em todo o mundo, muitas pessoas que tiveram dengue na época não procuraram as redes de atenção básica de saúde por medo de contrair o SARS-CoV-2 (COVID-19), tornando difícil a contabilização dos casos dessas doenças. Apesar da falha no registro de dados, os casos notificados servem para realizar o monitoramento e controle dessas doenças, bem como a busca por melhorias na saúde e saneamento a fim de melhorar a qualidade de vida da população.

## REFERÊNCIAS

- [1] BRASIL. Ministério da Saúde. **Doenças de Transmissão Hídrica e Alimentar (DTHA)**. Disponível em: <<https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/d/dtha>>. Acesso em: 03 de novembro de 2023.
- [2] BRASIL, Ministério da Saúde. **O que significa ter saúde?**. Disponível em: <<https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-brasil/eu-quer-me-exercitar/noticias/2021/o-que-significa-ter-saude>>. Acesso em: 06 de novembro de 2023.
- [3] COSTA; Rafiza Najara Pereira; PINHEIRO, Eduardo Mendonça. **O CENÁRIO DO SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL**. Revistaea, 2018. Disponível em: <<https://www.revistaea.org/artigo.php?idartigo=3523>>. Acesso em: 05 de Novembro de 2023.
- [4] IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades e Estados**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pb/pombal.html>>. Acesso em: 05 de novembro de 2023.
- [5] LIRA, Rodrigo Anido; SOARES, Lucília Rodrigues Pereira. **O novo marco regulatório do saneamento básico: análise das principais mudanças - Lei n.º 14.026**. Campos dos Goytacazes/RJ – ano XIX, n.70, set.-dez. 2021. Universidade CANDIDO MENDES. Disponível em: <<https://royaltiesdopetroleo.ucam-campos.br/wp-content/uploads/2022/07/artigo-3.pdf>>. Acesso em: 05 de novembro de 2023.
- [6] Massa, K. H. C., & Chiavegatto Filho, A. D. P.. (2020). **Saneamento básico e saúde autoavaliada nas capitais brasileiras: uma análise multinível**. Revista Brasileira De Epidemiologia, 23, e 200050. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1980-549720200050>>. Acesso em: 05 de novembro de 2023.
- [7] MELO, F. J. da S.; SILVA FILHO, J. A. da; ANDRADE, S. N. de; VIEIRA, Z. C. **Análise do saneamento básico e saúde pública na cidade de Pombal, Paraíba**. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, [S. l.], v. 12, n. 1, p. 74–78, 2017. DOI: 10.18378/rvads.v12i1.5151. Disponível em: <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/5151>. Acesso em: 5 nov. 2023.
- [8] Rocha, Valéria Maria Lacerda. **Os impactos da ausência de saneamento básico no direito à saúde da população brasileira: uma análise do direito ao meio ambiente saudável e o direito à saúde**. Editora Escola da Magistratura do Rio Grande do Norte (ESMARN), Direito e Liberdade, Natal, v. 24, n. 3, p. 251-282, set./dez. 2022. Disponível em: <<https://bdjur.stj.jus.br/jspui/handle/2011/171842>>. Acesso em: 5 nov. 2023.
- [9] SINAN – SISTEMA DE INFORMAÇÃO DE AGRAVOS DE NOTIFICAÇÃO. Disponível em: <<https://portalsinan.saude.gov.br>>. Acesso em: 05 de novembro de 2023.

# Capítulo 3

## *Análise da qualidade da água, relacionando pH, turbidez e coliformes termotolerantes, do Rio Guandu*

*Gabriel Osório Leal*

*Maria Lucia Teixeira Guerra de Mendonça*

*Rosana Petinatti da Cruz*

**Resumo:** No cotidiano as pessoas apresentam diversas necessidades básicas, dentre elas são destacadas a necessidade universal de beber água em condições propícias de consumo, por apresentar uma importância ímpar para a sustentação. O objetivo desse trabalho foi de avaliar a qualidade da água do Rio Guandu, nos municípios de Seropédica e Nova Iguaçu, com base na resolução CONAMA nº 357/2005, observando o índice de qualidade da água (IQA), utilizando análises físico-químicas e microbiológicas. A metodologia empregada foi analisar pH, turbidez e coliformes termotolerantes (CT) no laboratório do Instituto Estadual do Ambiente. Observou-se que o pH se manteve constante nos dois municípios praticamente durante todo o período analisado (2022), apresentando um caráter neutro, enquanto que a turbidez e o CT apresentavam-se correlacionados com valores altos principalmente nos períodos chuvosos. Concluiu-se então que o pH não se encontra correlacionado com os outros dois parâmetros, mas a turbidez, o CT e a pluviosidade apresentam uma relação entre si.

**Palavras-chave:** qualidade da água, pH, turbidez, coliformes termotolerantes, Rio Guandu.

## 1. INTRODUÇÃO

No cotidiano as pessoas apresentam diversas necessidades básicas, dentre elas destaca-se a necessidade universal de beber água em condições propícias de consumo.

Por apresentar uma importância ímpar para a sustentação e prolongamento da vida tanto de seres humanos, quanto de outros animais e plantas, o direito a água e ao saneamento básico, de acordo com a aceitação da resolução nº 64/292 em 28 de julho de 2010 da assembleia geral da Organização das Nações Unidas (ONU), são reconhecidas como direito humano primordial para aproveitamento da vida, bem como dos outros direitos humanos.

Dessa forma é perceptível que ambos direitos se encontram interligados, de forma que ao tratar o saneamento básico também é um relatório da ONU, mais indivíduos morrem por águas contaminadas, do que por violência como a guerra (Morlin; Euzébio, 2019). Com tudo isso em mente se faz de grande importância o monitoramento de áreas hídricas, como de lagos e Rios, para a garantia da boa qualidade não só do meio, como desse bem de consumo insubstituível.

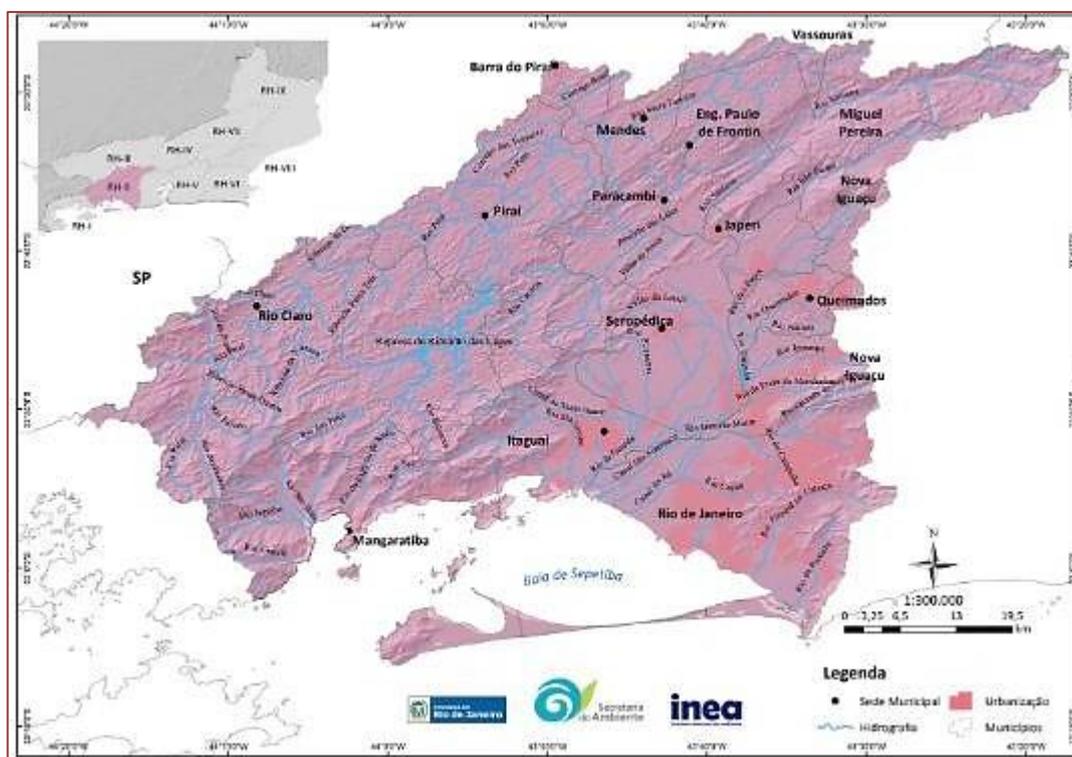
O Rio Guandu é um Rio existente no estado do Rio de Janeiro, tendo 48 km de leito, desaguardo na baía de Sepetiba, através do canal de São Francisco. Ele possui grande importância para a população do Rio de Janeiro, por ser a fonte mais relevante de fornecimento de água para o estado. Sua bacia fornece água para aproximadamente 8,5 milhões de pessoas. E sua bacia é responsável por fornecer água para mais de 80% da população da região metropolitana do Rio de Janeiro.

Os municípios abrangidos pelo Rio Guandu são: Belford Roxo, Duque de Caxias, Itaguaí, Japeri, Mesquita, Nilópolis, Queimados, Paracambi, Rio de Janeiro, São João de Meriti, Seropédica e Nova Iguaçu, oriundo de um fluxo de água conjunta de 49400 L/s, dos quais 43000 L/s vêm exclusivamente da Estação de Tratamento de Água (ETA) do Guandu, estando localizado neste último município citado. (Castro; Ferrerinha, 2013; Guandu, 2012; Kligerman; Sancanari; Nogueira, 2021; Weinberg, 2013).

Com uma área de drenagem de 1921 km<sup>2</sup>, somando a área das sub-bacias Rio Guarda (346 km<sup>2</sup>), Rio Guandu Mirim (190 km<sup>2</sup>) e da própria bacia do Guandu (1385 km<sup>2</sup>) atingindo total ou parcialmente 12 municípios, do estado do Rio de Janeiro, e fora do mesmo a bacia hidrográfica do Rio Guandu tem uma ampla relevância no fornecimento de água para o Rio de Janeiro, tanto para consumo das pessoas a até indústrias.

Dessa área, 1385 km<sup>2</sup> pertence apenas a bacia do Rio Guandu, fornecendo água para 15 municípios em sua totalidade. Ele tem como principais afluentes os Rios Macacos, São Pedro, Poços, Queimados e Ipiranga, que abastecem 3 municípios da Região Metropolitana; o Rio São João, que fornece água a 8 municípios da Região dos Lagos; e o Rio Paraíba do Sul, responsável pelo oferecimento de água para 17 municípios ao longo de sua trajetória, além de 9 cidades na região Metropolitana (figura 1), através da troca de águas com o Rio Guandu.

O Estado do Rio de Janeiro pode ser dividido em 10 regiões hidrográficas (RH), sendo estes formados de bacias, grupo de bacias e/ou sub-bacias hidrográficas próximas, que tenham características sociais, naturais e econômicas parecidas. As regiões hidrográficas do Rio de Janeiro são demonstradas na figura 2, sendo que a RH II se encontra destacada em branco, por ser o local em que a bacia do Rio Guandu se encontra (Castro; Ferrerinha, 2013; Guandu, 2012; Kligerman; Sancanari; Nogueira, 2021; Weinberg, 2013).

**Figura 1.** Regiões hidrográficas do Rio de Janeiro

Fonte: <https://comiteguandu.org.br/regiao/>(2023)

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. SEROPÉDICA

Seropédica é uma cidade de Estado do Rio de Janeiro, apresentando 283,8 km<sup>2</sup> de extensão e com 82 312 habitantes no último censo de 2020, sua densidade demográfica é de 290,1 habitantes por km<sup>2</sup> no território do município. Está situado a 36 metros de altitude, tendo as seguintes coordenadas geográficas: Latitude: 22° 44' 29" Sul, Longitude: 43° 42' 19" Oeste (Cidade Brasil, 2023).

Devido à importância destas regiões para o Estado do Rio de Janeiro, alguns autores estudaram a bacia do Rio Guandu como: Tubbs e seus colaboradores (2004) pesquisaram nitrato, bactérias e cafeína, sendo que esta última, pode ser utilizada como indicador de contaminação de águas subterrâneas no bairro da Piranema, região limítrofe nos municípios de Seropédica e Itaguaí, Estado do Rio de Janeiro. A cafeína é de origem antropogênica, portanto, a sua presença em águas naturais pode ser considerada um indicador em potencial da contaminação originada por esgotos domésticos. Foram analisadas amostras de poços tubulares rasos que apresentaram concentrações diversas de nitrato e/ou bactérias e também positivas para a presença de cafeína, mas foram aceitáveis segundo a legislação para águas subterrâneas.

Marques et al, (2005) caracterizaram a hidrogeoquímica da água em cavas de extração de areia Município de Seropédica, de modo a obter subsídios para alternativas para a recuperação ambiental da região. Os resultados mostraram baixo pH (3.11 – 4.95), altas concentrações de sulfato e alumínio. Esses resultados acarretaram em duas características da água nas cavas: a cor azul e alta transparência, porque nesta faixa de pH

o alumínio se solubiliza como íon ( $Al^{3+}$ ) e o alumínio com o sulfato ocorre a formação de sulfato de alumínio que é um agente floculante que pode dar a água um aspecto limpo, mas a alta concentração de alumínio, inviabiliza a alternativa de introdução da piscicultura nestas águas.

Alcântara e Schueler (2015) pesquisaram sobre o desenvolvimento territorial e a questão hídrica da região abrangida pela Bacia Sedimentar de Sepetiba, onde se situa Seropédica. Investigaram a tipomorfológica para relacionar com o abastecimento de água para a região metropolitana. Constataram risco ambiental por causa das atividades de extração mineral, ao crescimento urbano e industrial, a infraestrutura urbana precária e também a precariedade do saneamento e da drenagem pluvial.

Mendonça et al, (2021) realizaram um trabalho no Município de Seropédica-RJ para determinar a qualidade da água de poços artesianos, por meio da determinação de parâmetros físico-químicos e utilizaram também a técnica estatística multivariada (Análise de Componentes Principais - PCA) para verificar os parâmetros mais relevantes para ser determinado.

## 2.2. NOVA IGUAÇU

Nova Iguaçu a maior cidade do Estado do Rio de Janeiro em extensão, apresentando 521,3 km<sup>2</sup>. A segunda em população com 821.128 habitantes registrados no último censo de 2020, sua densidade demográfica de 1575,3 habitantes por km<sup>2</sup> no território do município. Está situado a 31 metros de altitude, tendo as seguintes coordenadas geográficas: Latitude: 22° 45' 35" Sul, Longitude: 43° 27' 6" Oeste. Apresenta duas áreas de preservação ambiental: a Reserva Biológica do Tinguá e o Parque Natural Municipal de Nova Iguaçu (Cidade Brasil, 2023).

Moraes (2019) realizou a análise do sistema de abastecimento de água do município de Nova Iguaçu e as repercussões que ocorrem diretamente na vida da população local, por meio de pesquisa qualitativa, com análise documental, bibliográfica e também prática.

Quintanilha (2019) investigou a qualidade da água do Rio Dona Eugênia no Parque Natural Municipal de Nova Iguaçu, para isso realizou análises laboratoriais físico-químicos e microbiológicas na água do parque, que é um espaço de ecossistêmico natural. Com os resultados, concluiu que corpo hídrico do Caminho das Águas do Parque estavam dentro dos determinados pela resolução CONAMA.

Miranda (2017) abordou em seu trabalho as principais intervenções realizadas na Bacia do Rio Iguaçu, realizando sua análise por meio da educação ambiental, com o intuito de contribuir para uma gestão integrada para ser estabelecida nesta bacia. Foi sugerido que paulatinamente buscasse as condições originais da bacia para a diminuição dos impactos ambientais da região.

D'Aguila et al, (2000) realizaram um trabalho para desenvolver metodologias de controle de qualidade da água de abastecimento público nos bairros da Posse e Caioaba do Município de Nova Iguaçu tanto para operacionalização e avaliação da qualidade da água. Das amostras analisadas 61% apresentaram positivo para os ensaios bacteriológicos, mostrando os efeitos indesejáveis do saneamento.

### 2.3. RIO GUANDU

Este Rio é um dos mais importantes do Estado do Rio de Janeiro, sendo responsável pelo abastecimento de água de vários municípios da Região Metropolitana. Devido a isto alguns autores investigam esse Rio, como: Impagliazzo (2011) realizou estudos relacionado à gestão dos recursos hídricos da Região Metropolitana do Estado do Rio de Janeiro, abrangendo as principais perspectivas do Rio Guandu, como a Estação de Tratamento e o sistema para sua transposição, elaborando uma gestão dos recursos hídricos por meio da análise da legislação sobre o planejamento ambiental para uso racional e prevenção da destruição dos recursos hídricos.

Castro e Fererrinha (2012) realizaram estudos sobre o uso e a gestão dos recursos hídricos e também sobre o uso do solo na bacia hidrográfica do Rio Guandu, analisaram os dados do Sistema de Informações de Saneamento (SNIS) do Ministério das Cidades e de relatórios da Agência Nacional de Águas (ANA) e constataram que a gestão dos recursos hídricos se relaciona com políticas regionais e metropolitanas, para se ter alternativas de gestão.

Massena et al, (2007) determinaram a concentração de metais (Al, Cd, Pb e Fe), de bifenilas policloradas e de hidrocarboneto policíclico aromático benzo[a]pireno na Estação de Tratamento de Águas (ETA) do Rio Guandu. Os maiores valores encontrados foram para o alumínio, o chumbo e o ferro, ultrapassando os preconizados pelo Ministério da Saúde.

Segundo Oliveira e Hora (2021) as concentrações de coliformes termotolerantes (CT) observados entre 2010 a 2016, analisadas de maneira individual, e depois separadas com suas médias anuais, divididos entre período chuvoso e seco. Desta forma foram obtidos resultados muito acima dos valores de referência, sendo que para o Rio Guandu (água doce), segundo a resolução CONAMA 357/2005 atualmente é o de classe 2, tendo que apresentar uma concentração inferior a 1000 NMP/100mL.

Avaliando a literatura relatada aqui, o objetivo deste trabalho foi de analisar a qualidade da água do Rio Guandu, com base na resolução CONAMA nº 357/2005, observando o índice de qualidade da água (IQA), utilizando análises físico-químicas e microbiológicas.

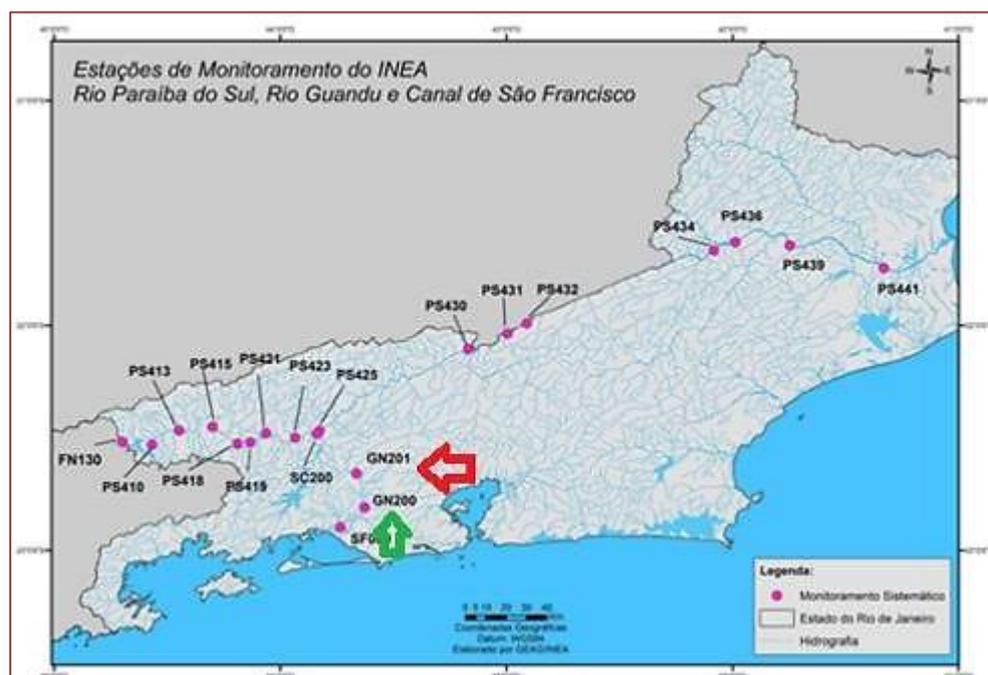
### 3. METODOLOGIA

No presente estudo a análise da água do Rio Guandu foi feita através da coleta em dois municípios: Nova Iguaçu (31 amostras, entre janeiro/2022 até dezembro/2022) e Seropédica (12 amostras, entre janeiro/2022 até dezembro/2022), sendo suas estações de amostragem respectivamente GN200 (latitude-22.8093694444444, longitude-43.6272861111111) e GN201 (latitude -22.65720000, longitude -43.6642194444444), pertencentes a região hidrográfica II (RH II), como fica evidenciado na figura 2.

A fim de garantir a padronização das amostras analisadas a coleta, transporte, preservação e as análises seguem as normas expressadas no Standart Methods for the Examination & Wastewater, todas as amostras foram feitas em duplicatas, e analisadas no laboratório do Instituto Estadual do Ambiente (INEA).

Nas análises físico-químicas foram utilizadas o pHmetro e o turbidímetro, para determinar o pH e a turbidez da água respectivamente. Enquanto que para analisar os coliformes termotolerantes (CT), pertencentes aos coliformes fecais (CF) é usada a técnica dos tubos múltiplos.

**Figura 2.** Pontos de amostragem no Rio de Janeiro, com destaque a Nova Iguaçu (seta vermelha) e a Seropédica (seta verde)



Fonte: Instituto Estadual do Ambiente (2015).

Os CT são bactérias gram-negativas, aeróbicas ou anaeróbicas facultativas, que não apresentam esporos, e são capazes de fermentar lactose em 24 horas com temperatura variando entre 44,5 a 45,5°C.

Se faz relevante sua análise pois, por estarem normalmente localizados no trato intestinal tanto de humanos quanto de outros animais sua presença na água demonstra contaminação fecal da mesma, podendo estar presentes em esgoto. É calculado em NMP/100mL (número mais provável por cem mililitros).

Quando se encontram em grande número pode haver a presença de outros microrganismos patogênicos, embora os CT não sejam diretamente patogênicos. (Gloria; Horn; Hilgemann, 2017; Kligerman; Sancanari; Nogueira, 2021; Oliveira; Hora, 2021; Sales *et al*, 2015).

Para determinar se uma fonte hídrica é potável, utiliza-se o índice de qualidade da água (IQA), que foi definido segundo a norma da CONAMA nº 357/2005. Este é o índice mais utilizado no Brasil, com o objetivo de determinar se a água bruta analisada apresenta uma qualidade suficiente para ser consumida, sendo que ele varia entre 0 (muito ruim) a 100 (excelente).

A tabela 1 mostra as categorias das águas com as respectivas pontuações feitas com os parâmetros relacionados com a equação de IQA. A resolução do CONAMA de 2005 define os valores máximos permitidos para cada classe de água, e como o Rio Guandu não está pertencente a uma classe, ele é colocado na classe 2, sendo seus parâmetros: pH entre 6 e 9, turbidez não excedendo 100 UNT e coliformes termotolerantes menores que 1000 NMP/100mL, para águas de classe 2 (Fernandes, 2018; Oliveira; Hora, 2021).

**Tabela 1.** Qualidade da água relacionada ao IQA

Categoria	Ponderação
Ótima	80-100
Boa	52-79
Regular	37-71
Ruim	20-36
Péssima	0-19

Fonte: Agência Nacional de Águas (2017).

Segundo Viana *et al*, (2023) que realizou estudo de caso do Rio Arroio Grande e da praia do Pontal em Rio Grande do Sul, o período chuvoso geralmente, entre abril e setembro assim como o seco, costumeiramente, entre outubro e março, acabam influenciando na presença dos coliformes termotolerantes nas águas, assim como de sua turbidez, onde em períodos chuvosos existe uma maior diluição dos contaminantes e sólidos suspensos e no verão uma maior concentração dos mesmos.

Vale ressaltar no entanto que Nova Iguaçu e Seropédica apresentam um período chuvoso e de seca diferente do estudo citado acima, mas semelhante entre eles, devido a sua proximidade geográfica, estando divididos em: janeiro a março e dezembro (período chuvoso) e maio a agosto (período de seca), seus valores encontram-se em evidência nas tabelas 2 e 3.

As médias climatológicas são recorrentes e estão divididas por mês sendo um de Nova Iguaçu e outro de Seropédica.

**Tabela 2.** Pluviosidade em Nova Iguaçu em escala de cores (verde elevada vermelho baixa)

Meses	Pluviosidade (mm)
Janeiro	248
Fevereiro	189
Março	180
Abril	107
Mai	65
Junho	40
Julho	40
Agosto	39
Setembro	82
Outubro	109
Novembro	163
Dezembro	223

Fonte: Adaptado do Clima tempo (2023).

**Tabela 3.** Pluviosidade em Seropédica em escala de cores (verde elevada vermelho baixa) Seropédica

Meses	Pluviosidade (mm)
Janeiro	283
Fevereiro	218
Março	209
Abril	128
Mai	78
Junho	46
Julho	46
Agosto	44
Setembro	95
Outubro	124
Novembro	191
Dezembro	259

Fonte: Adaptado do Clima tempo (2023).

O município de Seropédica foi escolhido por ser próximo da cabeceira do Rio Guandu, portanto é esperado que seus resultados assim como a qualidade de sua água sejam melhores, do que do município de Nova Iguaçu que está mais próximo do desembocamento do Rio, na Baía de Guanabara.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Analisando os dados do Município de Seropédica pode-se observar que todos os parâmetros encontram-se relativamente constante. O pH apresentou uma pequena elevação nos meses de junho/22 (7,28) e de novembro/22 (7,50), mostrando um caráter levemente básico nesses meses e no restante do ano (figura 3), o caráter foi moderadamente ácido, sendo sua média de 7,00 – neutro.

O parâmetro da turbidez apresentou três picos: janeiro/22 (107 UNT), abril/22 (33,9 UNT) e dezembro/22 (51,4 UNT) vide figura 3, o parâmetro de CT, observa-se novamente a constância praticamente o ano inteiro desse parâmetro e com valores máximos justamente nos meses da turbidez elevada (figura 3).

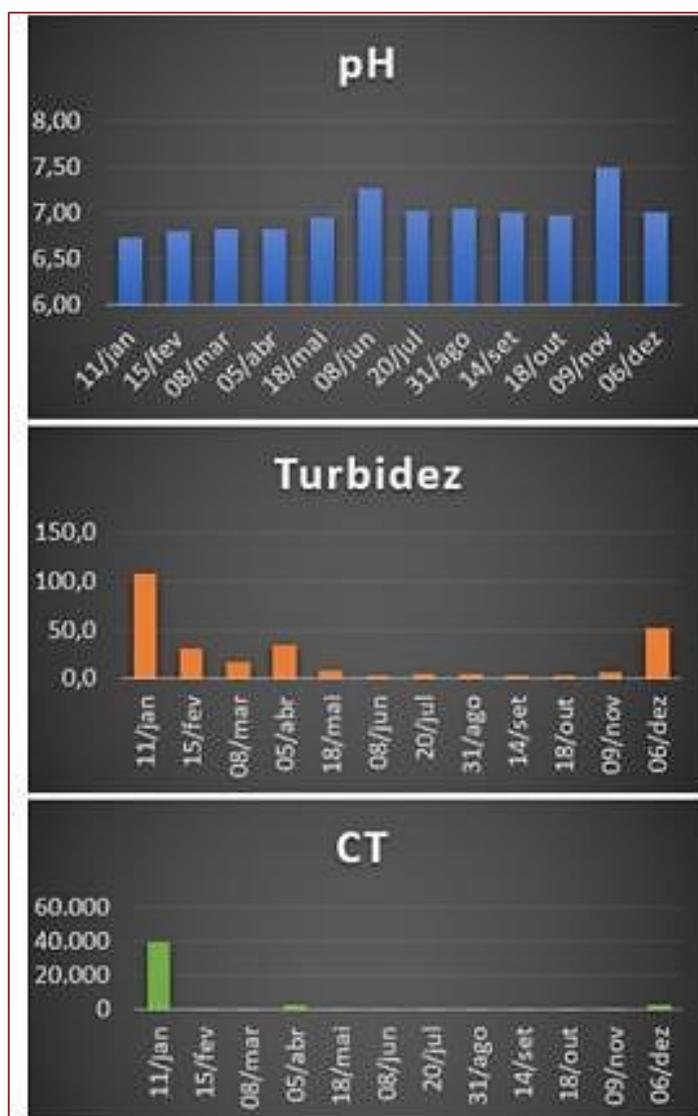
Alves *et al*, (2008) abordam em seu trabalho que a água com um valor alto de turbidez apresenta a possibilidade de diminuir a taxa fotossintética de plantas com raízes submersas, influenciando na sua formação, impactando desta maneira o meio aquático. Também em seu trabalho mostrou a relação do parâmetro de turbidez com coliformes fecais, os pontos de estudos com alta turbidez, da mesma forma, apresentavam alta de coliformes fecais. Portanto, provavelmente, uma turbidez alta pode ser indicativo de águas contaminadas com microorganismos.

O incremento da turbidez pode estar associado aos meses chuvosos, em consequência da movimentação de sedimento, erosão das margens dos Rios que não apresentam vegetação, folhas, galhos de árvores e outros que são carregados para dentro dos Rios (CESTEB, 2009). Buzelli e Santino (2013) também constataram a correlação entre o aumento da turbidez com o incremento das chuvas.

A falta de saneamento básico, com o esgoto doméstico sendo lançado nos Rios, bem como o de efluentes industriais, de mineração e outros podem também acarretar um aumento na turbidez da água, acarretando alterações no ecossistema aquático.

Em todos os pontos, o pH permaneceu dentro da faixa (entre 6 e 9) estabelecida pela resolução CONAMA de 2005, a turbidez também estava contida dentro do estabelecido (abaixo de 100 UNT), salvo no primeiro mês, período este que apresentou uma maior pluviosidade, enquanto que o CT ficou muito acima do permitido (menor que 1000NMP/100mL). Em janeiro, em abril e dezembro ficou a acima, sendo que dentre eles apenas abril não apresentou elevada quantidade de chuva, e os outros dias analisados estão englobados na resolução acima citada (figura 3).

**Figura 3.** Análises de pH, turbidez e CT em Seropédica

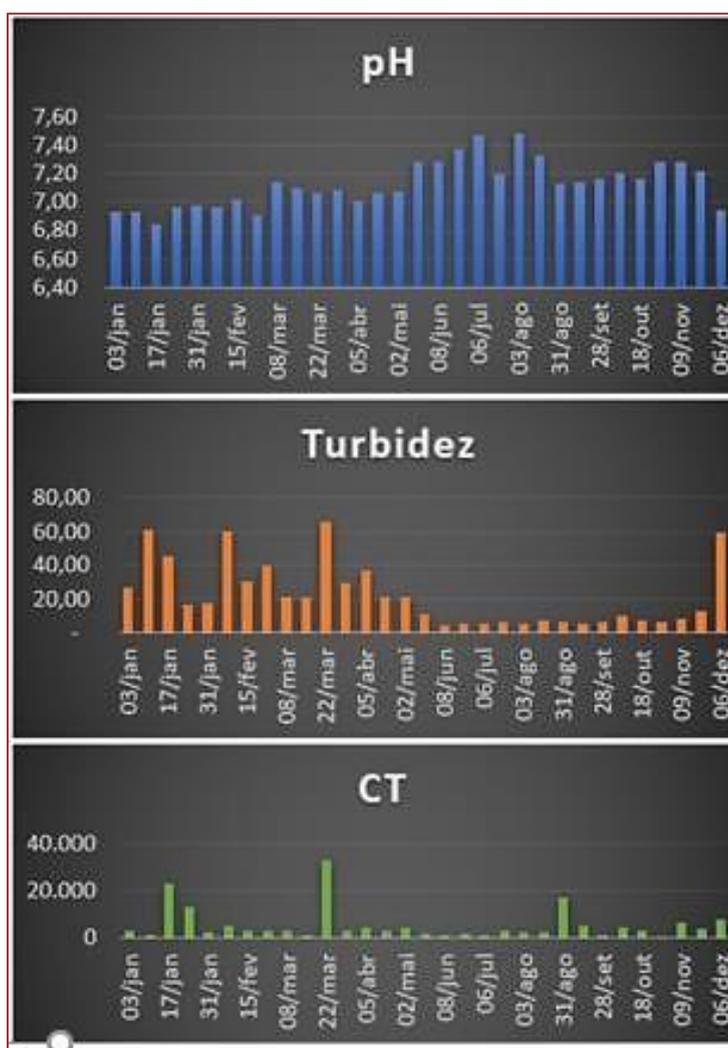


Fonte: Autores, 2023.

Analisando os dados do Município de Nova Iguaçu o parâmetro de pH ficou quase que constante, apresentando um valor médio de 7,13 e picos nas amostras de 6 julho/22, 7,47 e 3 agosto/22 de 7,48, ou seja, em todo os meses do ano (figura 4) a água do Rio apresenta um caráter levemente básico. O parâmetro da turbidez apresentou quatro picos: 11 janeiro/22 (61,10 UNT), 7 fevereiro/22 (60,40 UNT), 22 março/22 (65,90 UNT) e 6

dezembro/22 (52,20 UNT) (figura 4). O CT também apresenta praticamente os mesmos pontos de incremento, sendo: 17 janeiro/22 (23000 NMP/100mL), 22 março/22 (33000 NMP/100mL) e 31 agosto/22 (17000 NMP/100mL), ou seja, nos meses de janeiro e março a turbidez e o CT encontram-se relacionados (figura 4). Esta relação também foi notada no Município de Seropédica e nos trabalhos de Alves et al., (2008) e nos estudos de Buzelli e Santino (2013), indicando que um aumento de valor em um parâmetro, promove o aumento do outro também.

**Figura 4.** Análise de pH, turbidez e CT em Nova Iguaçu



Fonte: Autores,2023.

Em todo o período analisado, o pH permaneceu novamente dentro da faixa estabelecida pela resolução CONAMA de 2005. A turbidez em Nova Iguaçu se apresentou totalmente dentro do estabelecido e observa-se que nos períodos chuvosos este parâmetro apresentou um leve aumento (de janeiro a março, e depois em dezembro), assim como no período de seca (de maio a setembro) ele se encontra em queda, diferente dela. O CT ficou bem acima do permitido em 17 e 20 de janeiro, 22 de março e 31 de agosto, dentre eles apenas o último não houve grande pluviosidade, mesmo assim o restante do período analisado teve o CT superior ao máximo permitido, com exceção de 26 de outubro.

Comparando os dois municípios o parâmetro de pH praticamente é igual, sendo a média igual a 7,13 (Nova Iguaçu) e 7,00 (Seropédica) com um desvio padrão muito pequeno, mostrando que a variabilidade dos valores, quase não houve 0,16 para Nova Iguaçu e 0,21 para Seropédica. Esses valores mostram que as águas nesses municípios são aproximadamente neutras.

O parâmetro de turbidez apresenta médias de 22,06 UNT (Nova Iguaçu) e 23,13 UNT (Seropédica), mas com um desvio padrão muito grande nos dois casos: 19,16 e 30,64 respectivamente. Demonstrando desta maneira, uma variabilidade grande, pode-se também notar essa variação, verificando que o ponto mais alto foi de 65,90 UNT em Nova Iguaçu e 107 UNT em Seropédica, o ponto mais baixo foi de: 4,50 UNT e 3,48 UNT respectivamente. Apontando extremos, expressando desta maneira, a disparidade entre os valores, demonstrando deste modo a necessidade de se ter uma amostragem maior.

O parâmetro de CT, mostra para a média o valor de 5498 NMP/100mL para Nova Iguaçu e 4001 NMP/100mL para Seropédica, novamente neste parâmetro como uma variação grande de valores, desvio padrão 7028 e 11044 respectivamente. O ponto mais alto apresenta os valores 33000 NMP/100mL e 39000 NMP/100mL respectivamente, sendo o ponto mais baixo, o mesmo valor, 230 NMP/100mL, para ambos os municípios, novamente a discrepância entre os valores confirma a demanda de se ter um número maior de amostras.

Pode-se observar que o Município de Seropédica, que se localiza mais próximo da cabeceira do Rio Guandu, apresenta valores um pouco melhores do que o Município de Nova Iguaçu, que fica um pouco mais próximo da foz do Rio, e por isso provavelmente traz consigo uma carga maior de detritos e matéria orgânica.

A tabela 4 mostra que o IQA tanto de Seropédica (68,28) quanto de Nova Iguaçu (62,60) apresentam um valor caracterizado como boa, no entanto vale destacar que esse valor foi tirado da média dos valores dos meses compreendidos no ano de 2022.

**Tabela 4.** Parâmetros estatísticos das análises de pH, turbidez e CT nos municípios de Nova Iguaçu e Seropédica

Municípios			
Análises	Parâmetros	Nova Iguaçu	Seropédica
pH	Média	7,13	7,00
	Moda	6,93	7,02
	Desvio padrão	0,16	0,21
	Ponto máximo	7,48	7,50
	Ponto mínimo	6,85	6,73
Turbidez (UNT)	Média	22,06	23,13
	Moda	21,40	4,00
	Desvio padrão	19,16	30,64
	Ponto máximo	65,90	107
	Ponto mínimo	4,50	3,48
CT (NMP/100mL)	Média	5498	4001
	Moda	3300	790
	Desvio padrão	7028	11044
	Ponto máximo	33000	39000
	Ponto mínimo	30	30
	IQA	62,60	68,18

Fonte: Autores, 2023.

## 5. CONCLUSÃO

A conclusão que se obtem é que em ambos os municípios o pH permaneceu relativamente semelhante e constante (praticamente neutro). A turbidez e os CT apresentaram altas concentrações em períodos similares de tempo sendo primariamente nos períodos chuvosos (entre janeiro a março) e baixas concentrações, principalmente nos períodos de seca (de maio a setembro), demonstrando que realmente há uma relação entre turbidez e coliformes termotolerantes assim como outros autores haviam mencionado anteriormente em outros rios.

Para um estudo mais detalhado, seria necessário um número mais expressivo de pontos de coleta e além disso as coletas poderiam ser mais frequentemente realizadas, para poder se ter uma conclusão mais precisa em relação a qualidade da água.

## REFERÊNCIAS

- [1] ALVES, E. C.; SILVA, C. F. da.; COSSICH, E. S.; TAVARES, C. R. G.; FILHO, E. E. de S.;
- [2] CARNIEL, A. Avaliação da qualidade da água da bacia do Rio Pirapó – Maringá, Estado do Paraná, por meio de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos. **Rev. Acta Sci. Technol**, v. 30, n. 1, p. 39-48, 2008.
- [3] APHA, AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and waster water**. 20. ed. Washington-USA, 1997.
- [4] BUZELLI, G. M.; CUNHA-SANTINO, M. B. Análise e diagnóstico da qualidade da água e estado trófico do reservatório de Barra Bonita (SP). **Ambi-Agua, Taubaté**, v. 8, n. 1, p. 186- 205, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.930>. Acesso em: 23 jun. 2023.
- [5] CASTRO, C. M.; FERRERINHA, M. M. A Problemática Ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio Guandu: Desafios para a Gestão dos Recursos Hídricos. **Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ**, v. 35\_2, n. 1, p. 71-77, 11 mar. 2013.
- [6] CIDADE BRASIL, 2023. Disponível em: <<https://www.cidadebrasil.com.br/municipio-nova-iguacu.html>>. Acesso em: 24 jun. 2023.

- [7] CIDADE BRASIL, 2023. Disponível em: <<https://www.cidade-brasil.com.br/municipio-seropedica.html>>. Acesso em: 24 jun. 2023.
- [8] CLIMATEMPO, 2023. Disponível em: <<https://www.climatempo.com.br/climatologia/315/novaiguacu-br>>. Acesso em: 23 jun. 2023.
- [9] CLIMATEMPO, 2023. Disponível em: <<https://www.climatempo.com.br/climatologia/1784/seropedica-rj>>. Acesso em: 23 jun. 2023.
- [10] COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Variáveis de qualidade de água**. São Paulo, 2009. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/>. Acesso em 24 jun. 2023.
- [11] D'AGUILA, P. S. et al. Avaliação da qualidade de água para abastecimento público do Município de Nova Iguaçu. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 16, p. 791-798, 2000.
- [12] FERNANDES, J. G. **Ocorrência de Poluentes Emergentes nos Rios Piraí**, Paraíba do Sul, Guandu. 2018.
- [13] GLORIA, L. P.; HORN, B. C.; HILGEMANN, M. Avaliação da qualidade da água de bacias hidrográficas através da ferramenta do índice de qualidade da água - IQA. **Revista Caderno Pedagógico**, v. 14, n. 1, 8 jun. 2017.
- [14] GOV, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-das-aguas/panorama-das-aguas/regioes-hidrograficas>. Acesso em: 25 jun. 2023.
- [15] GUANDU, C. **Bacia Hidrográfica dos Rios Guandu, da Guarda e Guandu-Mirim**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://www.comiteguandu.org.br/conteúdo/livroguandu2013.pdf>>. Acesso em: 4 maio. 2023.
- [16] KLIGERMAN, D. C.; SANCANARI, S. N.; NOGUEIRA, J. M. R. Caminhos para viabilização da convergência de interesses na despoluição do Rio Guandu, Rio de Janeiro, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública Fundação Oswaldo Cruz**, 2021. Disponível em: <<https://www.scielosp.org/pdf/csp/2021.v37n6/e00234420/pt>>. Acesso em: 30 abr. 2023
- [17] MIRANDA, A. S. Gerenciamento de bacias hidrográficas - estudos de caso da bacia hidrográfica do Rio Iguaçu no Município de Nova Iguaçu, **Ver.Tamoios**, São Gonçalo (RJ), ano 13, n. 1, págs. 37-49, jan-jun. 2017.
- [18] MORAES, E. P. **A precariedade do sistema de abastecimento de água no município de Nova Iguaçu: o descaso da administração pública e suas consequências na vida da população local**. 2019. 18f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Administração Pública)- Instituto de Ciências Humanas e Sociais, Universidade Federal Fluminense, 2019.
- [19] MORLIN, V. T.; EUZÉBIO, S. R. M. **Direito à água: um direito humano de três dimensões**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://ojs.cnmmp.mp.br/index.php/revistacnmmp/article/view/102/79>>. Acesso em: 4 maio. 2023..
- [20] QUINTANILHA, L. S. **O uso público em unidade de conservação: uma análise das influências do uso na qualidade da água do Rio Dona Eugênia no Parque Natural Municipal de Nova Iguaçu (RJ)**. 2019. 114 f Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Agronomia/Instituto Multidisciplinar, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica/Nova Iguaçu, RJ, 2019.
- [21] SALES, W. B. et al. Ocorrência de coliformes totais e termotolerantes em pastéis fritos vendidos em bares no centro de Curitiba-PR. **Demetra: Alimentação, Nutrição & Saúde**, v. 10, n. 1, 28 mar. 2015.
- [22] TUBBS, D.; FREIRE, R. B.; YOSHINAGA, S. Utilização da cafeína como indicador de contaminação das águas subterrâneas por esgotos domésticos no bairro de Piranema- Municípios de Seropédica e Itaguaí/RJ. **Águas Subterrâneas**, [S. l.], n. 1, 2004. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/23660>. Acesso em: 6 maio. 2023.
- [23] VIANA, C. M. et al. Avaliação da qualidade da água através da análise de parâmetros físico-químicos e microbiológicos e do índice de violação: estudo de caso do Rio Arroio Grande e da Praia do Pontal - RS. **Revista Ambientale**, v. 15, n. 1, p. 30-39, 15 abr. 2023.

# Capítulo 4

## *Análise do Plano de Gerenciamento de Resíduos Químicos em um Instituto de Ciências e Tecnologia da UFVJM*

*Laura Nascimento Silva*

*Antônio Genilton Sant'Anna*

*Marcelino Serretti Leonel*

*João Vinícios Wirbitziki da Silveira*

*Ulisses Barros de Abreu Maia*

**Resumo:** A sustentabilidade ambiental faz parte do *Triple Bottom Line* (tripé da sustentabilidade), que constitui o princípio para a sustentabilidade, estando associado a preservação do meio ambiente, focando na garantia da disponibilidade dos recursos naturais para as gerações futuras. A sustentabilidade ambiental só será bem empregada se o Instituto de Ciências e Tecnologia (ICT) for ambientalmente correto e ambientalmente sustentável, partindo da ideia relacionada ao impacto causado ao meio ambiente, à produção adequada, o descarte correto e o controle de emissão de poluente. O trabalho apresenta uma pesquisa sobre como o gerenciamento de resíduos químicos de um Instituto de Ciências e Tecnologia (ICT) da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM) se relaciona com os princípios da sustentabilidade, na perspectiva ambientalmente sustentável. Trata-se de um estudo de caso descritivo onde foi analisado dados do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) do ICT disponibilizados pela Acessória de Meio Ambiente (AMA) da UFVJM, estudo qualitativo descritivo, sendo eles utilizados apenas como embasamento. Percebe-se o PGRS do ICT da UFVJM aplica o conceito de sustentabilidade ambiental por meio de ações e conscientização, reforçando a vontade de querer alcançar melhorias. Conclui-se que a relação do ICT com o gerenciamento de resíduos no ponto de vista ambientalmente sustentável é coerente.

**Palavras chave:** sustentabilidade ambiental, resíduos químicos, plano de gerenciamento.

## 1. INTRODUÇÃO

Retomando das últimas décadas até os dias atuais, a humanidade vem ultrapassando diversos limites dos sistemas ambientais, tornando-se necessário uma reavaliação das práticas humanas e de seus impactos sobre o meio ambiente, especialmente no que diz respeito à preservação da biodiversidade. Esta preservação encontra-se ameaçada pelo atual padrão de produção, consumo e de descarte de bens e produtos (Guerra e Figueiredo, 2014).

De acordo com Sachs (2007), torna-se indispensável a necessidade de um esforço significativo para desenvolver padrões de utilização de recursos renováveis pensados para a humanidade, que sejam simultaneamente ambientalmente responsáveis, assim como economicamente eficazes. Nesse contexto, a sustentabilidade é compreendida como preservação da natureza. Conforme a disfunção do seu conceito, associando-se igualmente à otimização da gestão dos recursos naturais por parte dos agentes envolvidos, que estejam diretamente ou indiretamente ligados a processos conhecidos como sustentáveis (Silva e Pinheiro, 2016).

O principal objetivo desta pesquisa é verificar como o tratamento e/ou descarte dos resíduos químicos de um Instituto de Ciência e Tecnologia (ICT) se relaciona com os princípios da sustentabilidade. O ponto de partida surgiu com a forma que o tema sustentabilidade é discutido, focando no processo de desenvolvimento sustentável e preservação da natureza. Filho (2000) destaca a importância de estabelecer uma distinção entre sustentabilidade e desenvolvimento sustentável, devido às origens e às relações, recordado por trás de cada um desses conceitos. Conforme Moles, Foley, et al., (2008), sustentabilidade é caracterizada como uma aspiração em direção a uma condição futura, enquanto o desenvolvimento sustentável é concebido como processo que nos conduz à situação presente em direção a essa condição futura.

Diversos conceitos, metas, orientações, metodologias e outras considerações relacionadas à educação ambiental, em conjunto com o desenvolvimento sustentável, foram elaborados em distintas conferências internacionais, regionais e nacionais sobre o meio ambiente (Barbieri e Silva, 2011). O desenvolvimento sustentável pode ser compreendido como uma abordagem que busca entender as necessidades da sociedade contemporânea em termos técnicos e produtivos, contudo, sem comprometer a disponibilidade dos recursos naturais para gerações que estão por vir (Guitarrara, 2023).

Segundo Lima e Brusztyn (2000), as “tecnologias da sustentabilidade” são caracterizadas como processos e produtos. Estes não se configuram como entidades isoladas, mas sim como sistemas abrangentes que englobam conhecimentos técnicos e científicos, procedimentos, bens e serviços e equipamentos. Estas tecnologias também compreendem práticas organizacionais e de gestão, devendo ser harmonizadas com as prioridades socioeconômicas, culturais e ambientais nacionalmente determinadas.

Esta pesquisa considera que a relação do ICT com a sustentabilidade não deve se apresentar apenas como um dos tópicos disciplinares e projetos pedagógicos de cursos, mas também com a revisão do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) do ICT. Buscando verificar se os princípios da sustentabilidade ambiental são considerados no PGRS, a pesquisa responde a seguinte questão: como o gerenciamento de resíduos químicos no ICT se relaciona com os princípios da sustentabilidade?

A fim de responder esta questão, optou-se pelo método de estudo de caso descritivo. O estudo de caso possibilita uma investigação voltada para a preservar das características holísticas e significativas dos eventos da realidade, abrangendo aspectos como ciclos de vida individuais, processos organizacionais e administrativos, mudanças ocorridas em regiões urbanas, relações internacionais e desenvolvimento de setores específicos (Yin, 2001).

Ademais, a presente pesquisa apresenta a seguir uma revisão de literatura, metodologia, apresentação e análise dos dados e as considerações finais para encerrar o estudo. Os resultados apresentados servem de base para a pesquisa empírica feita em colaboração com o corpo técnico administrativo dos laboratórios do ICT.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

Este capítulo apresenta os resultados encontrados com base na literatura utilizada. O tema descrito serviram de base para a pesquisa empírica realizada em conjunto aos técnicos administrativos dos laboratórios do ICT. Tal capítulo se encerra a partir do modelo teórico elaborado e embasados nas teorias a serem revistas.

### **2.1. GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS QUÍMICOS**

De acordo com a Resolução CONAMA nº 358 (2005), à qual define resíduo químico como: todo material ou substância que tem características de periculosidade, sendo impróprio a reutilização ou reciclagem. Tais resíduos podem apresentar riscos à saúde pública ou ao meio ambiente, dependendo de suas propriedades quanto a inflamabilidade, corrosividade, reatividade e toxicidade. A falta de preparo durante a manipulação dos resíduos químicos nas instituições pode resultar em problemas significativos para a natureza, com potenciais impactos na saúde humana e ao meio ambiente (Carneiro, 2009).

Rocca (1993) afirma que, o gerenciamento de resíduos é uma prática que envolve procedimentos voltados para a minimização dos impactos ambientais decorrentes dos resíduos gerados em uma atividade específica. Seu objetivo é contribuir para a minimização da geração de resíduos em uma atividade específica, além de orientar sobre a correta segregação, armazenamento, tratamento coleta e disposição final desses resíduos (Gonçalves, 2010; Krummer, et al., 2010). Segundo Marinho (2011) e Bozelli, et al. (2011), no Brasil, as Instituições de Ensino Superior (IES) passaram a direcionar a sua atenção para os resíduos químicos de laboratórios originados em atividades de ensino e pesquisa a partir do início da década de 90, quando estas instituições começaram a ser conhecidas como unidades geradoras.

Atualmente, a preocupação com o desenvolvimento sustentável é crescente e grandes mudanças vêm ocorrendo na legislação ambiental brasileira, onde várias instituições de ensino têm implementado iniciativas para gerenciar seus resíduos, despertando o interesse específico da comunidade acadêmica nessas, visando minimizar o impacto ambiental decorrente de suas atividades (Nascimento e Filho, 2010).

Um dos desafios enfrentados pelos profissionais que atuam em laboratórios consiste no gerenciamento adequado dos resíduos (Ashbrook e Reinhardt, 1985). A diversidade de substâncias produzidas representa um dos fatores que complicam a padronização dos processos de tratamento e gerenciamento dos resíduos (Pedroza, 2011). Dessa forma, é

necessária a obediência às normas estabelecidas na Resolução nº 357, de 17 de março de 2005 do CONAMA, bem como na NBR 10.004:2004. Além disso, é de tamanha importância considerar o Artigo 1º da Lei nº 12.305, de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), como base para orientar as alternativas de gerenciamento de resíduos químicos.

## **2.2. SUSTENTABILIDADE**

Leonardo Boff (2012) em seu livro *Sustentabilidade: o que é – o que não é* consulta o *Novo Dicionário Aurélio* de Francisco Fernandez de 1942 para esclarecer o conceito de sustentabilidade. O sentido ativo enfatiza a ação feita de fora para conservar, manter, proteger, nutrir, alimentar, fazer prosperar, subsistir, viver. No âmbito do dialeto ecológico, isso implica adotar procedimentos que asseguram a vitalidade contínua da Terra e seus biomas, garantindo a sua permanência em vida, protegidos e alimentados por nutrientes, de modo a serem preservados a altos riscos, capaz de enfrentar desafios eventuais (Boff, 2012).

A partir das conferências realizadas pela Organização das Nações Unidas (ONU) em Estocolmo (1972) e o Rio de Janeiro (1992), foi introduzida a perspectiva que a sustentabilidade deve incorporar a dimensão social, buscando promover e assegurar a qualidade de vida das gerações presentes e futuras (Teixeira, 2021). O conceito de sustentabilidade vai além do exercício analítico de explicar, demandando a aplicação prática onde o discurso é convertido em uma realidade objetiva, exigindo assim uma avaliação de coerência lógica (Rattner, 1999).

## **2.3. TRIPÉ DA SUSTENTABILIDADE**

Com a disseminação do termo sustentabilidade, o conceito Triple Bottom Line ou Tripé da Sustentabilidade, que engloba os aspectos econômicos, sociais e ambientais, conquistou considerável reconhecimento. Passando a ser um componente integral das estratégias empresariais e desempenha um papel crucial na inovação voltada para geração de valor (Elkington, 1997).

Barbosa (2007) destaca que, o componente fundamental para o desenvolvimento sustentável reside na tríade composta por crescimento econômico, proteção ao meio ambiente e igualdade social. A dimensão ambiental ou ecológica estimula empresas a considerar o impacto de suas atividades sobre o meio ambiente, especialmente no que diz respeito à utilização dos recursos naturais. Isso contribui a integração da gestão ambiental na rotina de trabalho (Almeida, 2002).

## **2.4. SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL**

A sustentabilidade ambiental emerge como uma prática voltada para a preservação da natureza no contexto e nas abordagens de desenvolvimento. Buscando estabelecer categorias ecológicas de produção que asseguram a sobrevivência e um futuro positivo para as próximas gerações (Leff, 2011).

Para Guedes (2009), o conceito de sustentabilidade ambiental está ligado ao desenvolvimento sustentável, abrangendo a utilização racional dos recursos naturais com uma perspectiva do longo prazo. De acordo com o IBGE (2004), a sustentabilidade ambiental é definida pela preservação da capacidade do ambiente de fornecer serviços ambientais e recursos essenciais para o desenvolvimento contínuo das sociedades humanas. A sustentabilidade também nos conduz a uma dimensão temporal, por meio da comparação de características de um determinado contexto ecológico e sociocultural ao longo do passado, presente e futuro (Rattner, 1999).

Borin, Pimentel e Amâncio (2008) indicam que a dimensão ecológica ou ambiental, pode ser dividida em três subdimensões. A primeira concentra-se na ciência ambiental e abrange temas como ecologia, diversidade do habitat e florestas. A segunda subdimensão engloba a qualidade do ar e da água (poluição), bem como a proteção da saúde humana por meio da redução da contaminação química resultante da poluição. A terceira subdimensão concentra-se na conservação e gestão dos recursos renováveis e não renováveis, podendo ser denominada sustentabilidade de recursos.

A sustentabilidade ecológica, como uma das três dimensões, incentiva as empresas a ponderarem o impacto de suas atividades no ambiente, contribuindo para a integração da gestão ambiental na rotina de trabalho (Groot, 2002); (Spangenberg e Bennoit, 1998). Algumas dessas atividades apresentam o potencial de causar efeitos prejudiciais ao meio ambiente, tornando essencial incorporar essa dimensão no planejamento institucional. Isso se deve ao fato de que os institutos foram criados com o propósito de impulsionar transformações positivas na sociedade, como desenvolvimento socioeconômico em âmbito local, regional e nacional (Silva e Pinheiro, 2016).

A importância da sustentabilidade em IES surge com a necessidade de apresentar práticas sustentáveis. Segundo Barata, Kligerman e Gomez (2006), a implantação de um sistema de gestão ambiental contribui para a ecoeficiência da organização, sendo uma prática que visa produzir bens e serviços cada vez mais úteis, ao mesmo tempo em que busca a redução contínua do consumo de recursos, da poluição e da degradação ambiental. Essa abordagem reflete a preocupação em estabelecer a melhor relação possível entre a atividade empresarial, o meio ambiente e as necessidades humanas presentes e futuras.

## **2.5. PLANO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS (PGRS) DO INSTITUTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA (ICT)**

O Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos - PGRS é apresentado dentro do Instituto de Ciência e Tecnologia – ICT/UFVJM pela comissão de resíduos, a qual é constituída por docentes. Tal plano dispõe sobre seus princípios, objetivos e instrumentos, bem como as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigos, as responsabilidades dos geradores e do poder público e os instrumentos econômicos aplicáveis. O PGRS do ICT estabelece diretrizes, responsabilidades, ações, metas e prazos de manejo adequado dos resíduos sólidos (Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos do Instituto de Ciências e Tecnologia, 2023).

### **3. METODOLOGIA**

A metodologia utilizada para a pesquisa empírica, tem o foco em analisar a posição do ICT em relação a sustentabilidade e o gerenciamento de resíduos químicos. Portanto a pesquisa visa responder à questão: como o tratamento e/ou descarte dos resíduos químicos do ICT/UFVJM se relaciona com os princípios da sustentabilidade?

Portanto a finalidade do estudo é mostrar como é feito o gerenciamento dos resíduos químicos no ICT e determinar se o processo é ambientalmente correto. Para tanto, buscase analisar como o conceito de sustentabilidade é considerado na gestão de resíduos químicos, verificando o grau de concordância das propostas com os princípios da sustentabilidade. Para tanto, foi feito o levantamento de dados e informações por meio de entrevistas semiestruturadas, laudos técnicos e demais documentos que possam eventualmente ajudar a descrever o processo. Quanto aos meios de investigação, foi feita uma pesquisa de campo (investigação empírica), respaldada na bibliografia e em documentos pertinentes.

#### **3.1. ABORDAGEM DA PESQUISA**

A abordagem da pesquisa é qualitativa e refere-se a um estudo de caso descritivo, no qual foram analisados a questões referente a: plano de gerenciamento, sustentabilidade ambiental, resíduos químicos, normas de descarte de produtos químicos, grau de poluição e armazenamento de produtos químicos. A análise trata-se da informação básicas dadas pelos técnicos responsáveis pelos laboratórios vistoriados, e se o ICT se relaciona com a sustentabilidade paralela ao descarte/gerenciamento de resíduos. Com finalidade de responder à incógnita da pesquisa e alcançar os objetivos estabelecidos, foi desenvolvido um estudo de caso descritivo. Esse tipo de pesquisa tem como objetivo a descrição de processos, mecanismos e relacionamentos existentes na realidade do fenômeno estudado. Para alcançar esse propósito utiliza-se um conjunto de categorias ou diferentes tipos de classificações (Neuman , 1997).

#### **3.2. QUADRO ANALÍTICO DE PESQUISA**

A coleta de dados foi realizada durante três meses e quatro dias, entre os meses de julho a outubro de 2023. As fontes dos dados são primárias, uma vez que, as informações necessárias utilizadas na verificação do conceito sustentável são derivadas do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) do Instituto de Ciência e Tecnologia (ICT).

Para o levantamento dos dados foram analisados a forma de descarte dos resíduos químicos existentes no estado sólido e líquido, oriundos de experimentos reacionais; frascos de reagentes vazios e contaminados, reagentes vencidos, frascos sem identificação nos rótulos e sobra de reagentes ou soluções não retornáveis ao seu frasco de origem durante a realização de uma aula experimental ou pesquisa.

O processo da coleta de dados foi realizado por meio de visita aos laboratórios de química do ICT, junto aos responsáveis, conjunta a aplicação de uma entrevista por pauta, contendo doze (12) perguntas realizadas de oralmente. O ICT possui o total de quarenta e dois (42) laboratórios em geral, sendo eles dispostos para os cursos de bacharelado em Ciência e Tecnologia, Engenharia de Alimentos, Engenharia Mecânica, Engenharia Química e Engenharia Geológica, além dos cursos de pós-graduação em Biocombustíveis e Ciência de Alimentos.

Os laboratórios envolvidos na pesquisa foram seis (6), escolhidos pelo critério de maior produtor de resíduos químicos. Sendo eles: Laboratório de Química Geral e Inorgânica, Laboratório de Química Orgânica, Laboratório de Bioquímica, Laboratório de Análise de Alimentos e Laboratório de Química Analítica.

Q1. Como são categorizados os resíduos químicos produzidos pelo ICT?

Q2. O tratamento de resíduos químicos é realizado nos próprios laboratórios do ICT?

Q3. Os resíduos químicos podem ser reutilizados, recuperados ou reciclados?

Q4. Resíduos que não causam riscos à saúde e ao meio ambiente precisam ser tratados? Eles são recuperados ou reciclados?

Q5. Existe protocolo preliminar para testes: reatividade com água, presença de cianetos e sulfetos, pH, resíduos oxidantes e redutor, inflamabilidade, presença de halogênios e solubilidade em água?

Q6. Como são descartados reagentes vencidos?

Q7. Resíduos líquidos podem ser descartados na rede coletora, uma vez que permitido pelos órgãos gestores dos recursos hídricos? A Estação de Tratamento de Esgoto (ETA) da UFVJM permite isso? Mediante a neutralização é permitido?

Q8. As embalagens e materiais contaminados são tratados da mesma forma que as substâncias que as contaminou?

Q9. As embalagens podem ser lavadas e usadas para armazenar outras soluções que sejam compatíveis?

Q10. A rotulagem de resíduos segue as orientações da UFVJM de modo que todas as identificações estejam padronizadas?

Q11. As fichas de caracterização acompanham os recipientes de resíduos contendo um maior número de informações sobre o conteúdo de cada frasco?

Q12. O armazenamento provisório de resíduos é feito nos próprios laboratórios do ICT em lugar adequado?

O PGRS do ICT deixa claro que a destinação final é encarregada pela UFVJM, obedecendo as normas da Resolução CONAMA Nº 357, de 17 de março de 2005 e a ABNT NBR 10.004:2004, afirmando que:

O ICT não fará nenhum procedimento complexo de tratamento dos resíduos do Grupo II, pois não possui infraestrutura adequada, esses resíduos são coletados pela empresa SERQUIP através do contrato 025/19 (processo SEI23086009042/2019) (Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos, 2023, p.26).

Entretanto, processos elementares como a simples neutralização de soluções podem ser utilizados como meio de reduzir a periculosidade de um resíduo ou mesmo adequá-lo para sua estocagem.

#### **4. RESULTADOS**

Neste capítulo serão apresentados os dados obtidos na pesquisa com base no Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) do ICT e do questionário aplicado aos responsáveis técnicos pelos laboratórios de química.

##### **4.1. APRESENTAÇÃO DOS DADOS**

Os dados aqui relatados foram obtidos através da aplicação do questionário aos técnicos administrativos dos laboratórios do ICT. Apesar de terem sido apresentados de forma individual, não houve divergências nas respostas, pois há regras de conduta e manuseio a serem seguidos durante o uso dos laboratórios.

##### **4.2. ANÁLISE DOS DADOS**

Com base no modelo de pesquisa desenvolvido, os tópicos fundamentais estão classificados em: gerenciamento de resíduos químicos, princípios da sustentabilidade e ambientalmente correto. No parâmetro “gerenciamento de resíduos químicos”, o site da Assessoria de Meio Ambiente (AMA) promete conscientizar a população acadêmica, por meios de campanha, sobre a gerenciamento e segregação de resíduos, assim, evitando o descarte inadequado. No parâmetro “princípios da sustentabilidade”, o ICT entende a necessidade de mostrar que o impacto gerado pela produção e descarte de resíduos é negativo. Desse modo, a organização e continuidade da coleta e segregação de resíduos é ativa, mirando no desenvolvimento de novas soluções para o reaproveito e a reciclagem desses resíduos. No parâmetro “ambientalmente correto”, o PGRS do ICT propõe projetos ambientais. A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos de forma objetiva.

**Tabela 1:** Respostas do questionário aplicado aos responsáveis técnicos pelos laboratórios de química

Perguntas	Respostas
<b>Pergunta 1:</b> Como são categorizados os resíduos químicos produzidos pelo ICT?	Os resíduos químicos são categorizados em ácidos, bases, solventes orgânicos halogenados e solventes orgânicos não halogenados orgânicos redutores, oxidantes e metais pesados.
<b>Pergunta 2:</b> O tratamento de resíduos químicos é realizado nos próprios laboratórios do ICT?	O Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos do Instituto de Ciência e Tecnologia deixa claro que não realiza nenhum procedimento complexo de tratamento dos resíduos do Grupo II (químicos), pois não possui infraestrutura adequada.
<b>Pergunta 3:</b> Os resíduos químicos podem ser reutilizados, recuperados ou reciclados?	Os resíduos recorrentes da utilização do éter de petróleo são recuperados imediatamente após a sua utilização para extração de lipídeos de alimentos via método Soxhlet.
<b>Pergunta 4:</b> Resíduos que não causam riscos à saúde e ao meio ambiente precisam ser tratados? Eles são recuperados ou reciclados?	Os que resíduos de soluções de açúcares e carboidratos, não precisam ser tratados, pois não são nocivos à saúde humana e ao meio ambiente.
<b>Pergunta 5:</b> Existe protocolo preliminar para testes: reatividade com água, presença de cianetos e sulfetos, pH, resíduos oxidantes e redutor, inflamabilidade, presença de halogênios e solubilidade em água?	Para realizar qualquer procedimento é necessário ter conhecimento sobre os reagentes e seus constituintes, de acordo com a composição e análise é possível prever qual tipo de resíduo será formado.
<b>Pergunta 6:</b> Como são descartados reagentes vencidos?	A quantidade de reagentes comprados é pequena, sendo assim, são usados por total antes do prazo de validade.
<b>Pergunta 7:</b> Resíduos líquidos podem ser descartados na rede coletora, uma vez que permitido pelos órgãos gestores dos recursos hídricos? A Estação de Tratamento de Esgoto (ETA) da UFVJM permite isso? Mediante a neutralização é permitido?	Apenas resíduos de soluções em com açúcares e carboidratos, podem ser descartados na rede coletora. Já resíduos a serem neutralizados não é permitido.
<b>Pergunta 8:</b> As embalagens e materiais contaminados são tratados da mesma forma que as substâncias que as contaminou?	Os responsáveis pelo tratamento de resíduos do ICT é a SERQUIP. A empresa, por meio de seu <i>site</i> , afirma que o tratamento de resíduos é feito de forma adequada, respeitando todas as normas e parâmetros.
<b>Pergunta 9:</b> As embalagens podem ser lavadas e usadas para armazenar outras soluções que sejam compatíveis?	Os frascos de vidro utilizados para armazenar soluções são reutilizados na medida em que são consumidos por total.
<b>Pergunta 10:</b> A rotulagem de resíduos segue as orientações da UFVJM de modo que todas as identificações estejam padronizadas?	Cada resíduo recebe o seu rótulo de acordo com o tipo de descarte e que todos eles seguem os padrões e orientações da UFVJM.
<b>Pergunta 11:</b> As fichas de caracterização acompanham os recipientes de resíduos contendo um maior número de informações sobre o conteúdo de cada frasco?	Os frascos de reagentes vazios são descartados com seus rótulos de fábrica. Pode acontecer de a ficha de caracterização ter partes ilegíveis devido ao manuseio incorreto de transferência do concentrado para uma vidraria de preparo de solução.
<b>Pergunta 12:</b> O armazenamento provisório de resíduos é feito nos próprios laboratórios do ICT em lugar adequado?	Os resíduos ficam em lugares estratégicos com a finalidade de evitar acidentes.

Fonte: Autoria própria.

A Figura 1, abaixo, mostra o processo de decantação dos resíduos químicos oriundos da realização de testes para análise de alimentos. Podemos relacionar com a Pergunta 1.

**Figura 1** – Resíduos químicos em processo de decantação

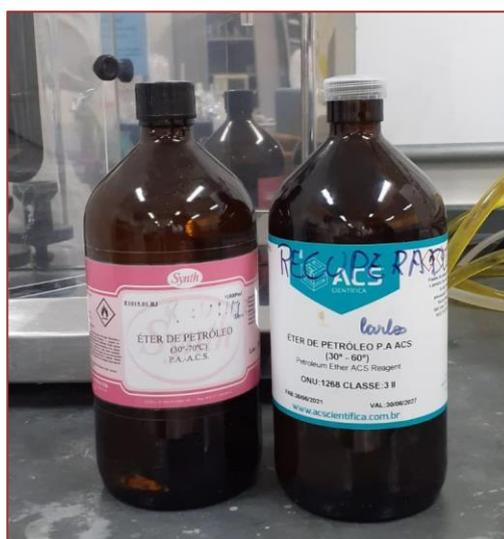


Fonte: De autoria própria.

A Pergunta 2, podemos relacionar com o citado no item Quadro Analítico, presente no último parágrafo da página 14.

A Figura 2, abaixo, pergunta, “Os resíduos químicos podem ser reutilizados, recuperados ou reciclados?”, os entrevistados afirmaram resíduos recorrentes da utilização do éter de petróleo (Figura 2) é recuperado imediatamente após a sua utilização para extração de lipídeos de alimentos via método Soxhlet.

**Figura 2** – Frascos com éter de petróleo recuperado



Fonte: De autoria própria.

Na pergunta, “Resíduos que não causam riscos à saúde e ao meio ambiente precisam ser tratados?”, os entrevistados afirmaram que resíduos de soluções de açúcares e carboidratos, não precisam ser tratados, pois não são nocivos à saúde humana e ao meio

ambiente.

Na pergunta, “Existe protocolo preliminar para testes de reatividade com água, presença de cianetos e sulfetos, pH, resíduos oxidantes e redutor, inflamabilidade, presença de halogênios e solubilidade em água, antes de realizar o descarte, recuperação ou reciclagem? ”, os entrevistados afirmaram que, para realizar qualquer procedimento é necessário ter conhecimento sobre os reagentes e seus constituintes, de acordo com a composição e análise é possível prever qual tipo de resíduo será formado.

Na pergunta, “Como são descartados reagentes vencidos? ”, os entrevistados afirmaram que a quantidade de reagentes comprados é pequena, sendo assim, são usados por total antes do prazo de validade.

Na pergunta, “Resíduos líquidos podem ser descartados na rede coletora, uma vez que permitido pelos órgãos gestores dos recursos hídricos? ”, “Responsáveis pela Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) da UFVJM permite isso? ” e “Mediante a neutralização é permitido? ”, os entrevistados afirmaram que, apenas resíduos de soluções em com açucars e carboidratos, podem ser descartados na rede coletora. Já resíduos a serem neutralizados não é permitido. A AMA frisa que resíduos não podem ser descartados na rede coletora. Existe a presença de cartazes (Figura 3) espalhados pelos laboratórios do ICT contendo alerta, informações e orientações para o descarte seguro e correto.

**Figura 3** – Cartaz de alerta para o descarte de resíduo químico na rede coletora



Fonte: De autoria própria.

Na pergunta, “As embalagens e materiais contaminados são tratados da mesma forma que as substancia que as contaminou? ”, os entrevistados não souberam responder a esta

pergunta, pois os responsáveis pelo tratamento de resíduos do ICT é a SERQUIP. A empresa, por meio de seu site, afirma que o tratamento de resíduos (Figura 4) é feito de forma adequada, respeitando todas as normas e parâmetros. Usando tecnologias de autoclavagem, blendagem para coprocessamento, descontaminação, encapsulamento, incineração e destinação final com emissão de certificado.

**Figura 4** – Cadeia completa para gestão de resíduos



Fonte: site (SERQUIP MG – Tratamento de resíduos).

Na pergunta, “As embalagens podem ser lavadas e usadas para armazenar outras soluções que sejam compatíveis? ”, os entrevistados afirmaram que os frascos de vidro (Figura 5) utilizados para armazenar soluções são reutilizados na medida em que são consumidos por total.

**Figura 5** - Frascos para soluções higienizados



Fonte: De autoria própria.

Na pergunta, “A rotulagem de resíduos segue as orientações da UFVJM de modo que todas as identificações estejam padronizadas? ”, os entrevistados afirmaram que cada resíduo recebe o seu rótulo de acordo com o tipo de descarte e que todos eles seguem os padrões e orientações da UFVJM. Abaixo segue a Figura 6 do rótulo de descarte de resíduos químicos líquidos.

Figura 6 – Rótulo para resíduos químicos do grupo B

	UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI ASSESSORIA DE MEIO AMBIENTE <b>RESÍDUOS QUÍMICOS - GRUPO B</b>		
	<input type="checkbox"/> CAMPUS JK <input type="checkbox"/> CAMPUS I <input type="checkbox"/> MUCURI <input type="checkbox"/> JANAÚBA <input type="checkbox"/> UNAI		
Número da requisição:		Data do início: / /	
Laboratório gerador:		Data final: / /	
Responsável pelo laboratório:		Procedência: <input type="radio"/> Aula prática	
Departamento:		<input type="radio"/> Pesquisa	
Composição do resíduo: (sem fórmulas)		<input type="radio"/> Extensão <input type="radio"/> Outros (Qual?)	
		Peso (resíduo + embalagem) kg:	
<b>CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS</b>			
<input type="radio"/> SOLVENTE ORGÂNICO HALOGENADO <input type="radio"/> SOLVENTE ORGÂNICO NÃO HALOGENADO <input type="radio"/> OXIDANTES <input type="radio"/> REDUTORES <input type="radio"/> ÁCIDOS <input type="radio"/> ÓXIDOS <input type="radio"/> BASES <input type="radio"/> METAIS PESADOS <input type="radio"/> SAIS			
<small>(VERIFICAR ORIENTAÇÕES DE SEGREGAÇÃO E ACONDICIONAMENTO)</small>			
     			
<b>Explosivo</b> <b>Inflamável</b> <b>Oxidante</b> <b>Tóxico</b> <b>Corrosivo</b> <b>Perigo</b>			
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>			
Responsável pelo preenchimento:			

Fonte: AMA.

Na pergunta, “As fichas de caracterização acompanham os recipientes de resíduos contendo um maior número de informações sobre o conteúdo de cada frasco? ”, os entrevistados afirmaram que, os frascos de reagentes vazios (Figura 7) são descartados com seus rótulos de fábrica. Pode acontecer de a ficha de caracterização ter partes ilegíveis devido ao manuseio incorreto de transferência do concentrado para uma vidraria de preparo de solução.

**Figura 7** – Frascos de reagentes vazios para descarte com suas respectivas fichas de caracterização



Fonte: De autoria própria.

Na pergunta, “O armazenamento provisório de resíduos é feito nos próprios laboratórios do ICT em lugar adequado? ”, os entrevistados afirmaram que os resíduos ficam em lugares estratégicos com a finalidade de evitar acidentes. Sendo que resíduos líquidos, vidrarias danificadas e frascos de reagentes vazios podem ser colocados em caixas ou dentro de capelas (Figura 8). O recolhimento desses resíduos nos laboratórios, é feito por meio de solicitação através do site de sistema de gestão GLPI. A AMA identifica, pesa e os transporta para o abrigo de resíduos da UFVJM.

**Figura 8** – Bombonas de 5 e 20L usadas para descarte de resíduos e frascos de reagentes vazios para descarte



Fonte: De autoria própria.

## 5. DISCUSSÃO

Depois de todo estudo acima descrito, pode-se inferir que o ICT/UFVJM não apresenta apenas um Plano de Gerenciamento de Resíduos Químicos - PGRQ, também tem o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos – PGRS, com a capacidade de atender a demanda de produção de resíduos. No plano consta que os resíduos químicos produzidos, classificados como perigosos, são coletados, tratados e descartados de forma segura, através do contrato 025/19 (processo SEI 23086009042/2019) com a SERQUIP MG. A empresa presta serviço realizando a coleta, o transporte, o armazenamento, o tratamento e a garantia de um destino final, respeitando as legislações vigentes. O armazenamento destes resíduos químicos na UFVJM é temporário, sendo eles destinados ao abrigo de resíduos, construído em alvenaria e adaptados com bombonas coletoras (tambores de PEAD), como mostra na Figura 9. A coleta é realizada pela SERQUIP MG quinzenalmente.

**Figura 9** – Abrigo de resíduos perigosos da UFVJM



Fonte: AMA.

Tratando de sustentabilidade ambiental, a problemática está relacionada com o impacto que o ICT causa ao meio ambiente, a produção adequada, o descarte correto e o controle de emissão de poluente. Quanto menos impactos as atividades de ensino, pesquisa e extensão causarem, mais sustentável se torna o ICT. A ação de reduzir a emissão de poluentes e a gestão inadequada de resíduos não está pautada apenas como ideia de um futuro projeto a ser desenvolvido, mas sim, como ações que podem ser melhoradas, assim alcançando a redução dos impactos causados.

O ICT promove ações de redução e alerta que contribuem de forma positiva a preservação do meio ambiente, conscientização da comunidade acadêmica que compactuam com a geração, descarte e tratamento de resíduos. Por meio das evidências levantadas pela pesquisa como os descartes de papel branco, de copos e marmitas descartáveis, comunicação e capacitação, pontos de coletas estabelecidas e campanhas de conscientização sobre reutilização, reciclagem e descarte. Os Programas Ambientais geram ações educativas, destinadas a evitar a geração exponencial de resíduos, reduzindo perdas e desperdícios. O programa de minimização da geração de resíduos sólidos e educação ambiental se apresenta com estratégias com o intuito de causar sensibilização

dos servidores, colaboradores e alunos do ICT.

Mesmo sendo ponto de análise do plano gerenciamento resíduos, assunto tratado neste trabalho, verificou-se que existe um programa de coleta de pilhas e baterias (Figura 10) Da mesma forma há um programa de coleta de resíduos eletroeletrônicos, o qual possui estratégias estabelecidas para o descarte e destinação final correta. Uma vez que esses resíduos são compostos por metais pesados (mercúrio, chumbo, cobre, cádmio, berílio, etc), prejudiciais ao meio ambiente e a saúde humana.

**Figura 10** – Compartimento para descarte de pilhas e baterias



Fonte: De autoria própria.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A fim de compreender como o ICT/UFVJM gerencia os seus resíduos químicos, foi realizada uma busca pelo documento do Plano de Gerenciamento de Resíduos Químicos, porem o instituto não possui um PGRQ exclusivo. Entretanto foi identificado o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos - PGRS, que inclui os resíduos biológicos, químicos e radiológicos como parte de sua responsabilidade no processo de descarte. O PGRS do ICT é revisado a cada dois anos, sendo lido e discutido, analisando os avanços e retrocessos para implementação de melhorias.

As práticas sustentáveis geram benefícios indiretos e diretos, sempre com o foco nas ações sustentáveis e no meio ambiente. Essas práticas são desenvolvidas para garantir a utilização dos recursos naturais, promovendo o consumo consciente, incentivando a conservação da biodiversidade, a redução do desperdício e a minimização da poluição. Com a adoção de práticas sustentáveis, a utilização de tecnologias mais limpas e a gestão adequada de resíduos, é possível reduzir a emissão de poluentes no ar, na água e no solo. A dinâmica dos quatro “Rs” da sustentabilidade é uma ferramenta necessária quando se trata de ser ecologicamente correto. O ato de repensar, reduzir, reciclar e reutilizar

corroborar com minimização do impacto ambiental causado pelas atividades do dia a dia no ICT.

O tratamento de resíduos é de responsabilidade da empresa contratada, que, após todo o processo de recolhimento até a destinação final, emite um certificado para o ICT. Responsáveis pela ETE, junto a AMA, incentivam ao não descarte de resíduos na pia, mesmo depois de tratados e neutralizado. Após a realização de experimentos químicos, os resíduos são descartados de acordo com o seu grau de periculosidade e as vidrarias usadas são lavadas com água e sabão líquido neutro a fim de reduzir o máximo possível de resíduos e enxaguadas em seguida. A quantidade de resíduo descartada na pia ao higienizar as vidrarias é tão insignificante, que não existe nenhum registro sobre a porcentagem, quantidade ou mol de reagente presentes nas redes coletoras do ICT.

Em partes, é possível ser feito o tratamento de resíduos como meio de reduzir o seu grau de periculosidade. Esse processo se dá pelo ensino prático da disciplina de química analítica qualitativa, onde os alunos, por meio de ensaios químicos e teorias abordadas, separam e identificam cátions e ânions dos resíduos produzidos no laboratório durante as práticas semestrais.

## REFERÊNCIAS

- [1] ALMEIDA, F. **O Bom negócio da sustentabilidade**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2002.
- [2] ASHBROOK, P. C.; REINHARDT, P. A. Hazardous wastes in academia. **Environmental Science & Technology**, v. 19, p. 1150-1155, 1985.
- [3] BARATA, M. M. D. L.; KLIGERMAN, D. C.; GOMEZ, C. M. A gestão ambiental no setor público: uma questão de relevância social e econômica. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 1, p. 165 - 170, agosto 2006.
- [4] BARBIERI, J. C.; SILVA, D. D. Desenvolvimento sustentável e educação ambiental: uma trajetória comum com muitos desafios. **RAM - Revista de Administração Mackenzie**, São Paulo, v. 12, n. 3, p. 51-82, maio/junho 2011.
- [5] BARBOSA, P. R. A. **Índice de Sustentabilidade Empresarial da Bolsa de Valores de São Paulo**. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2007.
- [6] BOFF, L. Sustentabilidade: O que é, o que não é. In: BOFF, L. **Sustentabilidade: O que é, o que não é**. Petrópolis: Vozes, 2012. p. 200.
- [7] BORIN, P. D. O. C.; PIMENTEL, D. C.; AMÂNCIO, R. Entendendo o conceito de sustentabilidade nas organizações. **Revista de Administração - RAUSP**, São Paulo, v. 43, n. 4, p. 289-300, outubro - dezembro 2008. ISSN 0080-2107.
- [8] CANDACE NICOLE SOSA, A. N. J.". S. Y. J. K. R. S. J.-H. **Magic Shop**. Seul: Big Hit Entertainment, 2018.
- [9] CARNEIRO, D. D. A. Gerenciamento de resíduos químicos. **Tecer**, Belo Horizonte, v. 2, n. 2, p. 7 - 18, maio 2009.
- [10] CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A. Metodologia científica. In: CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A. **Metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002.
- [11] ELKINGTON, J. **Cannibals with forks: the triple bottom line of 21st century business**. Oxford: Capstone, 1997.
- [12] FILHO, W. L. Dealing with misconceptions on the concept of sustainability. **International Journal of Sustainability in Higher Education**, Bingley, v. 1, n. 1, p. 9-10, 2000.
- [13] GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. In: GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1996.
- [14] GONÇALVES, M. S. et al. Gerenciamento de resíduos sólidos na Universidade Tecnológica Federal

do Paraná Campus Francisco Beltrão. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, p. 79- 84, Março 2010. ISSN ISSN 2176-9478.

- [15] GROOT, I. Measurement of sustainability in coffee and cocoa. **Utrecht: Institute for Sustainable Commodities (ISCOM)**, 2002.
- [16] GUEDES, V. L. Sustentabilidade ambiental e serviços ambientais. **Educação Pública**, Rio de Janeiro, agosto 2009.
- [17] GUERRA, A. F. S.; FIGUEIREDO, M. L. Ambientalização circular na educação superior: desafios e perspectivas. **Educar em Revista**, Curitiba, v. 3, n. Edição Especial, p. 109-126, 2014.
- [18] GUITARRARA, P. Desenvolvimento Sustentavel. **Brasil Escola**, 2023. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/geografia/desenvolvimento-sustentavel.htm>>. Acesso em: 03 setembro 2023.
- [19] IBGE. Vocabulário Básico de Recursos Naturais e Meio Ambiente. 2. ed. Rio de Janeiro: [s.n.], 2004. p. 332.
- [20] IGNACY, S. Rumo à ecossocioeconomia: teoria e prática do desenvolvimento. In: SACHS, I. **Rumo à ecossocioeconomia**. São Paulo: Cortez, 2007.
- [21] LEFF, E. Saber ambiental: Sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder. 8. ed. Petrópolis: Vozes, 2011.
- [22] LIMA, B. M. D. C. D.; BRUSZTYN, M. **Ciência & tecnologia para o desenvolvimento sustentável**. Ministério do Meio Ambiente; Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Brasília: [s.n.]. 2000. p. 223.
- [23] MARCONI, M. D. A.; MARIA, E. M. L. Fundamentos de Metodologia Científica. 5ª edição. ed. São Paulo: Atlas, v. 5, 2003.
- [24] MARINHO, C. C. et al. Gerenciamento de resíduos químicos em um laboratório de ensino e pesquisa: A experiência do laboratório de limnologia da UFRJ. **Eclética Química**, Rio de Janeiro, v. 36, p. 85-100, 2011.
- [25] MOLES, R. et al. Practical appraisal of sustainable development: Methodologies for sustainability measurement at settlement level. **Environmental Impact Assessment Review**, Amsterdam, v. 28, p. 144-165, 2008.
- [26] NASCIMENTO, E.; FILHO, A. T. Chemical waste risk reduction and environmental impact generated by laboratory activities in research and teaching institutions. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 46, p. 187-198, 2010.
- [27] NEUMAN, W. L. Social research methods: qualitative and quantitative approaches. In: NEUMAN, W. L. **Social research methods: qualitative and quantitative approaches**. 7ª. ed. Boston: Allyn & Bacon, 1997.
- [28] PEDROZA, A. C. A importância do gerenciamento de resíduos químicos. **RevInter Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade**, v. 4, n. 2, p. 163 - 178, junho 2011.
- [29] Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos do Instituto de Ciências e Tecnologia. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. Diamantina, p. 5 de 62. 2023.
- [30] POLÍTICA Nacional de Resíduos Sólidos. **Planalto**, 2015. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm)>. Acesso em: 26 outubro 2023.
- [31] RATTNER, H. Sustentabilidade - Uma Visão Humanista. In: **Ambiente & Sociedade**. São Paulo: [s.n.], v. 5, 1999. p. 233-240.
- [32] ROCCA, A. C. C. Resíduos Sólidos Industriais. **CETESB**, São Paulo, p. 15, 1993.
- [33] SAVITZ, A. W.; KARL, W. The Triple Bottom Line: How Today's Best-Run Companies Are Achieving Economic, Social and Environmental Success - and How You Can Too. **Jossey-bass: A Wiley Brand**, São Francisco, 2014. 352.
- [34] SILVA, J. I. A. D. O.; PINHEIRO, A. L. Avaliação da Sustentabilidade do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte. **Revista Desenvolvimento em Questão**, n. 45, p. 249-279, 2016.

- [35] SPANGENBERG, J. H.; BENNOIT, O. Sustainability indicators: a compass on the road towards sustainability. **Wuppertal: Wuppertal Institute**, p. 34, Janeiro 1998.
- [36] TAMPLE, S. Old issue, new urgency? **Environmental Dimension Winsconsin**, Madison, v. 1, p. 1-28, 1992.
- [37] TEIXEIRA, J. C. Sustentabilidade: o que é, como funciona, benefícios e exemplos. **FIA Business School**, 2021. Disponível em: <<https://fia.com.br/blog/sustentabilidade/>>. Acesso em: 09 setembro 2023.
- [38] VERGARA, S. C. Projetos de Relatórios de Pesquisa em Administração. 4<sup>a</sup>. ed. São Paulo: Atlas S/A, 2003.
- [39] YIN, R. K. Estudo de caso: planejamento e métodos. In: YIN, R. K. **Case study research: desing and methods**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001. Cap. 5, p. 19-20.

# Capítulo 5

## *Produção sustentável de etanol de segunda geração a partir de resíduos lignocelulósicos: uma abordagem biotecnológica para mitigar as mudanças climáticas*

*Mariane Daniella da Silva*

**Resumo:** A produção de etanol de segunda geração a partir de resíduos lignocelulósicos surge como uma alternativa promissora e sustentável para mitigar as mudanças climáticas. Este estudo explora uma abordagem biotecnológica para a produção sustentável de etanol, destacando os benefícios ambientais e econômicos dessa prática. A análise abrange a importância da biomassa lignocelulósica como fonte renovável de energia, os desafios tecnológicos associados à produção de etanol 2G e as perspectivas futuras para o desenvolvimento dessa indústria. Além disso, são discutidos os principais micro-organismos utilizados na fermentação alcoólica e os métodos de desintoxicação de hidrolisados lignocelulósicos. Este estudo ressalta a necessidade de investimentos contínuos em pesquisa e inovação para impulsionar a produção sustentável de etanol de segunda geração, contribuindo assim para a redução das emissões de gases de efeito estufa e para a transição para uma economia de baixo carbono.

**Palavras-chave:** biomassa, biocombustíveis, biotecnologia industrial, etanol celulósico.

## 1. INTRODUÇÃO

A queima de combustíveis fósseis, como petróleo, carvão e gás natural, é a principal fonte de emissões de gases de efeito estufa, que contribuem significativamente para o aquecimento global e a poluição atmosférica. O crescimento populacional também está diretamente ligado ao aumento do consumo de combustíveis não renováveis, resultando em maior demanda por energia, alimentos e água potável, impactando o meio ambiente globalmente (Silva et al., 2020).

A crescente preocupação com o meio ambiente e o uso excessivo de combustíveis fósseis tem gerado uma busca urgente por alternativas sustentáveis de energia. Este cenário alarmante tem levado governos, cientistas e a sociedade a procurar fontes de energia renováveis e menos poluentes.

Neste contexto, a biotecnologia industrial surge como uma solução promissora, especialmente na fermentação para a produção de biocombustíveis, como o etanol, que é uma opção de produção de energia sustentável, interessante e vantajosa para o Brasil e outros países, pois oferece uma matriz energética limpa. O etanol combustível é produzido a partir da fermentação de açúcares de matérias-primas vegetais como cana-de-açúcar, milho, trigo e beterraba açucareira, gerando resíduos na sua produção (Furlan, 2009).

Além disso, a agricultura e a indústria alimentícia produzem grandes quantidades de resíduos que são frequentemente descartados ou queimados inadequadamente, causando problemas ambientais. O Brasil, sendo um dos maiores produtores de frutas e um dos maiores geradores de resíduos agrícolas e florestais, possui uma grande quantidade de biomassa lignocelulósica, tornando viável o uso desses materiais como fontes alternativas de energia sustentável (Silva et al., 2020).

Esses resíduos contêm lignina, hemicelulose e celulose em suas paredes celulares. Quando essas estruturas são rompidas, liberam monossacarídeos que podem ser usados por micro-organismos para produzir etanol de segunda geração (etanol 2G). O uso da biomassa para gerar energia renovável pode evitar a competição com a produção de alimentos, estabilizar o preço do etanol em relação à gasolina e reduzir os impactos ambientais (Ofori-Boateng; Lee, 2014).

Pesquisas sobre a reutilização desses resíduos como substratos para produção de etanol 2G buscam solucionar a poluição ambiental, utilizando materiais lignocelulósicos não comestíveis e não concorrentes com áreas agrícolas para alimentos. Além disso, culturas não usadas na alimentação humana também podem ser aproveitadas. No Brasil, resíduos do setor sucroalcooleiro são os mais pesquisados para a produção de etanol 2G devido à sua vasta disponibilidade. No entanto, outros resíduos lignocelulósicos, como cascas de frutas, sabugo de milho, planta de sisal, resíduos de mandioca e outros vegetais, também são promissores (Silva et al., 2020).

Desta forma, com a produção de etanol 2G a biotecnologia industrial não só fornece uma alternativa limpa e renovável aos combustíveis fósseis, mas também contribui para a economia circular, valorizando resíduos e promovendo um uso mais eficiente dos recursos naturais.

Portanto, esse trabalho teve como objetivo descrever o processo de produção do etanol celulósico, identificar as principais fontes de biomassa lignocelulósica disponíveis no Brasil, avaliar os métodos de pré-tratamento e fermentação, e discutir os benefícios ambientais e econômicos dessa abordagem sustentável.

## **2. DESENVOLVIMENTO**

### **2.1. BIOETANOL**

O etanol obtido do caldo de cana-de-açúcar é o único combustível capaz de atender à demanda mundial por uma energia sustentável, com baixo custo e baixo impacto ambiental. As emissões gasosas da queima de etanol são 60% menores do que as da gasolina. Além disso, o gás carbônico liberado na combustão do etanol é reabsorvido pela própria cana-de-açúcar durante o seu crescimento, resultando em um ciclo de carbono mais equilibrado (Cortez et al., 2010).

Outro benefício do etanol é seu alto índice de octanagem, superior ao da gasolina, o que proporciona uma combustão mais eficiente e limpa. Além disso, o etanol tem uma pressão de vapor inferior à da gasolina, o que resulta em menores emissões evaporativas (Jiang et al., 2019).

A queima de combustíveis fósseis representa 97% dos gases poluentes para o meio ambiente, enquanto o uso de biocombustíveis renováveis, como o etanol, reduz a emissão de carbono na atmosfera. Portanto, um dos objetivos da produção de etanol é diminuir as emissões de gases de efeito estufa (EPA, 2020).

Em 2021, nos Estados Unidos da América (EUA), o uso de etanol na gasolina reduziu a emissão de CO<sub>2</sub>, um gás que causa o efeito estufa, em 54,5 milhões de toneladas no setor de transporte. Isso equivale a remover 12 milhões de carros das estradas por um ano inteiro ou eliminar a emissão anual de 13 usinas de carvão (RFA, 2021).

Assim, o etanol não só oferece uma alternativa limpa e renovável aos combustíveis fósseis, mas também contribui significativamente para a redução das emissões de gases de efeito estufa, promovendo um ambiente mais saudável e sustentável.

### **2.2. PRODUÇÃO DE ETANOL**

O Brasil é pioneiro no uso de combustíveis renováveis e atualmente lidera a tecnologia de produção de etanol, sendo o maior produtor mundial de etanol de cana-de-açúcar. Em 2019, o Brasil produziu 8,86 milhões de galões de etanol e, em 2021, 7,43 milhões de galões, o que representa 30% da produção mundial. Os Estados Unidos são os maiores produtores, liderando o ranking com 55% da produção mundial, totalizando 15 milhões de galões de etanol produzido a partir do milho (RFA, 2021).

A produção de etanol no Brasil tem suas raízes na primeira grande crise do petróleo em 1975, com o lançamento do programa Proálcool (Programa Nacional do Álcool). Este programa foi criado para diminuir a dependência do petróleo importado, cujo preço estava elevado globalmente. A partir da cana-de-açúcar, o etanol foi produzido para ser utilizado em veículos de combustão interna, reduzindo a dependência de combustíveis fósseis, que são não renováveis e poluentes (Brasil, 2015; Cgee, 2017).

O uso do bioetanol vai além de ser um combustível alternativo no setor de transporte. Ele é também utilizado como componente em formulações farmacêuticas e cosméticas, solvente na indústria de higiene, alimentícia, e em muitos outros setores biotecnológicos, químicos ou petroquímicos. Além disso, o etanol é utilizado como matéria-prima na síntese de biopolímeros (Masiero; Lopes, 2008).

O etanol brasileiro apresenta o menor custo de produção do mundo. No entanto, sua obtenção a partir da cana-de-açúcar requer uma extensa área cultivável para atender à crescente demanda interna e externa de açúcar e álcool. Para evitar impactos na produção de alimentos e tratar a questão dos resíduos poluentes, pesquisas estão sendo desenvolvidas para o aproveitamento de materiais lignocelulósicos na produção de bioetanol de segunda geração. Este tipo de bioetanol utiliza excedentes de materiais como o bagaço de cana-de-açúcar, que é abundante em celulose (Furlan, 2009).

Assim, a biotecnologia industrial aplicada na produção de etanol não só oferece uma alternativa sustentável e renovável aos combustíveis fósseis, mas também promove a economia circular ao valorizar resíduos e promover um uso mais eficiente dos recursos naturais.

### **2.3. ETANOL DE SEGUNDA GERAÇÃO (ETANOL 2G)**

O etanol de segunda geração (2G) ou etanol celulósico, é produzido a partir de açúcares fermentescíveis obtidos por meio da quebra de cadeias de celulose e hemicelulose de matérias-primas vegetais como resíduos agrícolas, alimentícios e florestais, ou seja, das partes não comestíveis de uma planta. Portanto, para a produção do etanol 2G não há a competição com as áreas cultiváveis utilizadas para a produção de alimentos, uma vez que o produto de interesse já foi extraído. Além disso, outras culturas que não são utilizadas na alimentação humana também podem ser aproveitadas para essa finalidade (Cgee, 2017).

Desta forma, o surgimento desse biocombustível tem o intuito de trazer vantagens com relação às questões ambientais, visto que, é obtido a partir do aproveitamento de resíduos que seriam inutilizados e que acabam poluindo o meio ambiente e ainda, são potenciais substitutos de fontes não renováveis, poluentes formadores de gases causadores do efeito estufa (Ofori-Boateng; Lee, 2014; Zambon, 2019).

O processo para a geração do etanol celulósico é baseado em quatro fases e inicia-se a partir da moagem da matéria-prima lignocelulósica para reduzir o tamanho das partículas. A biomassa moída precisa então sofrer um tratamento que cause a quebra das ligações químicas entre as moléculas constituintes que serão transformadas em açúcares fermentescíveis por meio de métodos químicos, físicos ou biológicos. O pré-tratamento e a hidrólise são fundamentais para desestruturar o material lignocelulósico, composto por uma mistura complexa de celulose, hemicelulose e lignina que fazem parte da estrutura dos vegetais. A terceira etapa é constituída pela fermentação dos açúcares por um micro-organismo produtor de etanol. O etanol produzido no caldo de fermentação é recuperado por destilação e purificado para obter o etanol combustível (Silva et al., 2020). A Figura 1 apresenta um fluxograma geral das etapas para a produção de etanol 2G.

**Figura 1** – Fluxograma do processo de produção do etanol de segunda geração

Fonte: Silva et al. (2020).

No Brasil há duas indústrias produtoras de etanol 2G, a GranBio, em Alagoas, que utiliza o processo de sacarificação e fermentação simultânea (SSF), e a Raízen, em Piracicaba (SP), que emprega a fermentação por sacarificação e hidrólise separada (SHF).

A GranBio foi a primeira biorrefinaria da América do Sul a fabricar o etanol 2G em escala industrial, o processo utiliza o processo de sacarificação e fermentação simultânea (SSF) da palha de cana-de-açúcar, e é constituído pelas etapas de pré-tratamento por explosão a vapor, hidrólise enzimática e fermentação por uma linhagem geneticamente modificada capaz de consumir pentoses e hexoses. Com capacidade de produção de 30 milhões de litros por ano (Granbio, 2020).

Por outro lado, a Raízen utiliza o processo de fermentação por sacarificação e hidrólise separada (SHF), uma abordagem que separa as etapas de hidrólise enzimática e fermentação (Raízen, 2023). Esta técnica permite otimizar cada etapa do processo individualmente para aumentar a eficiência da produção de etanol.

A existência dessas indústrias no Brasil demonstra o potencial do país em liderar a produção de biocombustíveis de segunda geração, utilizando resíduos agrícolas abundantes como a palha e o bagaço da cana-de-açúcar. Este avanço tecnológico não só contribui para a sustentabilidade ambiental ao reduzir resíduos e emissões de gases de efeito estufa, mas também fortalece a economia local ao criar novas oportunidades de emprego e inovação.

## 2.4. BIOMASSA LIGNOCELULÓSICA

Os resíduos lignocelulósicos, identificados como biomassa, são as fontes renováveis mais abundantes na natureza e constituem a quarta maior fonte de energia, depois do carvão, petróleo e gás natural (Nielsen et al., 2016).

A biomassa é formada por fotossíntese e possui mais átomos de oxigênio na sua composição do que os combustíveis fósseis. Essa característica faz com que a biomassa necessite de menos oxigênio do ar durante a combustão, resultando em uma menor quantidade de CO<sub>2</sub> emitida devido ao seu menor teor de carbono. Além disso, o CO<sub>2</sub> liberado pela queima do etanol é reabsorvido pelas plantações de cana-de-açúcar (Cgee, 2017). A biomassa é o único material renovável que pode ser transformado em diversos combustíveis líquidos e gasosos, produtos químicos e outros produtos de valor agregado (Chaparro-Garnica et al., 2021).

A biomassa é composta por aproximadamente 45% de celulose, 25% de hemicelulose, 20% de lignina, e o restante é formado por macro e micronutrientes e extrativos, como óleos, gorduras e proteínas (Bhatia et al., 2020). Celulose e hemicelulose representam 60-80% da parede celular da lignocelulose, formando uma estrutura rígida e complexa onde a celulose é envolta pela hemicelulose e lignina, o que dificulta sua hidrólise (Zhou; Liu; Zhao, 2021). Para quebrar essa estrutura, é necessário um pré-tratamento que degrade a celulose e hemicelulose em glicose e xilose, açúcares que serão convertidos por micro-organismos em etanol e outros produtos secundários (Scheufele et al., 2012).

Os métodos para a hidrólise da biomassa podem ser químicos, físicos, físico-químicos (por exemplo, moagem, explosão a vapor, tratamento ácido ou alcalino) ou biológicos (por exemplo uso de enzimas), mas também, uma combinação desses (Bhatia et al., 2020).

Devido à sua vasta disponibilidade, baixo custo e razões econômicas e ambientais, os resíduos agrícolas e outras fontes de carboidratos de baixo valor são recursos atraentes para a produção de biocombustíveis (Wang et al., 2021).

No entanto, o descarte inadequado de resíduos lignocelulósicos causa graves problemas ambientais, como contaminação do solo e das águas (MENDES et al., 2015). Portanto, uma alternativa para minimizar esses danos é o aproveitamento da biomassa para a geração de biocombustíveis, contribuindo para a sustentabilidade ambiental e a economia circular (Ponnusamy et al., 2019).

## 2.5. DESINTOXICAÇÃO DE HIDROLISADOS LIGNOCELULÓSICOS

Durante o processo de hidrólise química da biomassa, além dos açúcares, são liberados compostos que podem ser inibidores da fermentação, derivados da degradação da lignina. Para garantir que a toxicidade desses compostos não afete a produtividade do etanol, é necessária uma etapa de remoção antes do início da fermentação (Silva et al., 2020).

Existe um grande número de métodos químicos, biológicos e físicos que podem ser empregados para remover compostos tóxicos de meios hidrolisados. Entre os mais conhecidos encontram-se: mudanças de pH com óxido de cálcio, hidróxido de cálcio (*overliming*) e hidróxido de amônio; utilização de carvão ativado, colunas de troca iônica, precipitação, evaporação, peneiras moleculares, extração líquido-líquido com solventes orgânicos, extração líquido-sólido, tratamentos enzimáticos e tratamentos com biocatalisadores microbianos (Tabela 1) (Zhang et al., 2018).

**Tabela 1** – Métodos utilizados na desintoxicação de hidrolisados lignocelulósicos

Técnica	Procedimento
Aditivos químicos	Alcalino (como Ca(OH) <sub>2</sub> , NaOH, NH <sub>4</sub> OH)
	Agentes redutores (tais como ditionito, ditioneitol, sulfito)
Tratamento enzimático	Lacase
	Peroxidase
Aquecimento e vaporização	Evaporação
	Tratamento de calor
Extração líquido-líquido	Acetato de etila
	Extração com fluido supercrítico (exemplo CO <sub>2</sub> supercrítico)
Extração líquido-sólido	Carvão ativado
	Troca iônica
Tratamento microbiano	<i>Coniochaeta ligniaria</i>
	<i>Trichoderma reesei</i>
	<i>Ureibacillus thermosphaericus</i>

Fonte: Silva et al. (2020).

Pesquisas mostram que um dos métodos mais eficiente é o *overliming* também conhecido como supercalagem, devido à eficaz precipitação das substâncias tóxicas, além de ser um método econômico (Jönsson et al., 2013).

Entretanto, é importante notar que, embora esses métodos removam eficientemente os compostos inibidores, eles podem levar a uma redução substancial na concentração de açúcar, aumentar os custos devido a uma etapa adicional e gerar resíduos, o que pode tornar o processo economicamente indesejável (Zhang et al., 2018).

## 2.6. MICRO-ORGANISMOS PRODUTORES DE ETANOL

A fermentação alcoólica é realizada por micro-organismos que metabolizam e convertem glicose, frutose, manose, xilose ou arabinose em etanol. Entre os mais utilizados estão as leveduras como *Saccharomyces cerevisiae*, *Candida* sp., *Pichia* sp., *Schizosaccharomyces* sp. e *Pachysolen* sp.; fungos filamentosos como *Fusarium* sp., *Mucor* sp., *Monilia* sp. e *Paecilomyces* sp.; e bactérias como *Zymomonas mobilis*, *Clostridium* sp. e *Thermoanaerobacter* sp. (Ernandes; Garcia-Cruz, 2009).

A *Saccharomyces cerevisiae* é a levedura mais utilizada no mundo para fermentação em escala industrial, na produção de etanol e em uma série de outros processos biotecnológicos, como na fabricação de pão, cerveja e vinho. Essa levedura oferece rápido desenvolvimento e alta eficiência fermentativa (Toogood; Scrutton, 2018).

A *S. cerevisiae* apresenta tolerância em altas concentrações de etanol, baixos valores de pH e grandes variações de temperatura. Além disso, é resistente a diferentes meios de cultura e condições fermentativas, podendo ser estritamente anaeróbia. No entanto, não é capaz de utilizar todos os açúcares da estrutura lignocelulósica, pois, não apresenta eficiência em assimilar a xilose, uma pentose liberada em grande quantidade durante o processo de hidrólise da biomassa lignocelulósica (Zhang et al., 2016; Ruchala et al., 2020).

Contudo, permanece sendo a escolha preferencial devido à sua eficiência fermentativa. Enquanto as leveduras fermentativas não conseguem mais se desenvolver a partir de 6,0% (v/v), a *S. cerevisiae* demonstra resultados na produção em concentrações de etanol de 17,0% (v/v) ou superiores (Santos et al., 2010; Santos et al., 2012).

Estudos apresentam duas alternativas para o melhor aproveitamento das hexoses e pentoses liberadas na hidrólise da biomassa. A primeira a partir do desenvolvimento de cepas geneticamente modificadas capazes de fermentar tanto a glicose quanto a xilose para produzir etanol. Assim, por exemplo, uma cepa de *S. cerevisiae* modificada para consumir a xilose (Zhang et al., 2016).

A segunda utiliza dois micro-organismos simultaneamente em um único sistema, para o aproveitamento total dos açúcares obtidos na hidrólise, essa técnica é definida como “co-cultura”, culturas mistas ou co-fermentação (Shadbahr et al., 2017; Jiang et al., 2019). O principal objetivo ao empregar co-culturas na produção de etanol é combinar uma levedura fermentadora de pentoses e outra de hexoses (Pereira et al., 2011).

Algumas leveduras que apresentam a capacidade de assimilar pentoses são a *Pichia striptis*, *Pachysolen tannophilus* e *Candida shehatae*, porém, elas apresentam baixa tolerância aos inibidores e baixo rendimento de produção quando comparadas à *S. cerevisiae* (Tian et al., 2009). Enquanto, a levedura *P. tannophilus* apresenta capacidade natural de utilizar diretamente a xilose e produzir etanol (Converti et al., 2001).

Uma bactéria muito estudada nos últimos 30 anos com alto potencial para o desenvolvimento de processos alternativos é a *Zymomonas mobilis*. Essa bactéria é excelente produtora de etanol, apresenta um ciclo de fermentação rápido, possuindo alto rendimento e elevada eficiência, além de apresentar alta tolerância a elevadas concentrações de sacarose, glicose e de etanol e tolera pH entre 2,5 e 7,5 (Ernandes; Garcia-Cruz, 2009).

Em pesquisas realizadas com uma cepa selvagem da levedura *S. cerevisiae* que mostra grande capacidade de adaptação em diferentes meios de cultivo ricos em celulose, hemicelulose e impurezas, mesmo sem esterilização ou desintoxicação. Além disso, essa levedura pode ser adaptada a diferentes (Mendes, et al., 2016).

### 3. PERSPECTIVAS FUTURAS

A pesquisa e o desenvolvimento contínuo de novas tecnologias e processos são essenciais para impulsionar ainda mais a produção de etanol de segunda geração. Pesquisas futuras devem focar em métodos mais eficientes e econômicos para a quebra das estruturas rígidas de celulose e hemicelulose, reduzindo o uso de produtos químicos agressivos e minimizando a formação de inibidores da fermentação (Ortega, 2021). A integração de tecnologias verdes, como o uso de solventes eutéticos profundos e pré-tratamentos a base de ozônio, pode oferecer soluções mais sustentáveis e ambientalmente amigáveis.

Além disso, o desenvolvimento de micro-organismos geneticamente modificados (OGMs) que possuam maior resistência a inibidores e capacidade de fermentação de uma ampla gama de açúcares, incluindo pentoses, é uma área promissora. O avanço nas técnicas de engenharia genética permitirá a criação de cepas de leveduras e bactérias mais robustas e eficientes. Por exemplo, cepas de *S. cerevisiae* modificadas para consumir xilose podem melhorar significativamente o rendimento do etanol 2G. A utilização de co-culturas, que combinam diferentes micro-organismos para fermentar simultaneamente diversos tipos de açúcares, também representa uma estratégia inovadora e eficiente para aumentar a produtividade (Silva et al., 2020).

Investimentos em pesquisa biotecnológica, melhorias nos processos de pré-tratamento e hidrólise, bem como a busca por micro-organismos mais eficientes, são fundamentais

para o avanço dessa área. Ainda, a aceitação pública e a conscientização sobre os benefícios dos biocombustíveis são cruciais para o sucesso da produção de etanol 2G. Campanhas educacionais e iniciativas governamentais que promovam a adoção de combustíveis renováveis podem impulsionar a demanda e acelerar a transição energética.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho abordou de maneira abrangente a produção de etanol a partir de biomassa lignocelulósica, destacando sua importância como uma alternativa sustentável e renovável aos combustíveis fósseis. Ao longo das discussões, foi possível observar os seguintes pontos: Importância ambiental e econômica; diversidade de micro-organismos; e perspectivas futuras para a produção de etanol 2G, com potencial significativo para contribuir para a mitigação das mudanças climáticas e a promoção de uma economia sustentável.

A produção de etanol a partir de biomassa lignocelulósica apresenta vantagens significativas em termos ambientais, contribuindo para a redução das emissões de gases de efeito estufa e para a mitigação das mudanças climáticas. Além disso, promove a utilização de resíduos agrícolas e florestais, valorizando esses materiais e reduzindo os impactos ambientais associados ao seu descarte inadequado.

O uso de micro-organismos na fermentação alcoólica é essencial para a conversão dos açúcares da biomassa em etanol. Diversas espécies de leveduras e bactérias foram discutidas neste trabalho, destacando suas características e potenciais para a produção de etanol a partir de diferentes substratos.

A pesquisa e o desenvolvimento contínuo de novas tecnologias e processos são essenciais para impulsionar ainda mais a produção de etanol de segunda geração. Investimentos em pesquisa biotecnológica, melhorias nos processos de pré-tratamento e hidrólise, bem como a busca por micro-organismos mais eficientes, são fundamentais para o avanço dessa área.

Em suma, a produção de etanol a partir de biomassa lignocelulósica representa uma importante estratégia para reduzir a dependência de combustíveis fósseis e mitigar os impactos ambientais associados ao seu uso. Com investimentos contínuos em pesquisa e inovação, é possível alcançar avanços significativos nesse campo, contribuindo para um futuro mais sustentável e resiliente.

#### REFERÊNCIAS

- [1] BHATIA, S. K. et al. Recent developments in pretreatment technologies on lignocellulosic biomass: Effect of key parameters, technological improvements, and challenges. **Bioresource Technology**, v. 300, p. 122724. 2020.
- [2] BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. Portaria n. 75, de 5 de março de 2015. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 6 mar. 2015. Seção 1, p. 17. Disponível: <http://portal.impresanacional.gov.br/consulta>. Acesso em: 10 mar. 2024.
- [3] CGEE. **Second-generation sugarcane bioenergy e biochemicals: Advanced low-carbon fuels for transport and industry**. Brasília: Center for Strategic Studies and Management, 2017.
- [4] CHAPARRO-GARNICA, J. et al. Biomass waste conversion into low-cost carbon-based materials for supercapacitors: a sustainable approach for the energy scenario. **Journal of Electroanalytical Chemistry**, p. 880, 2021.

- [5] CONVERTI et al. Efeito da temperatura no metabolismo microaerofílico de *Pachysolen tannophilus*, **Enzyme and Microbial Technology**, v. 28, p. 339-345, 2001.
- [6] CORTEZ, L. A. et al. **Bioetanol de Cana-de-Açúcar: P&D para Produtividade e Sustentabilidade**. 1ª Ed. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 2010. p. 992.
- [7] DA CUNHA-PEREIRA, L. R.; HICKERT, N. T.; SENHEM, C. A. ROSA, P. B. SOUZA-CRUZ, M. A. Z. Ayub, Conversion of sugars present in Rice hull hydrolysates into ethanol by *Spathaspora arvorariae*, *Saccharomyces cerevisiae*, and their co-fermentations. **Bioresource Technology**, v. 102, p. 4218-4225, 2011.
- [8] EPA – Environmental Protection Agency. Overview of Greenhouse Gases. 2020. Disponível em: <<https://www.epa.gov/ghgemissions/overview-greenhouse-gases>> Acesso em: 12 abril 2024.
- [9] ERNANDES, F. M. P. G.; GARCIA-CRUZ, C. H. Análise dos parâmetros cinéticos para produção de levana por *Zymomonas mobilis* utilizando fermentação submersa. **Acta Scientiarum Technology**, v. 31, n. 1, p. 35-41, 2009.
- [10] FURLAN, V. J. M. Produção de bioetanol a partir de resíduos celulósicos da agroindústria do arroz. 2009, p. 92. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos) – Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2009.
- [11] GOLDEMBERG, J. Atualidade e perspectivas no uso de biomassa para a geração de energia. **Revista Virtual de Química**, v. 9, n. 1, p. 15-28, 2017.
- [12] GRANBIO. Produção de Etanol 2G. Alagoas, Brasil. 2020. Disponível em: <<http://www.granbio.com.br/>> Acesso em: 09 mar. 2024.
- [13] JIANG, Y.; WU, R.; ZHOU, J. et al. Recent advances of biofuels and biochemicals production from sustainable resources using co-cultivation systems. **Biotechnology for Biofuels**, v. 12, p. 155, 2019.
- [14] JÖNSSON, L. et al. Bioconversion of lignocellulose: inhibitors and detoxification. **Biotechnology for Biofuels**, v. 6, n. 1, p. 1-16, 2013.
- [15] MASIERO, G.; LOPES, H. Etanol e biodiesel como recursos energéticos alternativos: perspectivas da América Latina e da Ásia. **Revista Brasileira de Política Internacional**, v. 51, n. 2, p. 60-79, 2008.
- [16] MENDES, C. V. et al. Integrated bioconversion of pulp and paper primary sludge to second generation bioethanol using *Saccharomyces cerevisiae* ATCC 26602. **Bioresource Technology**, v. 220, n. 1, p. 161-167, 2016.
- [17] NIELSEN et al. Biomass Supply Chains for Bioenergy and Biorefining. Denmark: Elsevier, 2016. p. 385-392.
- [18] OFORI-BOATENG, C.; LEE, K. T. An oil palm-based biorefinery concept for cellulosic ethanol and phytochemicals production: Sustainability evaluation using exergetic life cycle assessment. **Applied Thermal Engineering**, v. 62, n. 1, p. 90-104, 2014.
- [19] ORTEGA, J. O. Pré-tratamento de palha de cana-de-açúcar empregando ozonólise, em meio aquoso alcalino e em solventes de baixo ponto eutético para a obtenção de
- [20] açúcares fermentáveis. Tese de Doutorado em Química - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de São José do Rio Preto. 2021.
- [21] RAÍZEN – Etanol de segunda geração: potencial e oportunidades. Disponível em: <<https://www.raizen.com.br/blog/etanol-de-segunda-geracao#:~:text=Na%20Ra%C3%ADzen%2C%20essa%20biomassa%20%C3%A9,produ%C3%A7%C3%A3o%20de%20E1G%20e%20a%C3%A7%C3%BAcar>>. > Acesso em: 28 mar. 2024.
- [22] RFA – Renewable Fuels Association. Ethanol. Disponível em: <<https://ethanolrfa.org/about>> Acesso em: 04 mar. 2024.
- [23] RUCHALA, J. et al. Construction of advanced producers of first- and second-generation ethanol in *Saccharomyces cerevisiae* and selected species of non-conventional yeasts (*Scheffersomyces stipitis*, *Ogataea polymorpha*), **Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology**, v. 47, n. 1, p. 109–132. 2020.
- [24] SANTOS, J. R. A. et al. Comparação entre processos em SHF e em SSF de bagaço de cana-de-açúcar para a produção de etanol por *Saccharomyces cerevisiae*. **Química Nova**, v. 33, n. 4. 2010.

- [25] SCHEUFELE, F. B.; BUTZKE, A. L.; MARRA, I. F.; HASAN, S. D. M.; FIORESE, M. L. Otimização dos parâmetros de hidrólise enzimática do bagaço de cana-de-açúcar. **Engevista**, v. 14, p. 310-321, 2012.
- [26] SILVA, M. D. et al. Acid Hydrolysis of corn COB for the production of second generation ethanol by *Saccharomyces cerevisiae* ATCC 26602. **International Journal of Development Research**, v. 10, n. 8, p. 38871-38878. 2020.
- [27] TIAN, S.; ZHOU, G.; YAH, F.; YU, Y.; YANGO, X. Yeast strains for ethanol production from lignocellulosic hydrolysates during in situ detoxification. **Biotechnology Advances**, v. 27, p. 656-60. 2009.
- [28] TOOGOOD, H. S.; SCRUTTON, N. S. Discovery, characterization, engineering, and applications of ene-reductases for industrial biocatalysis. **ACS Catal.** 2018.
- [29] ZHANG, M. et al. Biorefinery approach for cassava-based industrial wastes: Current status and opportunities. **Bioresource Technology**, v. 215, n. 1, p. 50-62, 2016.
- [30] ZHANG, Y.; XIA, C.; LU, M.; TU, M.; Effect of overliming and activated carbon detoxification on inhibitors removal and butanol fermentation of poplar prehydrolysates. **Biotechnology for Biofuels**, v. 11, n. 178. 2018.
- [31] ZHOU, Z.; LIU, D.; ZHAO, X. Conversion of lignocellulose to biofuels and chemicals via sugar platform: An updated review on chemistry and mechanisms of acid hydrolysis of lignocelluloses. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 146, 2021.

# Capítulo 6

## *Produção de etanol de segunda geração a partir de resíduos de algaroba (*Prosopis Juliflora*), oriundos da poda de árvore da cidade de Campina Grande – Paraíba*

*Daniel Bezerra Fernandes*

*Antonio Jefferson dos Passos Lima*

*Hallyson Oliveira*

*Pablícia Oliveira Galdino*

*Carlos Christiano Lima dos Santos*

**Resumo:** O presente estudo consiste no aprimoramento de tecnologias alternativas, viáveis para a obtenção de biocombustível, etanol de segunda geração (E2G), como uma proposta de atendimento à demanda energética, em níveis local, regional e nacional, abrangendo também as necessidades de redução de impactos ambientais, constantemente promovidos pela utilização de matrizes fósseis. Os rejeitos da poda de árvore *Prosopis Juliflora* podem ser utilizados como biomassa para produção do bioetanol, entretanto, para a utilização desse substrato é necessário tratamento inicial de ataque hidrotérmico, para a remoção da hemicelulose e lignina, expondo a celulose que é o substrato consumido pelo microrganismo na fermentação. A utilização de um segundo tratamento, ataque hidrólise ácida, viabiliza em maior quantidade a exposição de celulose. Assim, esse trabalho teve como objetivo estudar a produção de bioetanol pela levedura *Saccharomyces cerevisiae* a partir de poda da árvore algaroba utilizada como substrato. Para isso, tempo de aquecimento no tratamento hidrotérmico foi de 30 minutos, utilizando ataque hidrólise ácida solução de ácido sulfúrico 2%. Também se avaliou o efeito de um mosto apenas com o tratamento hidrotérmico. Os resultados indicam produção de etanol após a fermentação de 36 horas, apresentando o melhor resultado o mosto hidrolisado, 6,27 gramas/litro de etanol e 4,70 gramas/litro no mosto feito apenas ataque hidrotérmico. Portanto, essa pesquisa fornece dados para utilização como uma alternativa sustentável e viável de biocombustível, álcool de segunda geração, a partir de fonte lignocelulósica da árvore da algaroba, *Prosopis Juliflora*, da cidade de Campina Grande.

**Palavras-chave:** biocombustível, etanol de segunda geração e resíduos de poda de algaroba.

## 1. INTRODUÇÃO

O bioetanol é visto ultimamente por pesquisadores, empresas e governo, como alternativa de energia renovável em decorrência da perspectiva do esgotamento de fontes fósseis não renováveis e que agridem em maior grau o meio ambiente. Nesse contexto, vários autores usam dos resíduos gerados por indústrias sucroalcooleiras, bem como resíduos de poda, corte, vargem e casca de frutos de árvores, avaliando e mostrando viabilidade do uso para produção de etanol de segunda geração (Silva, 2018; Santos, 2019; Filho, 2020; Oliveira et al., 2020).

O biocombustível será obtido a partir de fermentação com leveduras, desse modo esses materiais que são ricos em biomassa lignocelulósicas tão importante para a produção bioetanol, compostas, principalmente, por a celulose, hemicelulose e lignina podem ser aproveitados, porém, diferente do tradicional, devem passar por etapas de processamento anteriores a fermentação para que haja a remoção máxima possível da hemicelulose e lignina, expondo assim a celulose, o açúcar da fibra da planta consumido na fermentação pelos microrganismos. A fermentação, produção de etanol e gás carbônicos por leveduras, ocorre a partir de variáveis operações controladas para desenvolvimento do microrganismo, como a temperatura, pH do meio e Brix disponível (Nogueira, 2021).

Na cidade de Campina Grande na Paraíba, as quatro árvores mais abundantes na cidade compreenderam três de origem exótica, a *Senna Siamea* (Cássia-Amarela), *Prosopis Juliflora DC* (Algaroba), e *Terminalia Catappa Linn* (Castanhola); e uma de origem nativa a *Cliptoria Fairchildiana Howard* (Sombreiro), sendo espécies de portes médio e grande (Martins, 2020. Dantas et al., 2004). Dentre estas classes de árvores apresentadas, o estudo quantitativo de biomassa lignocelulósica (Podas de folhas das arbóreas), com potencial para produção de etanol de segunda geração, foi focado na segunda espécie mais abundante que é a *Prosopis Juliflora* (Algaroba). A escolha foi motivada devido a abundância da espécie no nordeste brasileiro; consequência de obter a matéria-prima por todo o território, espécie que ganhou popularidade para o plantio devido características de adaptação da árvore na região nordestina amplamente árida e semi-áridas.

Como resultados esperados, pretende-se a partir da pesquisa, obter produção de bioetanol pela levedura *Saccharomyces cerevisiae* se utilizando de poda da árvore algaroba como substrato na fermentação, envolvendo a folha da planta, e comparando-se a eficiência desta rota produtiva com as de outras biomassas, conforme expostos na literatura (Silva, 2018; Santos, 2019; Filho, 2020; Oliveira et al., 2020).

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

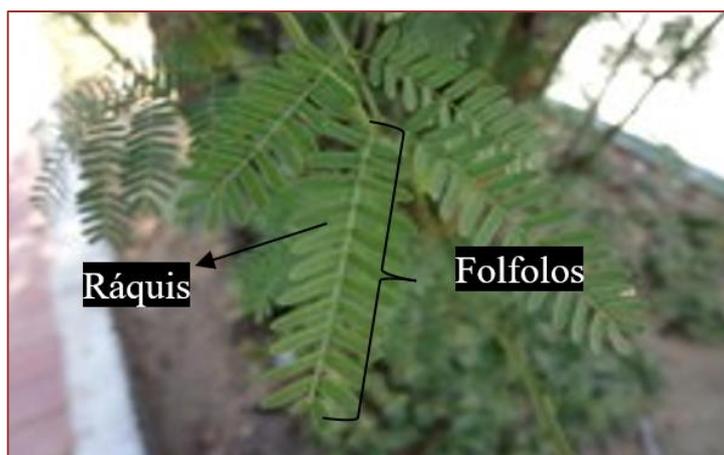
### 2.1. CARACTERÍSTICAS DA MATÉRIA PRIMA E LOCAL DO EXPERIMENTO

Os experimentos foram realizados no Laboratório de química analítica aplicada no complexo de Laboratórios professor Edvaldo Oliveira Alves (Mará), e no Núcleo de Pesquisa e Extensão em Alimentos, ambos na Universidade Estadual da Paraíba- UEPB, Campus I, Campina Grande – Paraíba.

Para o processo de fermentação, foi utilizado folhas de algaroba (*Prosopis Juliflora*), como biomassa. As folhas foram coletadas em pontos aleatórios de árvores na cidade de Campina Grande – Paraíba (coordenadas geográficas: Latitude: 7° 13' 51" Sul, Longitude: 35° 52' 54" Oeste), no período de setembro a outubro de 2022.

A folhas de *prosopis* foram coletadas retirando galhos da árvore, desses galhos era retirado as folíolos e a ráquis, ilustrados na figura 1.

**Figura 1** - folíolos e ráquis da folha de *Prosopis*



Fonte: Gouveia (2019).

Com o propósito de evitar sujidades no material coletado, foi realizada a separação de cada componente da folha (Ráquis e folíolos). Após a classificação, o material foi conduzido ao processo de secagem, utilizando bandejas de inox que foi disposto o material e exposto ao sol durante três dias. A secagem possibilita maior concentração de material lignocelulose na amostra a ser utilizada na fermentação, bem como, após este tratamento cujo o resíduo apresentou coloração marrom, facilita a operação de trituração das folhas que foram moídas moinho de facas, em busca de maior superfície de contato, e resulta em um pó que foi armazenado em temperatura ambiente.

## **2.2. PARÂMETROS UTILIZADOS ANTES DA FERMENTAÇÃO**

Utilizando tratamento hidrotérmico, foi feito em temperatura de 121°C, durante 30 minutos, utilizando banho maria com glicerina. Após esta etapa, obteve-se uma concentração final para o material em torno de 100 gramas/litros de folha em solução. Os parâmetros utilizados neste trabalho, otimizando, foram baseados na literatura sobre a obtenção do E2G a partir do resíduo de caule da algaroba por Naseeruddin, et al., (2016), resíduos da indústria de quatro frutas da Amazônia por Oliveira et al. (2020), e resíduo de sabugo de milho por Silva, (2018), cujo ambos utilizaram as mesmas condições de temperatura e concentração de substratos. Em contraste aos processos utilizados na literatura apresentada, foi adotado, no presente trabalho, a adição de quantidade muito inferior de ácidos, deslignificação da biomassa, utilizados apenas para a correção do valor de pH do mosto. Isso representou uma economia de insumos, não interferindo diretamente na produção do álcool.

A média de acidez da solução após tratamento hidrotérmico apresentou, em escala de potencial hidrogênio (pH), o resultado igual a 5,01. A faixa de valores de pH adequada para fermentação é entre 4 e 5, esse parâmetro favorece as condições de trabalho adequadas para as leveduras fermentarem (Lima, et al., 2001).

A partir deste resultado de pH foram montados dois reatores: o primeiro com correção do mosto para valor de pH igual a 4,0; e o segundo sem correção do mosto. Silva, (2018), em pesquisa, utilizou os resíduos de sabugo de milho, 100 gramas a cada litro de solução 2,5% de ácido sulfúrico para realizar o tratamento hidrotérmico, corrigindo posteriormente a acidez do meio com base forte hidróxido de sódio, sendo similar o tratamento de Naseeruddin, et al., (2016), que utilizou concentração de 2% ácido sulfúrico, ou seja, ambos usaram quantidades superiores a utilizadas nesse trabalho apenas para corrigir acidez do meio.

### 2.3. ETAPA DA FERMENTAÇÃO E SEPARAÇÃO DO MOSTO

Feita leitura do Brix e obtendo-se em ambos reatores uma média de 4,0 °Brix, adicionou-se 40 gramas de levedura a cada litro de mosto, tomando como medida de levedura/litro, os experimentos de Silva (2018) e Naseeruddin, et al., (2016).

Após esta etapa iniciou-se o processo de fermentação, onde a levedura utilizada é de panificação e granulada, fabricado por Saf-instant, massa 500 gramas, 17.64 oz, *Saccharomyces cerevisiae*, armazenada a vácuo. A duração da fermentação foi de 36 horas sem agitação, embasado nos experimentos de referência.

A figura 2 ilustra os sistemas montados para a fermentação, em meio anaeróbico, com o propósito de evitar contaminação do mosto fermentado.

**Figura 2** - Reatores montados para fermentação



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Ao longo da fermentação foi observado como produto a liberação de dióxido de carbono do sistema fechado. O etanol e o CO<sub>2</sub> resultantes são constituídos de produtos de excreção das leveduras (Lima, et al., 2001).

Finalizando a fermentação, os mostos foram retirados dos reatores e filtrados separadamente em material filtrante do tipo malha de organza. O líquido filtrado tem características de cor esverdeado e odor característico de fermentação.

## 2.4. LEITURA QUANTITATIVA DE TEOR ALCOÓLICO

Para a quantificação do teor alcoólico etanol, foi retirado alíquota do mosto filtrado, e utilizado o instrumento ebulioscópio que inclui uma câmara de cobre, uma caldeira, uma lâmpada a etanol para ferver a amostra, e um termômetro de precisão para fazer a leitura de ebulição da amostra.

As soluções alcoólicas sempre terão o ponto de ebulição mais baixo que a água, quanto maior o teor alcoólico, menor será o ponto de ebulição, desse modo, é necessário que primeiro se aqueça a amostra de água e anote-se o ponto de ebulição da água naquele instante. Inclusa com o instrumento, vem uma régua de graduação alcoólica decimal, que é por meio dela que se determinará o teor alcoólico da amostra em volume, deve-se ser ajustada na temperatura do líquido puro e posteriormente, a leitura da temperatura de ebulição da amostra deve ser lida na escala da régua ajustada, a diferença entre as temperaturas, determinará o teor alcoólico da amostra em volume.

Os resultados de teor alcoólicos utilizando o ebulioscópio, são mililitro de etanol a cada 50 mililitro da amostra, o que se faz necessário cálculos para quantificar o teor presente em um litro em busca de leituras mais precisas e comparativas a literatura. Para nível de massa de etanol a cada volume de um litro, a conversão em gramas, temos pela equação um que, densidade é igual a massa sobre volume, sendo a densidade do etanol na literatura 784 gramas/litro, assim:

$$\rho = m/v \rightarrow m = v \rho \text{ (Equação 1)}$$

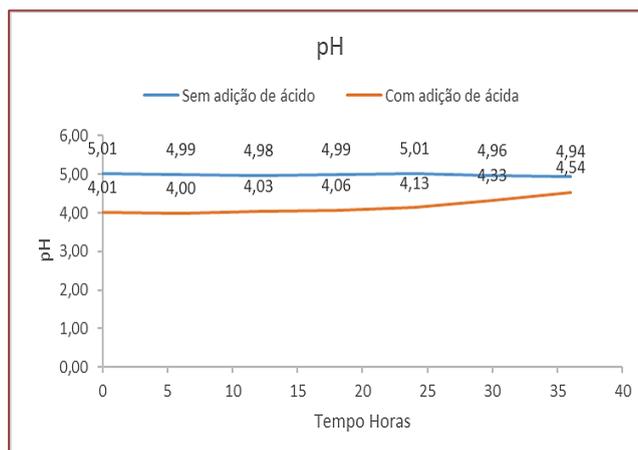
Dados:  $\rho$  = Densidade (g/l),  $m$  = massa (g) e  $v$  = volume (l)

Para ambos os mostos nos reatores, a única variável na equação um será o volume de teor alcoólico encontrado.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

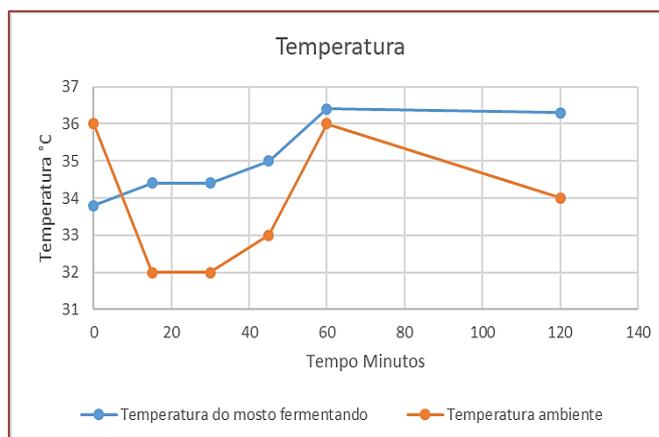
### 3.1. OPERAÇÕES VARIÁVEIS CONTROLADAS

O pH se manteve praticamente constante em ambos os casos, mosto hidrolisado e não hidrolisado, observando-se pela curva no gráfico que houve maior variação de pH no meio hidrolisado, figura 3. O mosto hidrolisado permite maior liberação da celulose, consequentemente maior cinética de reação, com relação ao mosto não hidrolisado.

**Figura 3 - pH da fermentação**

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

O gráfico apresentado na figura 4, traz o comportamento de temperatura do mosto que ocorreu a fermentação sem hidrólise, com a temperatura do ambiente em que a fermentação ocorreu, apresentando uma tendência da curva azul no gráfico, uma estabilidade da temperatura ideal de trabalho das leveduras, que se situem na faixa de 30 a 35° C, indicando uma eficiência em seu processo fermentativo. Pelo gráfico apresentado, a aparente estabilidade da temperatura ambiente, corroborou nesse processo fermentativo.

**Figura 4 - Temperatura ambiente e do mosto fermentando**

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

### 3.2. GRADUAÇÃO ALCOÓLICA DECIMAL

A temperatura obtida para ebulição da água no laboratório que se realizou a análise foi de 98,2 °C, isso se explica devido o laboratório está localizado na cidade de Campina Grande que possui altitude acima do nível do mar. As temperaturas para o mosto que se realizou a correção de pH foi de 97,8°C, e para o mosto que não foi realizada a correção de pH foi de 97,9°C. Seguindo as descrições de cálculos do item 2.4, a massa de etanol obtidas foi de

6,27 gramas/litro de etanol para o mosto que se realizou a correção de pH, e para o mosto que não foi realizada a correção, resultado de 4,70 gramas/litro de etanol.

Resultados semelhantes foram obtidos por Silva (2018), onde foi produzido etanol de segunda geração, a partir de sabugo de milho, fermentando durante 18 horas, sem agitação, com mosto hidrolisado e em pré-tratamento hidrotérmico em solução 2,5% de ácido sulfúrico; e após encerramento da fermentação, análises de cromatografia gasosa mostraram que a concentração do etanol foi de 1,58 gramas/litro. Em comparação aos resultados desse trabalho, sem o uso de ácido sulfúrico ao mosto, foi obtido o dobro de etanol, o que barateia o mesmo processo. Ainda em comparação com o processo de obtenção do mosto, utilizando o ácido para correção de pH, foi obtido o triplo de etanol em concentração bem menores que a de Silva (2018).

Oliveira et al. (2020) em produção de etanol de segunda geração a partir de quatro resíduos da indústria frutífera da Amazônia, utilizando pré-tratamento hidrotérmico em solução de 1% de ácido sulfúrico, variando em 30-90 minutos, após encerramento da fermentação, concluindo por análise de Cromatografia líquida de alta eficiência – HPLC, que a obtenção de etanol foi de entre 3,5 a 4,6 gramas/litro. Em comparação aos resultados desse trabalho, sem o uso de ácido sulfúrico ao mosto, foi obtido aproximado a quantidade de etanol máxima obtida por Oliveira et al. (2020), podendo-se viabilizar que quanto em menor quantidade usar ácido, barateia o processo. Ainda em comparação com o mosto utilizando o ácido para correção de pH, foi obtido cerca de 30% a mais de etanol em concentração bem menores.

#### 4. CONCLUSÃO

Constatou-se a viabilidade da utilização da poda de árvore de algaroba (*Prosopis Juliflora*), da cidade de Campina Grande – Paraíba, para a produção de bioetanol de segunda geração.

O pré-tratamento térmico sem acidificação do meio mostrou-se mais simples e mais viável quanto à produção de etanol de segunda geração.

Pesquisas com outras espécies de árvores existente na referida cidade torna-se necessárias, avaliando-se de forma mais abrangente o potencial produtivo de diferentes massas lignocelulósicas para a produção de etanol de segunda geração.

#### REFERÊNCIAS

- [1] DANTAS, Ivan Coelho; SOUZA, Cinthia Maria Carlos. Arborização urbana na cidade de Campina Grande - PB: Inventário e suas espécies. **Revista de biologia e ciência da terra**, Sergipe, Brasil, V.4 - Número 2 - 2º Semestre 2004.
- [2] FILHO, Manoel Tolentino Leite. **Produção de etanol combustível primeira e segunda geração a partir da vagem de algaroba**. 2020. Dissertação (Doutorado em engenharia de processo) – Faculdade de engenharia de processo, Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, 2020.
- [3] GOUVEIA, Clovis; Algarobeira. Laboratório de análises e pesquisas de bebidas alcoólicas, Universidade Federal da Paraíba – UFPB, Jul. 2019.
- [4] LIMA, Urgel de Almeida; AQUARONE, Eugênio; BORZANI, Walter; SCHMIDELL, Willibaldo; Biotecnologia industrial, processos fermentativos e enzimáticos. Vol. III, **Editora Blucher**, 1º edição 2001, reimpressão 2007.
- [5] MARTINS, Petrus Santana. **Inventário quali-quantitativo de um trecho da arborização urbana da avenida Marechal Floriano Peixoto, Campina Grande, Paraíba**. 2020. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Agronomia) – Centro de ciências agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia,

2020.

- [6] NASEERUDDIN, Shaik; DESAI, Suseelendra; RAO, L. venkateswar; Produção de etanol a parti de substrato lignocelulósico Prosopis Juliflora. **Elsevier Ltd**, Índia, Energia renovável 103, p. 701-707, Out. 2016.
- [7] NOGUEIRA, Cleitiane da Costa. **Produção de etanol celulósico sob elevadas concentrações de polímeros a base de óxido de etileno**. 2021. Dissertação (Doutorado em engenharia química) – Faculdade de engenharia química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rio Grande do Norte, 2021.
- [8] OLIVEIRA, Johnatt Allan Rocha; MARTINS, Luiza Helena da Silva; PASSOS, Marcele Fonseca; CONCEIÇÃO, Adriene Carvalho; MOREIRA, Débora Kono Taketa; KOMESU, Andrea. Avaliação do potencial tecnológico de quatro resíduos da indústria frutífera da Amazônia na produção de glicose e etanol. **Revista Jhon Wiley & Sons**, Nova Jersey, EUA. 2020.
- [9] SANTOS, Mayer Andrade. **Avaliação do potencial de utilização dos resíduos da poda e corte de arbóreos e gramíneas (massa verde) na geração de energia térmica**. 2019. Dissertação (Mestrado em ciência e tecnologia de biocombustível) - Pós graduação em biocombustíveis, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019.
- [10] SILVA, Mariane Daniella. **Produção de etanol de segunda geração por Saccharomyces cerevisiae ATCC 26602 a partir da hidrólise ácida de sabugo de milho**. 2018. Dissertação (Mestrado em engenharia e ciência dos alimentos) – Faculdade de Biociências, Letras e Ciências, Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto, 2018.

# Capítulo 7

## *A industrialização da Suzano Papel e Celulose voltada para a produção e exportação de produtos com valor agregado, com base nas Práticas ESG*

*José Carlos Santos Santana*

*Gregory Mendes Quintas*

*Flavia Palazzi de Souza*

**Resumo:** Este projeto interdisciplinar está situado na área de Comércio Exterior e sua finalidade é explicitar em argumentos a formação da empresa Suzano Papel e Celulose, maior fabricante de celulose do mundo e líder do mercado brasileiro nos segmentos de celulose, papel e biotecnologia, delineando sua trajetória dentro do mercado e explicando seus projetos no âmbito das disciplinas acadêmicas cursadas visando expor seu êxito e expansão na exportação de celulose e diferentes tipos de papéis utilizando a fibra de eucalipto. Trabalhando para ser uma empresa competitiva e protagonista na transformação de sua cadeia de valor a Suzano está focada na produção sustentável já que tudo que a empresa produz está ancorado no sistema da natureza, ou seja, a silvicultura e em seus *stakeholders*. Tendo em vista a alta produtividade de madeira (média nacional de 41 m<sup>3</sup> por hectare, em ciclos de corte de aproximadamente sete anos), com menores custos e maiores taxas de retorno do investimento conferem grande atratividade ao cultivo do eucalipto, garantindo alta competitividade de seus produtos nos mercados interno e externo. A Suzano possui uma operação verticalizada, ou seja, realiza desde o plantio e colheita das madeiras a partir das florestas de eucalipto, até o processamento e produção de itens derivados da celulose. Para se ter uma ideia, a empresa controla uma base florestal de mais de 1,2 milhão de hectares em diversos estados próximos às unidades produtivas. Sua longevidade nesse segmento, advém de sua combinação em excelência operacional e a capacidade de aproveitar da melhor forma as externalidades.

**Palavras-chave:** industrialização, celulose, exportação, sustentabilidade, transporte.

## 1. INTRODUÇÃO

Assim como o Brasil é vocacionado para o Agronegócio, é também vocacionado para a celulose, com o menor custo de produção global, favorecido pelo clima e utilização de biotecnologia e de engenharia genética.

O Brasil conta com uma carteira de investimentos de quase R\$ 62 bilhões, abrindo uma nova fábrica a cada ano e meio, em média.

O setor de celulose representa 1,3% do PIB nacional e 6,9% do PIB industrial, e a sua base de plantações apresenta taxas de produtividade florestal de 40 a 45 metros cúbicos por hectare por ano para o eucalipto e de 30 a 38 metros cúbicos por hectare por ano para o pinus.

Ao todo, o Brasil tem quase 10 milhões de hectares de áreas cultivadas, uma área maior do que o Estado do Rio de Janeiro, e outros 6 milhões de hectares destinados à conservação de florestas nativas.

O cenário da silvicultura sempre se mostrou promissor para a economia brasileira e os números de 2022 corroboram com essa tese, ou seja, foram: 2,6 milhões de empregos diretos e indiretos, alcançou uma receita bruta de R\$ 260 bilhões e bateu recorde de produção, ao atingir 25 milhões de toneladas de celulose, 11 milhões de toneladas de papel e 8,5 milhões de m<sup>3</sup> de painéis de madeira.

As empresas que compõem o setor são divididas em três: As produtoras apenas de celulose, os produtores de papel e por fim as empresas integradas, que abrangem a cadeia toda, produzindo desde a celulose até os produtos de papel.

No Brasil, o avanço da produção da fibra vem ocorrendo de forma consistente e no Agronegócio a celulose figura entre os três principais produtos brasileiros exportados para outros países

Assim sendo dentro dos fatos aqui questionados esse trabalho se propõe a argumentar a evolução da empresa Suzano Papel e Celulose explanando no objetivo geral seu crescimento construção e aquisição de novas unidades explicitando no objetivo específico suas exportações e sua dependência de importações de tecnologia na fabricação de produtos de valor agregado.

## 2. CONTEXTUALIZAÇÃO

A industrialização do Brasil começou a se intensificar a partir da década de 1930 e hoje o país possui um amplo e diverso parque industrial, integrado ao mercado internacional. No entanto um grande montante de suas principais empresas não se encontra voltada a produção de produtos com valor agregado e sim na produção e comercialização de commodities o que não é o caso na questão do setor de celulose aja visto a grande discrepância em vantagens territorial e clima que possui frente a seus concorrentes.

A indústria brasileira de papel e celulose é modelo na adoção de práticas ESG e com foco na inovação e respeito a cultura da sustentabilidade, a indústria passa por transformações e tem expectativa de atingir cerca de US\$ 370 bilhões em todo o mundo até 2029. O setor é responsável pela empregabilidade de 195 mil pessoas em cerca de 4 mil empresas e exporta 44% de sua produção. É uma indústria que busca constantemente a evolução de seus processos de produção e desenvolvimento de produtos substitutos de materiais não sustentáveis.

Na indústria celulósica, é imprescindível que as empresas do setor estejam focadas em buscar excelência em mitigação dos impactos já que o verdadeiro potencial da indústria de base florestal é a capacidade de absorver carbono, compensar emissões e gerar créditos para o mercado sendo esse um comportamento da empresa Suzano Papel e Celulose o que vem a posicioná-la estrategicamente entre os grandes *players* do mercado de celulose no Agronegócio e no mercado globalizado. Inserida nesse novo contexto de mercado a Companhia vem se agigantando na indústria de papel e celulose através de expressivos ganhos em capital estrangeiro e aquisição de *traders* menores.

### 3. FUNDAMETAÇÃO TEÓRICA

A biotecnologia, embora seja um conhecimento antigo, necessita constantemente de investimentos em inovação e pesquisa, na busca pelo processo mais sustentável da produção de papel, diminuindo a utilização de químicos, otimizando a área plantada e acelerando a produção (Empapel, 2023).

A bioeconomia na indústria de base florestal inclui gestão da matéria prima renovável; conhecimento exaustivo da fibra; logística; cadeias de valor estabelecidas; fábricas de papel como biorefinarias; tecnologias de ponta, com inovação e diversificação de produtos (Empapel, 2023).

A silvicultura constitui-se em uma ciência alicerçada em métodos e técnicas aplicados na formação e na regeneração natural de florestas, como também no uso racional ou manejo sustentável de maciços florestais (Santos, p. 11, 2015).

Os métodos e técnicas da silvicultura são provenientes da sistematização do conhecimento de vários ramos da ciência, como matemática, estatística, genética, biologia, ecologia, geografia, sensoriamento remoto, georreferenciamento, topografia, dentre outras (Santos, p. 12, 2015).

O principal indutor do desenvolvimento da silvicultura foi a necessidade de satisfazer as demandas do mercado por produtos florestais e as crescentes preocupações com a pressão exercida pelo homem sobre o meio ambiente (Santos, p. 13, 2015).

A celulose compreende cerca de 33% de toda a matéria vegetal presente no planeta onde 90% do algodão e 50% da madeira são celulose. Assim sendo, a celulose é o mais abundante de todos os compostos orgânicos que ocorrem naturalmente (Croplifebrasi, 2020).

A indústria de celulose apresenta características diferentes dos demais mercados, devido ao fato de possuir um elevado nível de desenvolvimento tecnológico que utiliza instalações industriais com grande capacidade de produção, uma ampla base de recursos florestais plantados e intenso capital aplicado em tecnologia (Thermocr COnsultoria e Representação; 2023).

#### 4. CONSTRUÇÃO DOS ALICERCES PARA EXPORTAÇÃO DA CELULOSE

Criada em 1924 pelo imigrante ucraniano *Leon Feffer*, a história da companhia fez-se paralelamente à história da industrialização no Brasil. Atualmente, a companhia possui três fábricas integradas de celulosa e papel – duas em São Paulo e uma na Bahia, bem como uma unidade de produção de celulose no Maranhão e uma fábrica de papel não-integrado em São Paulo. Ademais, a Suzano, em seu portfólio, possui a *FuturaGene* que visa à atuação em melhoramento genético (Evanteadvice, 2021).

A Suzano é a maior produtora mundial de celulose de mercado (~30% de *market share* de celulose de fibra curta) e uma das maiores produtoras de papel da América Latina. A empresa está dividida em dois segmentos principais: divisão de Celulose que representa cerca de 90% do *Ebitda* total, e divisão de Papel que representa os 10% restantes do *Ebitda* total. Além disso, mais de 80% do faturamento total vem das exportações para mais de 108 países, com produtos essenciais para higiene, educação e bem-estar da sociedade (Conteudos.XP Investimentos, 2020).

Com suas 11 fábricas e a operação conjunta Veracel, tem capacidade instalada de 10,9 milhões de toneladas de celulose de mercado e 1,4 milhão de toneladas de papel por ano. A Companhia conta com mais de 37 mil colaboradores diretos e indiretos e há mais de 90 anos investe em soluções inovadoras baseadas em árvores plantadas (Conteudos.XP investimentos, 2020).

Em 2019, a Suzano fundiu-se com a Fibria, o que é reconhecido como uma das transações mais marcantes do setor de P&P. Após a transação, a Suzano triplicou sua capacidade de celulose e em 2023, adquiriu a *Timber VII* e a *Timber XX*, sociedades de propósito específico (SPEs) administradas pela subsidiária do BTG *Pactual, Timberland Investment Group*, por R\$ 1,826 bilhão (Conteudos.XP Investimentos, 2020).

Como resultado da operação, a empresa elevou sua previsão de investimento de capital (Capex) para 2024 de 14,6 bilhões de reais para 16,5 bilhões de reais, informou em comunicado separado.

De acordo com a empresa a transação está alinhada a sua estratégia de criar opcionalidade em seu negócio e ampliar a sua autossuficiência no suprimento de madeira”.

Como principal via de crescimento da Suzano, o Cerrado expandirá a capacidade de celulose da empresa em 2,55 Mtpa a partir do 2S24E (+23% vs. capacidade atual), com custos mais baixos de madeira e maior eficiência energética impulsionando um projeto altamente valoroso (prevemos TIRs atrativas em diferentes cenários, com ROIC estrutural de ~17%, bem acima dos níveis da Suzano de ~12-13%) sociedade (Conteudos.XP Investimentos, 2020).

O custo médio da celulose da Suzano hoje é um número público na ordem de \$ 180 dólares a tonelada. É de longe o mais baixo do mundo. *Players* europeus, chineses ou norte-americanos tem valores entre \$ 500 e \$ 600 dólares de custo caixa. Então, nós já somos muito competitivos no mundo. Só que essa fábrica especificamente vai ter um custo caixa de \$100, o que será ainda mais competitiva. Isso aumenta o nosso patamar de competitividade, adiciona 2,5 milhões de toneladas ao nosso sistema e, portanto, cria ainda mais uma alavanca de valor ao longo do tempo para todos nós ((Exame, 2024).

Sua receita líquida, por sinal foi recorde, em 2022: R\$ 49,8 bilhões, alta de 21,6% em relação ao ano anterior. Para ter um retrato mais preciso do desempenho, no entanto, sem o peso de variáveis como as oscilações cambiais, a empresa prefere lidar com medidas

como o Ebitda ajustado, de R\$ 28,2 bilhões, 20,1% acima de 2021, ou o custo caixa, de R\$ 885 por tonelada de celulose, aumento de 28%.

Segundo Bacci o maior investimento da Suzano é no Projeto Cerrado unidade de produção em Ribas do Rio Pardo representado em valores R\$ 22 bilhões projetando sua capacidade operacional para 25%.

Nos exercícios sociais encerrados em 2022, 2021 e 2020, respectivamente, a Companhia vendeu 970,2 mil, 966,2 mil e 842,4 mil toneladas de papel para imprimir e escrever. Para o papel cartão os valores ficaram na ordem de 191,6 mil, 198,6 e 201,8 mil toneladas de papel cartão, das quais 160,0, 163,6 e 138,9 toneladas foram vendidas no mercado interno, ao passo que 31,7, 34,9 e 62,8 mil toneladas foram exportadas (Suzano Papel e Celulose S/A, 2023).

Segundo o Ibá a participação da Companhia nas vendas dos Fabricantes Brasileiros no mercado interno foi de 25,6%, 26,2% e 24,0% em 2022, 2021 e 2020, respectivamente. Adicionalmente, suas exportações de papel cartão representaram 30,8%, 21,9% e 29,6% do volume total exportado pelos produtores brasileiros em 2022, 2021 e 2020 respectivamente (Papel e Celulose S/A, 2023).

De acordo com Bacci os investimentos previstos para 2023 são de R\$ 18,5 bilhões, ante R\$ 16,3 bilhões em 2022, já que o mercado de celulose e papel está em expansão, e isso deve continuar durante muito tempo, e os custos devem cair com o recuo previsto da inflação.

Em um ano marcado pela queda significativa no preço dos grãos e da carne bovina, a celulose fez o caminho inverso e em 2024 está com os preços 35% maiores que no primeiro quadrimestre de 2023, passando de uma média de 343,7 dólares por tonelada para 464 (Correio do Estado, 2024).

Com a capacidade de combinar eficiência operacional com práticas sustentáveis, a Suzano está posicionada para se tornar ainda mais competitiva no mercado internacional (Radiocacula, 2024).

## 5. REPRESENTAÇÃO ACIONARIA NA BOLSA DE VALORES

Atualmente, as ações da Suzano – Ações Ordinárias (SUZB3) – são listadas no Ibovespa, principal índice de ações da Bolsa de Valores brasileira, a B3.

As ações da companhia também são negociadas no Mercado de Balcão (OTC) dos Estados Unidos, na Bolsa de Valores Latino-Americana (*Latibex*) de Madri na Espanha e na Deutsche Boerse (XE) da Alemanha. O código de negociação da Suzano Papel e Celulose no USOTC é SUZBY e a negociação ocorre sob a forma de *American Depositary Receipts* – Level I (ADR). Já na *Latibex*, o código de negociação é XSUZB e a negociação ocorre sob a forma de ações preferenciais classe A. Por sua vez, na Deutsche Boerse, o ativo negociado refere-se às ações preferenciais classe A da companhia e o código de negociação é A0B7SP.

Composição acionaria: o capital da Suzano está dividido entre a Suzano Holding SA (27%), membros da família Feffer (14,2%), Fundo Alden, pessoas vinculadas, administradores e ações em tesouraria (6,6%), além de demais acionistas individuais e institucionais (52,1%) (Suzano Papel e Celulose, 2024).

*Free float*: dada a composição acionaria acima, o *free float* – ações em circulação livre no mercado – é de 52,1%.

Dentre os direitos que a Suzano Papel garante ao acionista SUZB3, estão: o direito de *tag* along de 80%; o direito ao dividendo mínimo obrigatório de 25% do lucro líquido de cada exercício social; o direito a voto pleno; e o direito a conversibilidade.

A Suzano (SUZB3) e seus ativos têm um peso de 1,974% sobre o Ibovespa. Ao todo são 1,3 bilhão de ações sendo que, destas 752 milhões ou aproximadamente 54% estão em *free float*, sendo negociadas livremente no mercado.

No âmbito federal a Suzano S.A se beneficia de incentivos fiscais devido a possuir unidades de produção em microrregiões da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste – SUDENE, e em legislação estadual, como o Promaranhão no estado do Maranhão e o Desenvolve no estado da Bahia. No entanto ressalta-se são benefícios que podem ser mantidos ou não renovados, em razão das condições macroeconômicas adversas (Suzano Holding S.A, 2022).

Os resultados financeiros da Suzano S.A. são afetados por mudanças nas taxas de juros, como o Certificado de Depósitos Interbancários (“CDI”) e a Taxa de Juros de Longo Prazo, ou “TJLP” e considerando a extinção da LIBOR em junho de 2023, a Suzano está avaliando seus contratos com cláusulas que vislumbrem a descontinuação da taxa de juros. (Suzano Holding S.A, 2022).

Entre 2018 e 2019, foram contratadas pela Companhia notas de negociações de operações de swap, junto ao Banco Bradesco S.A., com volume total de R\$ 5 bilhões, com juros de 3,16% a.a., 5,67% a.a., 5,70% a.a., 5,74% a.a., 5,79% a.a. e 5,98% a.a. e com vencimentos em 22 de junho de 2023, 14 de dezembro de 2023 e 29 de junho de 2026. Em 29 de março de 2022, a Companhia captou junto ao BNDES o valor de R\$243.000 indexados pela taxa de juros Taxa de Longo Prazo (“TLP”), mais juros fixos de 2,33% a.a., com 2 anos de carência de principal e vencimento em maio de 2036. Os recursos foram destinados a projetos da área industrial (Suzano Holding S.A, 2022).

**Tabela: 1** Histórico de pagamento de dividendos desde 2017

Ano	Dividend Yield	Payout
2023	-	-
2022	6,49%	10,05%
2021	-	20,87%
2020	-	0,00%
2019	1,12%	0,00%
2018	0,50%	188,40%
2017	2,68%	22,69%

Fonte: Status Invest 2024

O principal produto da empresa é o papel *Report*, que é vendido em 5 qualidades diferentes, *Report Premium*, *Report Reciclato*, *Report Colorido*, *Report Senninha* e *Magnum*.

## 6. PRODUÇÃO/COMERCIALIZAÇÃO/MERCADOS

Seu negócio de papel no Brasil é segmentado comercialmente com base no perfil de seus clientes, sendo eles classificados nos seguintes grupos: Grandes Contas, pulverizados e micropulverizados. Como as necessidades destes grupos são diferentes, a Suzano estruturou suas ações comerciais, de marketing e estratégicas de acordo com o mercado, atuando da seguinte forma:

### 6.1. SEGMENTO DE GRANDES CONTAS

Atuação principal no mercado de embalagem, editorial e caderno.

**Embalagem:** Principal destino das vendas de papel cartão, como o próprio nome sugere, é responsável pela produção de embalagens para as indústrias farmacêutica, cosmética, tabaco, brinquedos, vestuário e calçados, alimentos e bebidas, higiene e limpeza e *food service* (Suzano Holding S.A, 2022).

**Editorial:** Caracterizado pela produção de livros, revistas e jornais, consome papéis de imprimir e escrever não-revestido, revestido e papel cartão.

**Cadernos:** Atendendo ao mercado doméstico e exportações, este segmento é responsável pela produção de cadernos, agendas, formulários, faturas e envelopes e consome os papéis não- revestidos, revestidos e papel cartão.

### 6.2. SEGMENTO PULVERIZADO:

Atuação principal no mercado *office*, varejo, gráficas e editorial.

**Office:** abrange os subsegmentos copistas, licitações e corporativo, comercializa apenas papéis não- revestidos no formato *cut-size* (papel cortado), com predominância do formato A4 (Suzano Holding S.A, 2022).

**Varejo:** Assim como o subsegmento *office*, este segmento comercializa apenas papéis não-revestidos no formato *cut-size* (papel cortado), com predominância do formato A4, porém com foco de atuação em papelarias, autos erviços e conveniência (Suzano Holding S.A, 2022).

**Gráficas:** comercializa principalmente papéis revestidos, não-revestidos e papel cartão, produz, entre outros, encartes promocionais, catálogos, *displays*, revistas, livros e cartazes.

**Editorial:** comercializa principalmente papéis revestidos, não-revestidos e papel cartão, para produção de livros conveniência (Suzano Holding S.A, 2022).

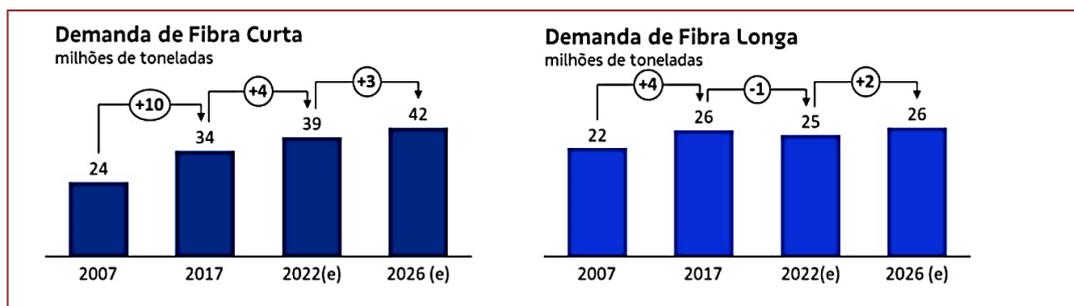
### 6.3. SEGMENTO MICROPULVERIZADO:

Atuação principal também no mercado de *office*, varejo, gráficas e editorial, porém para clientes com perfil de compra para menores quantidades (Suzano Holding S.A, 2022).

Para manter seus produtos inovadores e com qualidade no mercado a Suzano conta com a *FuturaGene*, uma base de pesquisa e desenvolvimento que atua com melhoramento genético. As linhas de pesquisa da Suzano incluem celulose microfibrilada, nanocristalina, biocompósitos. Dessa forma ela detém participação nas empresas *Celluforce*, líder

mundial na produção comercial de nanocelulose e *Ensyn Corporation*, que investe na produção de combustíveis de matriz renovável (InvestidorSardinha, 2022).

**Gráfico 1:** Produção/Comercialização/Mercados



Fonte: Pulp and Paper Products Council – PPPC novembro de 2022.

## 7. EMPREENDIMENTOS VOLTADOS A ECONOMIA CIRCULAR

A Companhia deixou de destinar mais de 470,4 mil toneladas de resíduos orgânicos e inorgânicos para aterros desde que iniciou a produção de corretivos de solo e fertilizantes em sua unidade de Três Lagoas- MS (Maisfloresta, 2023).

Por meio desse empreendimento a empresa obteve a marca de 180,8 mil toneladas de corretivos e fertilizantes agrícolas produzidos com o reaproveitamento de resíduos florestais e industriais e nos últimos três anos e meio, foram produzidas 165.955 toneladas de corretivos de solo e 14.887 toneladas de fertilizantes orgânicos, o que corresponde a uma produção de quase 4,3 mil toneladas de insumos agrícolas ao mês (Maisfloresta, 2023).

Somente em 2023, foram produzidas 30.170 toneladas de corretivos de solo e 7.480 toneladas de fertilizantes orgânicos. O volume de insumos orgânicos deste ano praticamente bateu toda a produção dos anos dois anos anteriores. Entre 2021 e 2022, foram produzidas 7.409 toneladas de fertilizantes (Maisfloresta, 2023).

De acordo com Eduardo Ferraz o resultado superou as expectativas da companhia, reduzindo substancialmente o volume de resíduos industriais, orgânicos e inorgânicos, que seriam destinados aos aterros industriais tornando assim o nosso ciclo operacional ainda mais sustentável (Maisfloresta, 2023).

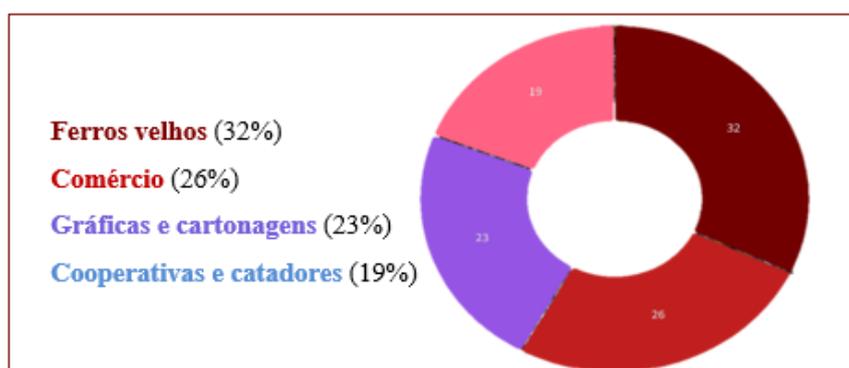
Com os investimentos feitos na ampliação, a capacidade produtiva da primeira planta, a de Corretivo de Solo, passou de 2.500 toneladas/mês para 5.000 toneladas de corretivos de solo ao mês. Já a segunda planta, de Fertilizantes Orgânicos, em capacidade máxima, pode produzir até 1.000 toneladas de fertilizantes orgânicos e 1.500 toneladas de substrato orgânico ao mês (Maisfloresta, 2023).

O que antes era descarte, se transforma em corretivos e adubo, retornando para a terra, seja em as nossas florestas e seja para o mercado agrícola (Maisfloresta, 2023).

Segundo Ferraz na companhia, há um direcionador que diz que só é bom para nós, se for bom para o mundo' e reduzir o volume de rejeitos destinados para aterros é bom para os negócios, para a sociedade e, principalmente, para o meio ambiente (MaisflorestaA, 2023).

A reciclagem de papel um dos membros da Logística Reversa numa empresa como a Suzano Papel e Celulose que tem sua produção alicerçada nas práticas do ESG é de suma importância na procura pela sustentabilidade, uma vez que não há mais espaço para a economia linear, baseada em exploração, produção, consumo e descarte. A reciclagem promove a utilização inteligente dos recursos, minimizando a pressão sobre o capital natural, o que é o fundamento da economia circular (Empresa de Pesquisa Energética – EPE, 2022).

**Gráfico: 2** Principais fontes de coleta



Fonte: Associação Nacional dos Aparistas de Papel (Anap) 25/03/2024.

## 8. TRANSPORTE INTERNACIONAL

A celulose é uma carga neogranel geralmente embarcada em navios tipo "open hatch" com porões. "box-shaped" (ou "box-type").

No porto de Itaqui a Suzano utiliza o *spreader* automático com capacidade de movimentar até 32 toneladas desenvolvido pela empresa *Saur*. O equipamento representa um avanço em eficiência e capacidade operacional, cobrindo todo o processo, desde o engate até o içamento e a acomodação dos fardos de celulose nos navios de transporte. O impacto é duplo: otimiza e acelera as operações, ao mesmo tempo em que aumenta a capacidade de carga do porto, ampliando suas operações e potencialidade (Portosenavios, 2023).

Para Arnaldo Miranda esse equipamento será um reforço para nossas operações, à medida que integra tecnologia avançada de maneira responsável.

O equipamento *spreader* automático, que faz o engate automático dos fardos de celulose içados para os navios, é uma das inovações desenvolvidas pela empresa *Saur*.

**Imagem: 1** Spreader automático fabricado pela da empresa Saur



Fonte: Secom Maranhão 2023.

A companhia possui um contrato com a *Pan Ocean* de 25 anos, até 2039, para transportar sua celulose do Brasil a portos da Europa, da Ásia e da América do Norte (Brazilmodal, 2019).

Recentemente lançado ao mar na China o navio *Robusta* em uma de suas operações embarcou mais de 10 mil toneladas de celulose, no terminal da *DP World Santos* (Brazilmodal, 2019).

Todavia um de seus contratos mais dispendiosos no transporte internacional advém da construção de 17 embarcações com a empresa de navios chinesa *Cosco* visando atender as demandas do Projeto Cerrado no transporte de celulose e produtos de base biológica. Além disso o contrato com a *Cosco* também envolve o transporte a longo prazo e um memorando de entendimento com a *China Paper Company* para colaboração em materiais de base biológica e carbono e investimentos em pesquisa e desenvolvimento (Visoagro, 2023).

De acordo com *Jeff Yang* essa embarcação nos permite atender a demanda crescente por produtos sustentáveis à base de celulose no mundo todo (Tecnologista, 2024).

A *Suzano* também tem uma parceria com a *DP World Santos*, para a armazenagem e a operação de logística portuária para a exportação de sua celulose no complexo santista. O acordo prevê ainda a expansão do cais do terminal, localizado na Margem Esquerda do Porto, na Área Continental de Santos (Brazilmodal, 2019).

Os transportes representam um componente vital do projeto e gerenciamento dos sistemas logísticos. Tão vital que em geral constituem entre um e dois terços dos custos logísticos totais (Ballou, 2006 p. 139).

Com o içamento do “balão de vapor” da caldeira de recuperação a *Suzano* concluiu a montagem da estrutura metálica que é a peça-chave da nova fábrica do Projeto Cerrado. Essa estrutura é considerada um dos equipamentos essenciais do projeto, responsável por concentrar todo o vapor gerado na caldeira de recuperação e encaminhá-lo ao processo de geração de energia elétrica da unidade. Em seguida, o vapor é distribuído para as áreas da fábrica que o utilizam, como digestor, evaporação e máquinas de secagem da celulose (Revistaoe, 2023).

De acordo com Maurício Miranda o projeto cerrado vai gerar energia a partir de uma fonte renovável, a biomassa, e isso está em linha com o propósito da empresa 'renovar a vida a partir da árvore' e contribuir para um futuro sustentável para o planeta (Revistaoe, 2023).

Logo após a finalização da estrutura metálica e o balão de vapor instalado, inicia-se a fase da montagem dos equipamentos internos da caldeira de recuperação, como dutos, fornalhas e lavador de gases. Estrutura essencial de uma fábrica de celulose, a função da caldeira é recuperar químicos utilizados no processo de produção e gerar vapor, que é transformado em eletricidade (Revistaoe, 2023).

Através de contrato com a *Komatsu*, fabricante de equipamentos de origem japonesa a Suzano adquiriu plantadeiras e colheitadeiras do tipo *Planter D61*. A *Planter D61* e os *harvesters* de esteira PC200F, e os *forwarders* modelo 895 equipamentos que garantem a qualidade na operação de colheita para suportar o grande Projeto do Cerrado (Exame, 2022).

O que tem de comum no uso desse maquinário e tecnologia é o fato desse ser um evento replicador que se faz presente nas demais unidades construídas pela empresa devido ao fato do Brasil não ser um país detentor desse tipo de tecnologia sendo esse um fator a consumir valores expressivos em importação para empresas que primam pela industrialização o que é o caso da Suzano Papel e Celulose.

Para o projeto Cerrado a Companhia importou da Finlândia 10 tombadores que terão a função de lavar a polpa da celulose extraída do eucalypto equipamentos de suma importância e fundamentais para a operacionalidade da fábrica (Perfilnews, 2023).

A operação com veículo autônomo – sem motorista –, que já é realidade em algumas atividades, começou a ser testada pela Suzano, no Portocel, terminal multicargas e multimodal localizado em Aracruz, no norte do Espírito Santo (Portalcelulose, 2023).

De acordo com Alexandre Billot Mor a tecnologia utilizada nos veículos autônomos foi desenvolvida em parceria com a *Lume Robotics*, startup capixaba, e a VIX Logística. Com esse projeto, estamos reafirmando nosso propósito de ir além e fazer sempre o melhor buscando nos posicionar como um *hub* de inovação no setor portuário (Portalcelulose – 25/08/2023).

Um sistema de inteligência artificial interligado a câmeras e sensores é utilizado nesse processo, integrando diversos subsistemas, tais como: visão computacional, mapeamento, localização, planejamento de rotas, tomadas de decisão, planejamento de movimento, controle e central de operações (Portalcelulose, 2023).

Em 2022, as vendas do segmento de Papeis Sanitários representaram 63%, seguidas pelos papeis de Imprimir & Escrever (16%), Especiais (14%) e outros (7%). Já em relação às regiões, 44% da receita líquida vai para a Ásia, 31% para a Europa, 17% para a América do Norte e 8% para América Latina (Suzano Papel e Celulose, 2024).

## 9. EMPREENDIMENTOS VOLTADOS AO GEOMARKETING

Após atingir o ápice na fabricação de fibra curta sendo a maior produtora mundial a Suzano procurou diversificar sua atuação dentro do mercado investindo no tipo de celulose *fluff*. A previsão é que até 2025, a empresa quer atingir cerca de 6% da oferta global estimada da fibra, que é amplamente utilizada na produção de absorventes e fraldas descartáveis para bebês e idosos.

A tendência de crescimento para o mercado de *fluff* não é uma novidade. Fatores como o envelhecimento global da população, a modificação da pirâmide etária na Ásia e o aumento da renda média em países emergentes são importantes fundamentos que sustentam a perspectiva em médio e longo prazos de uma valorização para este tipo específico de fibra, que tem como principal característica a sua alta capacidade de absorção, mas existe um motivo adicional para o segmento ser atrativo para a Suzano.

Dentre os departamentos que podem utilizar as ferramentas do geomarketing, o departamento de marketing é o mais influenciado, pois precisa conectar a organização aos clientes e ao mercado, além de determinar a rentabilidade desejada incorporando a análise de mercado, o desenvolvimento de produtos, a política comercial, a distribuição e as formas de atendimento ao consumidor, com ampla campanha de divulgação (Sina, 2008, p. 29).

Diferentemente das principais empresas globais que utilizam a fibra longa da madeira do pinus para produzir *fluff*, a Suzano desenvolveu em 2016 uma tecnologia chamada de “Eucafluff”, que pela primeira vez utiliza a madeira de eucalipto como matéria-prima para produzir o mesmo tipo de fibra.

Suzano Eucafluff® é indicada para produtos absorventes descartáveis, isso porque as fibras do eucalipto são menores, mais finas e flexíveis, permitindo a produção de painéis absorventes mais macios e discretos. A fibra curta de eucalipto também promove maior retenção do líquido absorvido e, por consequência, garante que a pele fique seca por muito mais tempo (Suzano Papel e Celulose, 2023).

**Tabela: 2** Histórico do balanço das Ações SUSB3

ANO	PATRIMÔNIO	RECEITA	EBITDA	LUCRO	MARGEM	ROE	CAIXA	PAYOUT	DÍVIDA BR	DÍVIDA LIQ
2023	44.810 ↑	39.756 ↓	19.537 ↓	14.106 ↓	35% ↓	31% ↓	21.170 ↑	1% ↓	77.173 ↑	56.003 ↓
2022	33.166 ↑	49.831 ↑	29.650 ↑	23.395 ↑	47% ↑	71% ↑	17.053 ↓	18% ↑	74.575 ↓	57.522 ↓
2021	15.175 ↑	40.965 ↑	25.218 ↑	8.636 ↑	21% ↑	57% ↑	21.099 ↑	0%	79.629 ↑	58.530 ↓
2020	7.337 ↓	30.460 ↑	15.160 ↑	-10.715 ↓	-35% ↓	-146% ↓	9.047 ↓	0% ↑	72.900 ↑	63.853 ↑

Fonte: analisedeacoes.com 2023.

As informações da tabela estão em milhões, 100 equivale a R\$ 100 milhões. Além disso, as informações são anualizadas, consideramos a soma dos últimos 4 trimestres caso o ano ainda não esteja fechado.

### 9.1. SUZANO VENTURES: BIODIVERSIDADE COLABORATIVAS

Lançada em 2022, a Suzano Ventures possui US\$ 70 milhões para investir em *startups* com novas tecnologias e modelos de negócios voltados para uso de biomassa de eucalipto, desenvolvimento de embalagens sustentáveis, tecnologias florestais e carbono. Em 2023, fez seus primeiros investimentos em duas startups: *Allotrope Energy*, do Reino Unido, e *Marvin Blue*, de Israel (Suzano Papel e Celulose, 2023).

A Suzano Ventures também lançou, em 2023, Programas de Aceleração de Startups em Biodiversidade. Um global, em colaboração com a canadense *Cycle Momentum*, identificou seis startups com inovações *deep techs* (tecnologias complexas ou resolução de problemas de alto impacto) em negócios de biomassa de eucalipto e embalagens sustentáveis (Suzano Papel e Celulose, 2023).

No Brasil, com a *Emerge*, consultoria de inovação, mais seis startups foram selecionadas. Todas tiveram acesso a recursos humanos, técnicos de P&D e mercado para refinar suas estratégias e acelerar seus negócios (Suzano Papel e Celulose, 2023, 2023).

Adriana afirma que o grande objetivo da Suzano é ser uma empresa de bens de consumo em higiene com multimas e multiprodutos, que atua em multi-regiões (Tissueonline, 2024).

### 9.2. AQUISIÇÃO DO NEGÓCIO DE TISSUE DA KC

Com a aquisição consolidada em 2023, a empresa passou a dispor de um portfólio ainda mais amplo de produtos de bens de consumo, com marcas de papel higiênico, guardanapo, toalhas de papel, panos reutilizáveis, lenços umedecidos e lenços de papel, além de uma linha específica para atendimento do mercado *away from home* (Suzano Papel e Celulose, 2023).

Além disso adquiriu as marcas *Neve®* e *Grand Hotel®*, o que a aproximou ainda mais dos clientes e do consumidor final, com a oferta de produtos de maior valor agregado o que veio a torna-la líder do mercado brasileiro no segmento de papel higiênico, com 24% do *market share*, segundo a AC Nielsen. (Suzano Papel e Celulose, 2023).

Para Las Casas 2017, p. 251 “através do sistema de distribuição o marketing proporciona utilidade de lugar e de tempo. O fabricante elege os distribuidores de tal modo que possam vender seus produtos nos locais certos e também no tempo certo”.

A Suzano trabalha sua produção para exportação através de dois pilares: a inovação já que começou a trabalhar a questão de fibra curta para depois se reposicionar em relação à fibra longa. e sustentabilidade onde a companhia se conceitua numa relação que chama de “forte e gentil”, em que está ambicionando resultados mais significativos, mas de outro lado procurando ter uma relação com os *stakeholders* de forma significativa (Exame,2024).

A mudança geopolítica indica que estamos entrando em um novo cenário onde teremos menos papel de imprimir e escrever. Ainda continuaremos a ter mais fibra de celulose. Uma parte da celulose vai para imprimir e escrever e esse mercado vai reduzir, mas uma parte da celulose vai para outras aplicações (Exame, 2024).

E o papel *tissue* é um exemplo dessa mudança, se a população do mundo cresce, a taxa de urbanização cresce, e o consumo de *tissue* cresce. Então, essa é uma aplicação da celulose que vai continuar crescendo ao longo do tempo (Exame, 2024).

A Suzano Papel e Celulose é uma empresa que valoriza a ética e o respeito em suas operações. Onde os principais aspectos relacionados ao seu Código de Ética e Conduta estão: respeita todos os Direitos Humanos internacionalmente reconhecidos em suas operações e em toda a cadeia de valor.

Segundo Souza p.51, 2018 uma empresa ética tem clientes satisfeitos, fornecedores confiáveis e confiantes, funcionários e gestores que acreditam na idoneidade de seus empregadores, alimentando parcerias em que os dois lados se sentem recompensados. Assim, a empresa desfruta de um círculo virtuoso em que a tendência é a melhoria contínua.

A empresa nasceu com planos de restaurar 2 milhões de hectares de áreas degradadas, a partir do plantio de aproximadamente 2 bilhões de árvores nativas, em um modelo de negócios em larga escala e possui uma Política Corporativa de Direitos Humanos que orienta suas práticas e ações.

Em conjunto com as empresas Itaú Unibanco, *Marfrig*, *Rabobank*, *Santander* e *Vale*, criaram a empresa Biomás, com o objetivo de, ao longo de 20 anos, atingir uma área total restaurada e protegida de 4 milhões de hectares de matas nativas em diferentes biomas brasileiros, como Amazônia, Mata Atlântica e Cerrado.

## **10. EXCELÊNCIA OPERACIONAL E ECOEFICIÊNCIA**

Suas unidades possuem um plano de gerenciamento de resíduos estruturado, que garante a gestão e o controle da segregação, armazenamento e destinação de cada tipo de resíduo gerado na operação.

A matriz energética da Suzano é sustentada, majoritariamente, por fontes renováveis: Biomassa sólida (cascas, torretes e rejeitos do processo de picagem da madeira); Licor negro (responsável pela geração da maior parcela de energia).

A empresa possui quatro Compromissos para Renovar a Vida estão diretamente ligados à Produção e Logística, até 2030: Combater a crise climática, Cuidar da água, Reduzir os resíduos, Gerar energia limpa,

A Suzano Papel e Celulose está em mais de 200 municípios brasileiros, em que 3,3 milhões de pessoas estão em situação de pobreza. Entendemos que é nosso papel contribuir para um mundo mais justo, menos desigual e com oportunidades para todas as pessoas. Esse é um exemplo que também se reflete nos *packs* da nova linha de Max Pure e Mimmo, por exemplo, que são produzidos com 35% menos de resíduos plásticos. Essa iniciativa se complementa a outra ação, anunciada em 2022, na qual a companhia desenvolveu uma nova versão da embalagem do papel higiênico Mimmo Folha Dupla 12 rolos, feita com papel produzido a partir de matéria-prima de fontes renováveis (Superhiper, 2023).

## 11. DISCUSSÃO

No decorrer da pesquisa observou-se que a empresa Suzano Papel e Celulose construiu sua estrutura mercadológica sobre os alicerces do desenvolvimento tecnológico voltados a uma produção sustentável o que veio a trazer uma mensurável visibilidade de suas principais marcas no atual e exigente mercado globalizado.

Seu perfil tecnológico está voltado a injeção de valores expressivos no setor de biotecnologia e genética buscando aprimorar a qualidade de seus produtos já que esse é um fator desagregador no fechamento de contratos de compra e venda no Comércio Exterior.

Exportando seus produtos e a matéria-prima da celulose para o continente europeu onde os países possuem pouca extensão territorial e a demanda se faz crescente pelo uso do papel apesar de já serem tão avançados tecnologicamente a Suzano consolidou ao passar de décadas a fidelidade de clientes que se tornaram um mecanismo de seguridade na alimentação de seu caixa destinado a grandes investimentos.

Sua rede de logística e ocupação geográfica está focada em encurtar a distância entre seus consumidores e suas áreas de produção e distribuição de forma a obter os melhores custos e aplicar capital em tecnologia buscando agregar valor a seu produto final o tornando mais acessível a classes menos favorecidas ganhando assim uma fatia considerável no mercado frente a seus concorrentes.

Sendo uma empresa com índices de inadimplência mínimos não possui barreiras para captar valores expressivos de capital internacional ou nacional fator esse que vem tornando a empresa uma grande investidora no setor de silvicultura e industrialização em larga escala de seus produtos apesar de ainda não ser uma Companhia internacionalizada o seu grau de investimentos e aquisições a direciona para esse cenário.

Trabalhando a solução dos possíveis eventos desfavoráveis do mercado de forma antecipada seus acionistas e administradores constroem caixa ao longo do tempo tanto para amortecer as possíveis crises do mercado como também para se traduzir em compras, construção ou aquisição de novas unidades.

Contudo, ressalta-se a presença do governo é incompatível com a visibilidade que a empresa traz ao Brasil e ao Agronegócio no exterior pois, os benefícios fiscais a que tem direito são irrisórios frente ao capital investido pela empresa para competir com os maiores *players* do mercado internacional.

## 12. CONCLUSÃO

Os desafios são eminentes para qualquer empresa focada em grandes empreendimentos na América do Sul, mas empresas como a Suzano tem mostrado alternativas a falta de atitude e compromisso dos órgãos governamentais em estabelecer uma estrutura e projeto condizente com a vocação de grande produtor que tem o Brasil.

Tomando o caminho inverso de empresas que também exportam commodities a Suzano se industrializou importando tecnologia, ou seja, equipamentos e maquinários na construção de suas unidades e produção de celulose e papel gerando empregabilidade em larga escala de forma permanente dentro do próprio território o que seria o inverso no caso de uma internacionalização.

Portanto na conjuntura dos fatos argumentados e observados tanto no geral como no específico no cenário de estudo pesquisado na empresa Suzano conclui-se não existe transformação comercial e empregabilidade em larga escala fora da industrialização.

## REFERÊNCIAS

- [1] ADVICE, Equipe Levante. **Ações da Suzano (SUZB3): tudo sobre a empresa e seus papéis.** 17/03/2021. Disponível em: <https://levanteadvice.com/conteudos/acoes-da-suzano-suzb3-tudo-sobre-a-empresa-e-seus-papeis>. Acesso em: 21 abr. 2024.
- [2] ANALISA.GENIALINVESTIMENTOS.COM.BR. **Papel e Celulose Iniciação de Cobertura.** 27 de Julho. Disponível em: <https://analisa.genialinvestimentos.com.br/setores/papel-e-celulose/papel-celulose-assumindo-a-cobertura-afinal-as-teses-sao-de-crescimento-ou-valor/>. Acesso em: 21 abr. 24.
- [3] BARRO, Talita Delgrossi. **Licor negro.** Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/agroenergia/florestal/licor-negro>. Acesso em: 21 abr. 2024.
- [4] BRAZILMODAL. **Suzano se prepara para colheita de eucalipto e usa maior navio de transporte de celulose do mundo.** 23/07/2019. Disponível em: <http://brazilmodal.com.br/2015/highlights/porto-de-santos-recebe-navio-da-coreia-do-sul-em-viagem-inaugural/>. Acesso em: 21 abr. 24.
- [5] Casas, Alexandre Luzzi L. *Marketing - Conceitos, Exercícios, Casos, 9ª edição.* Disponível em: Minha Biblioteca, Grupo GEN, 2017.
- [6] CELULOSE, Portal. **Suzano testa veículo autônomo na movimentação de cargas no Portocel.** 25/08/2023. Disponível em: <https://portalcelulose.com.br/suzano-testa-veiculo-autonomo-na-movimentacao-de-cargas-no-portocel/>. Acesso em: 21 abr. 24.
- [7] CONTEUDOS.XPI.COM.BR. **SUZB3 - Ações Suzano: análise fundamentalista - ações suzb3. Análise Fundamentalista - Ações SUZB3.** Disponível em: <https://conteudos.xpi.com.br/acoes/suzb3/>. Acesso em: 21 abr. 2024.
- [8] EMPAPEL.ORG.BR. **Biotecnologia no papel e nas nossas vidas.** 09/03/2023. Disponível em: Biotecnologia no papel e nas nossas vidas (empapel.org.br). Acesso em: 30 jun. 24.
- [9] ISTOEDINHEIRO. **Suzano: gerando caixa para um futuro mais sustentável.** 20/10/2023. Disponível em: <https://istoedinheiro.com.br/suzano-gerando-caixa-para-um-futuro-mais-sustentavel/>. Acesso em: 21 abr. 2024
- [10] LAGOAS, Hojemais Três. **Suzano lança “supercomboio” que permite ganho no transporte de madeira.** 15/12/19. Disponível em: <https://www.hojemais.com.br/tres-lagoas/noticia/geral/suzano-lanca-supercomboio-que-permite-ganho-no-transporte-de-madeira>. Acesso em: 21 abr. 2024.
- [11] MAISFLORESTA.COM.BR. **Suzano alcança marco de 180,8 mil toneladas de insumos agrícolas gerados a partir de resíduos da operação em Três Lagoas (MS).** 09/11/2023. Disponível em: Suzano alcança 180,8 mil toneladas de insumos agrícolas a partir de resíduos - Newspulpaper: Notícias sobre Celulose e Papel. Acesso em: 30 jun. 24.
- [12] Oliveira, Francisco Estevam Martins D. *Estatística e Probabilidade - Exercícios Resolvidos e Propostos, 3ª edição.* Disponível em: Minha Biblioteca, Grupo GEN, 2017.
- [13] Planejamento e Viabilidade das Operações de Exportação e Importação. Disponível em: Minha Biblioteca, Grupo A, 2020.
- [14] RANSPORTEMODERNO. **Suzano adquire 14 hexatrens tracionados por caminhões Volvo.** 10/12/2021. Disponível em: <https://transportemoderno.com.br/2021/12/10/suzano-adquire-14-hexatrens-tracionados-por-caminhoes-volvo/>. Acesso em: 21 abr. 24.
- [15] REPRESENTAÇÃO, Thermocr Consultoria e; SOUZA, Thiago Mattos de; LOURENÇO, Gabriel Zorthea; VILLEGAS, Teresa Aparicio. **Papel e celulose: Uma indústria em ascensão.** 30/10/2023. Disponível em: <https://thermocr.com/papel-e-celulose-uma-industria-em-ascensao/>. Acesso em: 07 jul.
- [16] ESTADO, Correio do. **Fabrica de 22-bilhoes entra em operacao sem chance para palanques.** 2024. Disponível em: <https://www.regiaonews.com.br/economia/fabrica-de-r-22-bilhoes->

entra-em-operacao-sem-chance-para-palanques. Acesso em: 07 jul. 2024.

[17] REDAÇÃO, Por. **Edição 31 do Boletim Projeto Cerrado Mostra Logística da Suzano até porto de Santos**. 28/03/24. Disponível em: <https://www.perfilnews.com.br/2024/03/18/edicao-31-do-boletim-do-projeto-cerrado-mostra-logistica-da-suzano-ate-porto-de-santos/>. Acesso em: 21 abr. 24.

[18] REDAÇÃO. **Suzano recebe navio especializado para o transporte de celulose**. 02/01/2024. Disponível em: <https://www.tecnologistica.com.br/br/noticias/transporte-maritimo/17845/suzano-recebe-navio-especializado-para-o-transporte-de-celulose/>. Acesso em: 21 abr. 24.

[19] REVISTAOE. **Concluída estrutura metálica da caldeira de recuperação, peça-chave da nova fábrica em MS**. 2023. Disponível em: <https://revistaoe.com.br/concluida-estrutura-metalica-da-caldeira-de-recuperacaopeca-chave-da-nova-fabrica-em-ms/>. Acesso em: 4 maio 2024.

[20] SALVADEO, Danilo. **Portos fortalecem a economia do Norte capixaba e são diferenciais no Brasil | Parte 1**. 02/12/2022. Disponível em: <https://folhalitoral.com.br/portos-fortalecem-a-economia-do-norte-capixaba-e-sao-diferenciais-no-brasil/>. Acesso em: 02 dez. 2022.

[21] Souza, Marcia Cristina Gonçalves D. *Conduta Ética Sustentabilidade*. Disponível em: Minha Biblioteca, Editora Alta Books, 2018.

[22] SPRENGER, Leandro. **Saiba mais sobre a exportação de Celulose**. 30/01/2024. Disponível em: <https://www.fazcomex.com.br/comex/exportacao-de-celulose/>. Acesso em: 21 abr. 2024.

[23] ALVES, Iraciara Santos de Araújo Ivanoel Marques de Oliveira; dos Santos; ARAUJO, Ketiane dos Santos. **Conceitos, Regeneração da Mata Ciliar, Produção de Mudanças Florestais e Unidades de Conservação Ambiental**. Av. das Nações Unidas, 7221, 1º Andar, Setor Bpinheiros – São Paulo – Sp: Editora Saraiva, 2015. 178 p. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/600934481/Silvicultura-Araujo-et-al>. Acesso em: 07 jul. 24.

[24] SUZANO, Empresa. **Anexo gri**. 2023. Disponível em: [https://stszprdscentind.blob.core.windows.net/site/documents/Suzano\\_RelatorioSustentabilidade2023-ResumoEstrategico.pdf](https://stszprdscentind.blob.core.windows.net/site/documents/Suzano_RelatorioSustentabilidade2023-ResumoEstrategico.pdf). Acesso em: 21 abr. 2024.

[25] SUZANO, Planin – Assessoria de Imprensa da. **Suzano inaugura projeto histórico de logística florestal no Extremo Sul da Bahia**. Disponível em: Suzano inaugura projeto histórico de logística florestal no Extremo Sul da Bahia | PLANIN Comunicação. Acesso em: 21 abr. 2024.

[26] PORTOSENÁVIOS. **Porto do Itaqui recebe spreader automático**. 2023. Disponível em: <https://www.portosenavios.com.br/noticias/portos-e-logistica/porto-do-itaqui-recebe-spreader-automatico>. Acesso em: 8 jul. 2024.

[27] AGUACLARAM. **Suzano se prepara para colheita de eucalipto e usa maior navio de transporte de celulose do mundo**. 2024. Disponível em: <https://www.aguaclarams.com.br/noticias/2024/03/18/68948/suzano-se-prepara-para-colheita-de-eucalipto-e-usa-maior-navio-de-transporte-de-celulose-do-mundo.html>. Acesso em: 06 jul. 24.

[28] ENERGÉTICA, Empresa de Pesquisa. **A Indústria de Papel e Celulose no Brasil e no Mundo**. 2022. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-650/Pulp%20and%20paper\\_EPE+IEA\\_Portugu%C3%AAAs\\_2022\\_01\\_25\\_IBA.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-650/Pulp%20and%20paper_EPE+IEA_Portugu%C3%AAAs_2022_01_25_IBA.pdf). Acesso m: 09 jul. 2024.

# Capítulo 8

## *Monitorização atmosférica dos níveis de NO<sub>2</sub> usando a técnica de amostragem passiva*

*Claver Pinheiro<sup>1</sup>*

*Élida Melo Margalho<sup>1,2</sup>*

*Amanda Alcantara<sup>3</sup>*

*Orlando Lima Junior<sup>1,2</sup>*

*Iran Rocha Segundo<sup>1</sup>*

*Verônica Castelo Branco<sup>4</sup>*

*Bruno Bertoncini<sup>4</sup>*

*Manuel Filipe Pereira Cunha Martins Costa<sup>1</sup>*

*Ricardo Simões<sup>5</sup>*

*Elisabete Freitas<sup>2</sup>*

*Joaquim Alexandre Santos Almeida Oliveira Carneiro<sup>1</sup>*

**Resumo:** A qualidade do ar em áreas urbanas é um problema global que afeta a saúde pública e o meio ambiente e é muito afetada pelo tráfego de veículos automóveis. Este estudo avalia a eficácia da amostragem passiva para medir a concentração de dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>) na cidade de Guimarães da região do Minho no noroeste de Portugal. Utilizando filtros de celulose impregnados com uma solução absorvedora, as amostras foram coletadas em diferentes lugares, posições e condições ambientais. Os resultados mostraram que a umidade alta melhora a precisão das medições, enquanto a umidade baixa reduz a eficiência dos filtros. A versatilidade da amostragem passiva, devido ao seu baixo custo e fácil transporte, destaca-se como uma ferramenta valiosa para o planejamento e operação da infraestrutura viária e dos sistemas de transporte. Esta metodologia pode ajudar na tomada de decisões sobre medidas mitigadoras, como a implantação de barreiras verdes ou a utilização de pavimentos fotocatalíticos nas estradas e ruas, contribuindo para a elaboração de planos de redução da poluição do ar em áreas urbanas, especialmente em locais com tráfego intenso. Esta abordagem oferece uma solução eficaz e econômica para as avaliações.

---

<sup>1</sup> Universidade do Minho, Centro de Física das Universidades do Minho e do Porto (CF-UM-UP)

<sup>2</sup> Universidade do Minho, ISEC - Departamento de Engenharia de Transportes

<sup>3</sup> Universidade Federal do Ceará, Departamento de Engenharia Química

<sup>4</sup> Universidade Federal do Ceará, Departamento de Engenharia de Transportes

<sup>5</sup> Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Norte (CCDR-N)

## 1. INTRODUÇÃO

A qualidade do ar urbano é um problema global significativo, afetando áreas urbanas e periurbanas. A urbanização contínua degrada o ar por meio de fábricas, usinas de energia, automóveis e descarte inadequado de resíduos. Isso traz riscos graves à saúde, como doenças cardiovasculares, derrames e câncer, além de prejudicar o meio ambiente e a economia, reduzindo a produtividade agrícola e causando perdas econômicas e influenciando o clima e a visibilidade.

Emissões veiculares, uma das principais fontes de poluição, aumentam poluentes como o NO<sub>2</sub> (Shiva Nagendra et al., 2020). Combater isso requer dispositivos de controle, estratégias de planejamento urbano, preservação de vegetação e design de edifícios (Baldauf & Nowak, 2014).

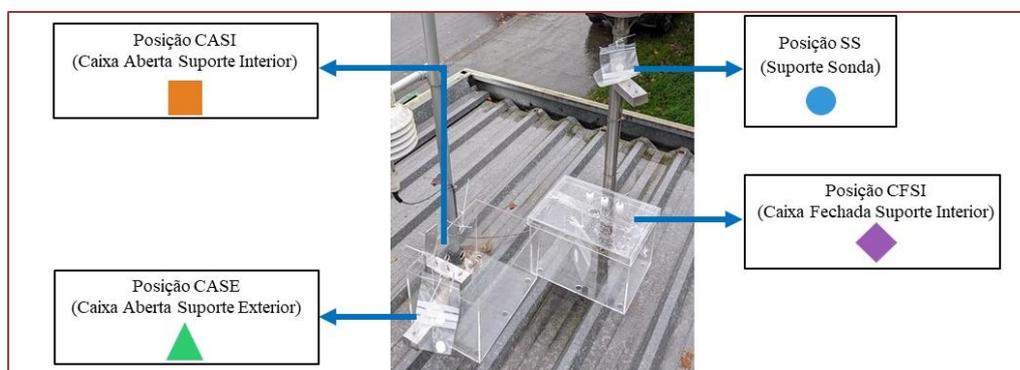
O monitoramento local é importante para propor medidas precisas de qualidade do ar (Alcantara et al., 2023; Ribeiro et al., 2019), assim, a amostragem passiva, uma solução econômica, utiliza tubos difusivos e filtros de celulose impregnados para coletar amostras gasosas pode surgir como uma alternativa viável (Lai et al., 2019). Este estudo analisa a poluição atmosférica urbana relacionada ao tráfego, utilizando amostragem passiva para medir NO<sub>2</sub> e comparando os resultados com os dados da estação de monitoramento em Guimarães, Portugal. Este estudo examina a influência das condições ambientais locais — relacionando umidade, temperatura e precipitação — sobre os níveis de NO<sub>2</sub>, oferecendo uma perspectiva inovadora ao comparar os dados de uma estação de monitoramento real com os obtidos através da amostragem passiva. As condições ambientais, baixa temperatura e alta umidade, no período do estudo, impactam significativamente as medições de poluição do ar em Guimarães.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a amostragem passiva de NO<sub>2</sub>, foram preparados filtros de celulose de acordo com as indicações de Ribeiro et al. (Ribeiro et al., 2019). Os dispositivos foram instalados na estação de monitoramento de ar da Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Norte (CCDR-N) na rua Cônego Dr. Manuel Faria em Azurém, Guimarães, conforme mostrado na Figura 1. À direita da estação de monitoramento da qualidade do ar (EMQA) está o Parque da Quintã, uma zona verde reabilitada com cerca de 1,2 hectares. À esquerda da EMQA está uma empresa têxtil. A via ao lado da EMQA conecta o comércio local, o centro histórico e o campus de Azurém da Universidade do Minho, com um tráfego médio anual (veíc/h) composto por 1,91% de motos, 95,77% de veículos ligeiros e 2,32% de veículos pesados (Câmara Municipal de Guimarães, 2023). Como pode ser observado na Figura 1A, a via, para além de central é caracterizada por um cânion urbano, com edifícios de aproximadamente 6 andares.

**Figura 1:** (A) Vista aérea da EMQA e (B) vista frontal da EMQA

A estação de medição é classificada como estação de tráfego, permitindo avaliar o risco máximo de exposição da população às emissões com origem no transporte rodoviário. Este tipo de exposição é de curta duração, mas os níveis de poluição observados são normalmente elevados. A EMQA mede  $PM_{10}$  e  $NO_2$ . O  $NO_2$  pode irritar o sistema respiratório, agravar a asma e causar doenças respiratórias, além de outros problemas de saúde, mesmo em baixos níveis de exposição, tornando-se uma preocupação relevante. Portanto, esta localização estratégica é ideal para avaliar os níveis de  $NO_2$ . A Figura 2 mostra as cinco posições de amostragem escolhidas para garantir uma coleta representativa. As posições dos amostradores dentro de caixas acrílicas foram escolhidas para simular situações mais restritivas de clima, a fim de entender como as alterações ambientais influenciam as medições de poluentes. Esta configuração permite comparar os resultados em um ambiente de atmosfera parcialmente controlada com os dados coletados em condições ambientais naturais. A coleta ocorreu entre novembro de 2023 e fevereiro de 2024 (A1, A2, A3, A4 e A5), com períodos de 6 a 8 dias. Guimarães tem clima mediterrâneo de verão fresco (Csb), classificação Köppen (Pimentel-Rodrigues & Silva-Afonso, 2023), com invernos chuvosos e temperaturas de 12-15 °C (máximas) e 5-7 °C (mínimas). Dezembro é o mês mais chuvoso, com 136 mm de precipitação e 58% do período com céu encoberto. Após a coleta, os filtros foram submersos em solução de Griess-Saltzman e analisados em espectrofotômetro UV-Vis (Ribeiro et al., 2019). A concentração de  $NO_2$  foi calculada pela Lei de Fick (Alcantara et al., 2023) e comparada aos dados da EMQA.

**Figura 2:** Posicionamento dos amostradores com respectiva sinalética

## 2.1. RESULTADOS E DISCUSSÕES

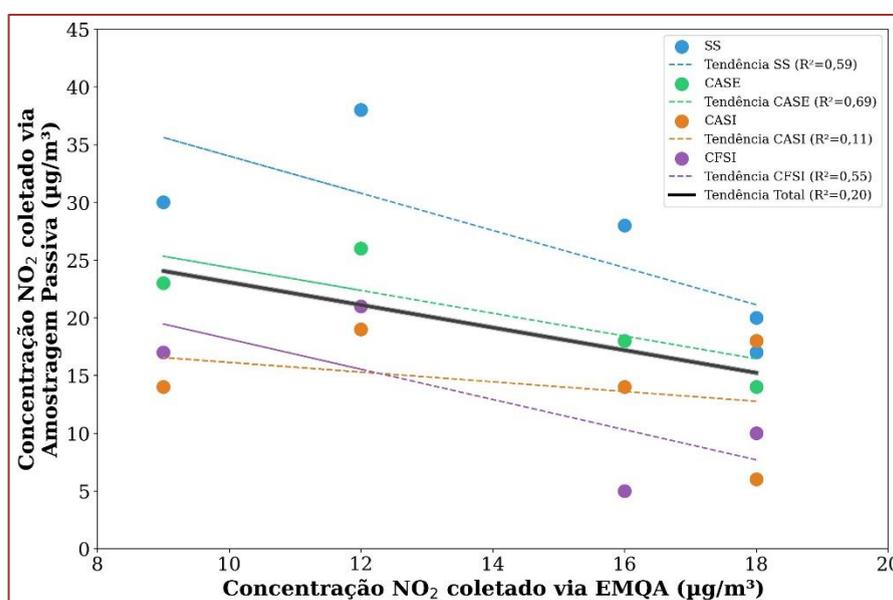
A análise dos dados das Tabelas 1 e 2 indicam que as concentrações de  $\text{NO}_2$  medidas pela EMQA e pelos amostradores passivos variam com os fatores ambientais. Em geral, os amostradores passivos registram concentrações abaixo das medidas pela EMQA, especialmente em alta umidade (85-88,50%), como nas amostragens A2 e A3. Em baixa umidade (76,50-82,63%), as diferenças são maiores (em média 55%), como na posição CASE em A4 e A5. A temperatura também influencia as concentrações de  $\text{NO}_2$ , com menores diferenças observadas (aprox. 8%) em temperaturas mais baixas (9,13°C) para A2. A precipitação acumulada mostra correlação inversa com as concentrações de  $\text{NO}_2$ , com maiores diferenças (aprox. 53,85%) durante alta precipitação (15,49 mm) devido ao efeito de lavagem pela chuva, para A5. A Figura 3 mostra o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) das amostragens coletadas. A linha de tendência geral possui um  $R^2$  de 0,20, sugerindo que a posição do amostrador passivo influencia a correlação com os resultados da EMQA. Posições dentro da caixa, como CASI ( $R^2$  de 0,11) e CFSI ( $R^2$  de 0,55), mostram variabilidade menor e maior controle. As posições CASE e SS têm correlações mais significativas, com CASE apresentando o  $R^2$  mais forte (0,69) e SS com uma correlação moderada ( $R^2$  de 0,59). Isso destaca a importância da localização dos amostradores passivos para obter dados representativos de  $\text{NO}_2$ . CASE e SS apresentam os valores de medidos de  $\text{NO}_2$  mais próximos dos valores coletados pela EMQA.

**Tabela 1:** Comparação entre posições dos Amostradores externos nos períodos A1, A2, A3, A4 e A5 e medições da EMQA

Posições do Amostrador	Amostragens	CONCENTRAÇÕES DE $\text{NO}_2$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )			Umidade e (%)	T (°C)	Precipitação acumulada (mm)
		EMQA	Amostragem	Dif. entre EMQA - Amostragem			
SS 	A1	18	17	1	82,63	13,99	9,66
	A2	18	20	-2	86,00	9,13	3,06
	A3	16	28	-12	88,50	13,05	13,20
	A4	9	30	-21	78,29	13,19	0,25
	A5	12	38	-26	76,50	13,55	15,49
CASE 	A1	18	14	+4	82,63	13,99	9,66
	A2	18	18	0	86,00	9,13	3,06
	A3	16	18	-2	88,50	13,05	13,20
	A4	9	23	-14	78,29	13,19	0,25
	A5	12	26	-14	76,50	13,55	15,49

**Tabela 2:** Comparação entre posições dos Amostradores internos nos períodos A1, A2, A3, A4 e A5 e medições da EMQA

Posições do Amostrador	Amostragens	CONCENTRAÇÕES DE NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )			Umidade (%)	T (°C)	Precipitação acumulada (mm)
		EMQA	Amostragem	Dif. entre EMQA Amostragem			
CASI 	A1	18	6	12	82,63	13,99	9,66
	A2	18	18	0	86,00	9,13	3,06
	A3	16	14	2	88,50	13,05	13,20
	A4	9	14	-5	78,29	13,19	0,25
	A5	12	19	-7	76,50	13,55	15,49
CFSI 	A1	18	-	-	82,63	13,99	9,66
	A2	18	10	8	86,00	9,13	3,06
	A3	16	5	11	88,50	13,05	13,20
	A4	9	17	-8	78,29	13,19	0,25
	A5	12	21	-9	76,50	13,55	15,49

**Figura 3:** Correlação entre Concentrações de NO<sub>2</sub> Medidas pela EMQA e Amostragens Passivas

### 3. CONCLUSÕES

A amostragem passiva de NO<sub>2</sub> mostrou-se eficaz para medir a qualidade do ar em áreas urbanas, variando conforme a umidade, temperatura e precipitação. Este método é valioso para o planejamento de infraestrutura viária devido ao seu custo mais reduzido em comparação a estação em escala real e de fácil transporte. As concentrações de NO<sub>2</sub> obtidas pelos amostradores passivos são geralmente menores que as registradas pela EMQA, especialmente em alta umidade, indicando a necessidade de um reposicionamento dos amostradores. As posições CASE e SS apresentaram as correlações mais significativas com os dados da EMQA, com R<sup>2</sup> de 0,69 e 0,59, respectivamente. Próximos passos incluem novas amostragens para melhorar a correlação dos resultados.

## AGRADECIMENTOS

Esta pesquisa foi financiada pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT) através de fundos nacionais sob os projetos: NanoAir PTDC/FISMAC/6606/2020 (doi.org/10.54499/PTDC/FIS-MAC/6606/2020), UIDB/04650/2020, UIDB/04029/2020 (doi.org/10.54499/UIDB/04029/2020) e ARISE sob referência LA/P/0112/2020,2022.00763.CEECIND (doi.org/10.54499/2022.00763.CEECIND/CP1718/CT0006), 2023.02795.BD (doi.org/10.54499/2023.02795.BD) e PRT/BD/154269/2022. Também foi financiado pela FUNCAP: MLC-0191-00144.01.00/22 e CNPq: 404978/2021-5 – Chamada CNPq/MCTI/FNDCT Nº 18/2021.0.

## REFERÊNCIAS

- [1] Baldauf, R., & Nowak, D. (2014). Vegetation and Other Development Options for Mitigating Urban Air Pollution Impacts. In *Global Environmental Change* (pp. 479–485). Springer Netherlands. [https://doi.org/10.1007/978-94-007-5784-4\\_23](https://doi.org/10.1007/978-94-007-5784-4_23)
- [2] Câmara Municipal de Guimarães. (2023). *Mapa de Ruído do Município de Guimarães*.
- [3] Lai, F. Y., Rauert, C., Gobelius, L., & Ahrens, L. (2019). A critical review on passive sampling in air and water for per- and polyfluoroalkyl substances (PFASs). *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 121, 115311. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2018.11.009>
- [4] Pimentel-Rodrigues, C., & Silva-Afonso, A. (2023). The Feasibility of Rainwater Harvesting Systems in Buildings with Green Roofs: A Case Study Based on the Köppen Climate Classification. *Sustainability*, 15(24), 16859. <https://doi.org/10.3390/su152416859>
- [5] Pontes Maia Pires Alcantara, A., Pereira Ribeiro, J., Rocha Segundo, I. G. da, Barbosa da Silva, D., Machado de Carvalho, L., Dognini, J., Santos Almeida Oliveira Carneiro, J. A., De Sousa, F. W., & Castelo Branco, V. T. F. (2023). Diagnóstico de emissões de poluentes atmosféricos na produção de misturas asfálticas. *TRANSPORTES*, 31(3), e2887–e2887. <https://doi.org/10.58922/transportes.v31i3.2887>
- [6] Ribeiro, J. P., Cassiano, D. R., Bertoncini, B. V., Castelo Branco, V. T. F., Sousa, F. F. L. de M., Quintanilha, W. F. L., Cavalcante, R. M., Santiago, I. S. de, & Fernandes, G. M. (2019). Compreensão da formação de NO<sub>2</sub> proveniente das operações de transporte urbano e suas relações com agentes causais. *TRANSPORTES*, 27(2), 209–223. <https://doi.org/10.14295/transportes.v27i2.1728>
- [7] Shiva Nagendra, S. M., Schlink, U., Dheeraj Alshetty, V., Diya, M., & Menon, J. S. (2020). Traffic-related air pollution, human exposure, and commercially available market solutions: Perspectives from the developing nation context. In *Traffic-Related Air Pollution* (pp. 531–540). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818122-5.00022-3>

# Capítulo 9

## *Influência da macrofauna edáfica sobre os componentes ecológicos do reservatório negreiros, Salgueiro-PE*

*Francisco Welde Araujo Rodrigues  
Francisco Roberto de Azevedo  
Ana Célia Maia Meireles*

**Resumo:** A pesquisa deleitou-se na investigação acerca dos aspectos que são utilizados para mensurar a qualidade ambiental, que tem sido uma temática recorrente, haja vista que alterações climáticas estão cada vez mais incisivas. Dessa forma, a comunidade edáfica é um parâmetro sensível aos efeitos e impactos de diferentes tipos de sistemas de exploração. Assim, a presente pesquisa teve como objetivo, inferir os principais fatores atrelados a qualidade ambiental edáfica, interligando-se a sustentabilidade no perímetro do reservatório negreiros em Salgueiro-PE. A qualidade ambiental edáfica está atrelada a sustentabilidade da região, uma vez que é necessário um conjunto de fatores para que as respostas sejam positivas. Fatores estes como funcionamento edafoclimáticos e níveis de ações antrópicas, tornam-se cruciais para estabelecer ambientes propícios ao desenvolvimento da macrofauna edáfica. Portanto, o aspecto geográficos e climáticos associados a efeitos antrópicos podem interferir na composição faunística da macrofauna edáfica, proporcionando desequilíbrio ecológico, conseqüentemente afetando a sustentabilidade local.

**Palavras-chave:** sustentabilidade, antropização, qualidade ambiental, comunidade edáfica.

## 1. INTRODUÇÃO

A pesquisa a seguir descrita versou sobre fatores intrínsecos a qualidade ambiental edáfica, tendo em vista que alterações na comunidade edáfica são decorrentes de efeitos trópicos e antrópicos. Dessa forma, foram elencados os seguintes pontos:

A caracterização da área de estudo; condições pluviométricas da região; importância da macrofauna edáfica; principais índices faunísticos utilizados para análise; impactos de ações antrópicas; a importância do entendimento da ecologia e a qualidade ambiental através da sustentabilidade.

Para Silva e Martins (2022) os indicadores de sustentabilidade e territorialidade, são essenciais para entender o desenvolvimento sustentável nos territórios rurais, para que isso ocorra é necessário identificar indicadores que relacionem a agricultura ao desenvolvimento sustentável, tornando as condições das áreas mais explícitas.

Dessa forma, a comunidade edáfica é um parâmetro sensível aos impactos de diferentes tipos de sistemas de exploração (Silva *et al.*, 2006). À vista disso, pesquisas tem comprovado que a macrofauna de solo pode indicar ações antrópicas como as alterações de paisagens naturais, pois, estes funcionam como bioindicadores, sendo usados para a denotação de alteração de habitats, destruição, contaminação, reabilitação, sucessão vegetal, mudanças climáticas e degradação dos ecossistemas (Silva; Silva, 2011, Azevedo *et al.*, 2016).

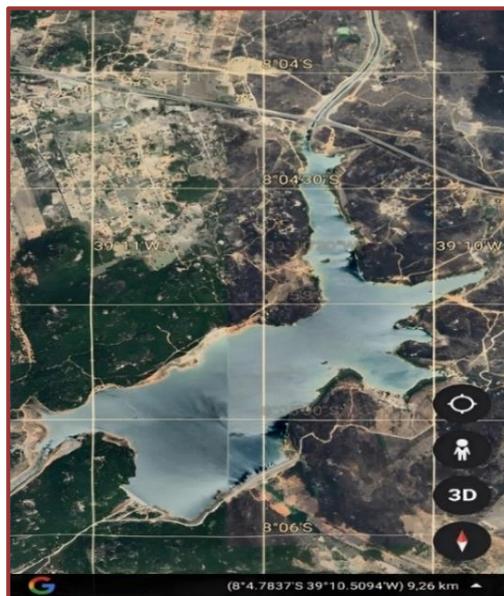
## 2. DESENVOLVIMENTO

### 2.1. RESERVATÓRIO NEGREIROS

O perímetro de estudo faz parte do reservatório Negreiros, que está localizado no eixo norte, o qual faz parte o Projeto de Integração do Rio São Francisco com as Bacias do Nordeste Setentrional – PISF que é um empreendimento do Governo Federal, sob a responsabilidade do Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR) e tem como objetivo garantir a segurança hídrica e promoção do desenvolvimento do agreste e do sertão dos estados de Pernambuco, Ceará, Paraíba e Rio Grande do Norte (APAC, 2022).

Situando-se a aproximadamente 7,1km da cidade de Salgueiro, em Pernambuco, o reservatório Negreiros apresenta latitude de -8.0976 e longitude de -39.1803 e Coordenadas geográficas sexagesimais Latitude: 8° 4' 3" Sul, Longitude: 39° 7' 27" Oeste (ANA, 2005), com área de inundação de 2,49 km<sup>2</sup>, volume útil de 16 milhões de m<sup>3</sup> (Figura 1). Está inserido em uma região com predominância de *inselbergs* e maciços graníticos, com encostas acentuadas e intercaladas por solos arenosos em áreas pediplanadas e afloramentos rochosos em forma de lajedos (Nascimento, 2017).

**Figura 1.** Reservatório Negreiros, Salgueiro, Pernambuco – Brasil, 2023

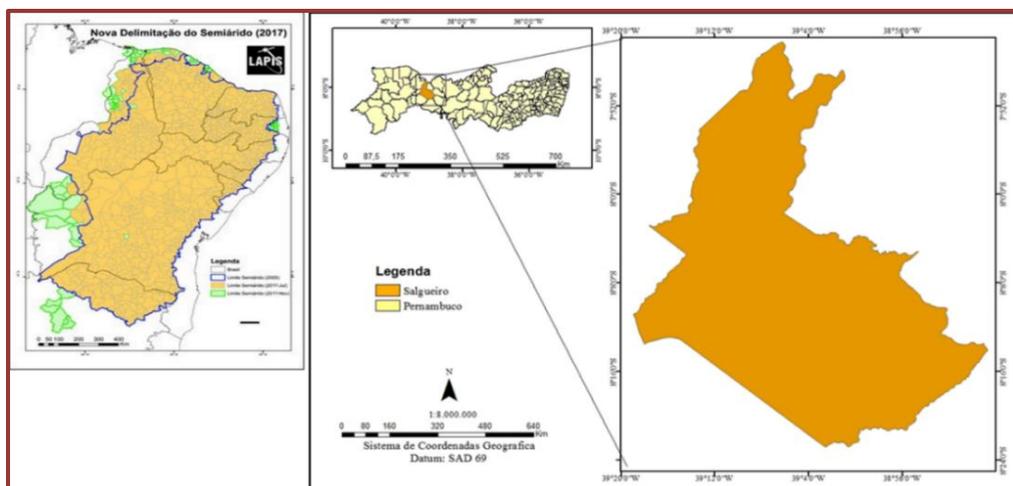


Fonte: adaptado do Google Earth, 2022.

A área da pesquisa apresenta uma variação média na temperatura entre 23 à 26°C a depender do período do ano e, é importante ressaltar, que no Nordeste brasileiro existem duas períodos climáticos no ano, o chuvoso e o seco, devido ocorrer apenas esses dois tipos de variabilidade de clima, isto em decorrência das mudanças de temperatura não serem relevantes ou de outras variáveis meteorológicas ao longo do ano, assim, constata-se oscilação no índice de precipitação pluviométrica no Sertão pernambucano com um volume médio de 360 mm no período chuvoso e 75 mm como menor volume no período seco (APAC, 2020). Com isso, exige adaptações e deslocamentos da macrofauna que habitam este meio à procura de água e/ou alimentos.

O município de Salgueiro, sede do reservatório, faz parte do semiárido nordestino (Figura 2), a região possui o clima do tipo tropical semiárido com chuvas de verão (Macedo, 2016). Ademais, as características do semiárido são limites da disponibilidade de recursos hídricos, fato esse em decorrência do regime pluviométrico irregular, no espaço e no tempo, das elevadas taxas de evapotranspiração, solos rasos a pouco profundos e baixa capacidade de retenção de água, favorecendo a escassez de águas superficiais (Silva, 2022).

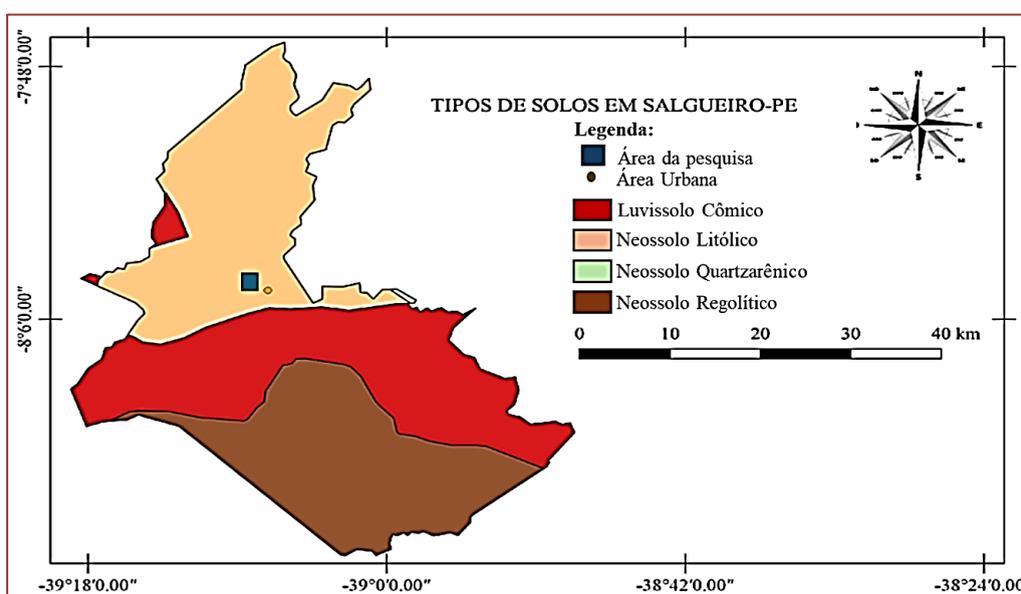
**Figura 2.** Localização geográfica do semiárido nordestino e do município de Salgueiro - PE, 2023



Fonte: Adaptado de Listo, 2016.

O município em estudo apresenta predominantemente solos arenosos, pedregosos e rochosos (Prefeitura de Salgueiro, 2018). Conforme Barreto (2019), os tipos de solos presentes no município são: Luvissole Crômico, Neossolo Litólico, Neossolo Regolítico e Neossolo Quartzarênico (Figura 3). Contudo o solo presente no perímetro estudado concentra-se em Neossolo Litólico, os quais consistem, em solo raso, não ultrapassando 0,5 metros, estão associados a relevos mais declivosos, o que torna bastante limitado quanto ao uso, este sendo evitado quando estiverem próximo a cursos d'água (Embrapa, 2024).

**Figura 3.** Mapa dos tipos de solo do município de Salgueiro – PE



Fonte: adaptado de Barreto, (2019).

O município em estudo encontra-se inserido na unidade geoambiental da Depressão Sertaneja, que representa a paisagem comum do semiárido do Nordeste brasileiro, onde apresenta característica como, superfície de pediplanação monótona, com predominância de relevo suave-ondulado, cortado por vales estreitos e vertentes dissecadas (Santos; Valverde, 2020).

O espaço de estudo localiza-se nos domínios edafoclimáticos de Caatinga, que é restrito ao território brasileiro, tendo sua abrangência por quase toda região Nordeste (Vital *et al.*, 2022). O autor ainda enfatiza que, os domínios edafoclimáticos supracitado apresenta vasta biodiversidade, além de características específicas, como temperaturas elevadas, baixos índices pluviométricos anuais e rajadas de ventos fortes e secos. No entanto, grande parte da vegetação é secundária e possuem adaptações correlatas às condições ambientais, assim, são constituídas basicamente por Caatinga hiperxerófila com trechos de floresta caducifólia, sendo que os tipos mais comuns dessa formação vegetal são as xerófilas e bromeliáceas (Macedo, 2016).

Conforme Vital *et al.* (2022), a área apresenta trechos degradados, sendo perceptíveis as ações antrópicas, ocasionando uma série de fatores negativos na vegetação do local. O autor ainda acrescenta que o aspecto decorrido dessas ações são, o solo compactado, apresentando pouca porosidade, comprometendo o desenvolvimento das espécies vegetais devido às raízes não terem poder de penetrabilidade e expondo-as a luz do sol devido possuir pouca matéria orgânica.

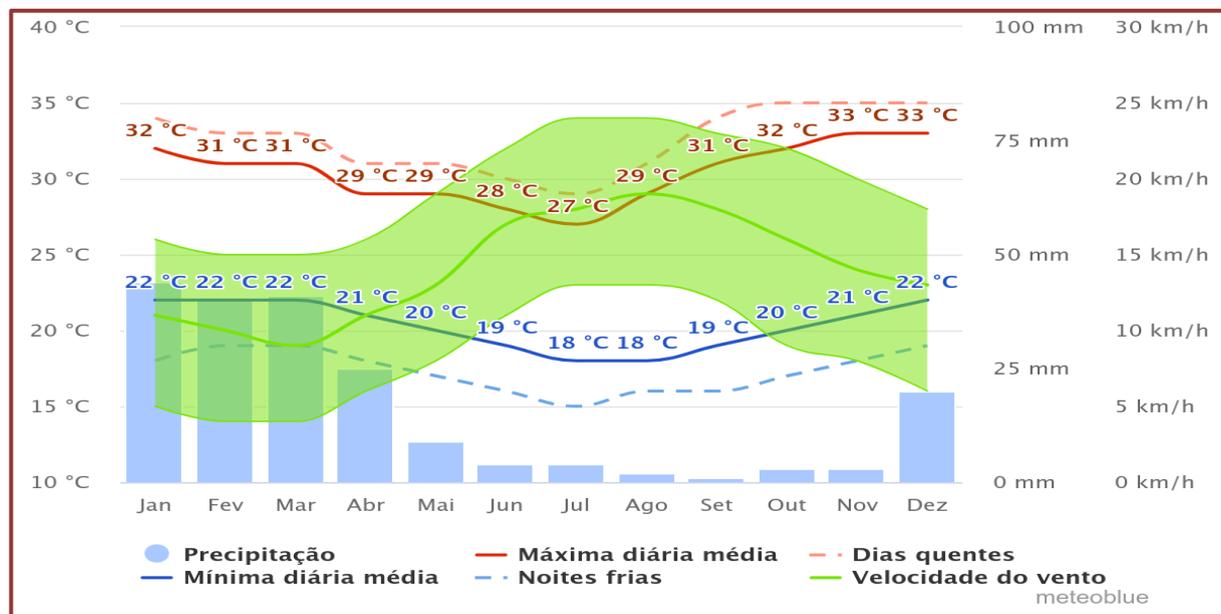
Já Ramos (2019) enfatiza que a cobertura vegetal está relacionada com as condições climáticas e edáficas da região. Portanto, a área observada consta com extensões de vegetação arbustiva aberta e de pequeno porte, sendo esta vegetação adaptada às irregularidades das chuvas, fornecendo pouca matéria orgânica ao solo, tornando-os pobres em húmus, apresentando desenvolvimento incipiente. Desta forma, cabe ressaltar que os períodos do ano e a temperatura, influenciam na diversidade e riqueza das espécies.

## 2.2. ÍNDICES PLUVIOMÉTRICOS

A distribuição das precipitações pluviométricas no Sertão pernambucano pode sofrer influência do relevo, pois isso ocorre quando o escoamento das vertentes se acopla aos movimentos descendentes das células de circulação atmosféricas, aumentando as temperaturas médias e diminui a umidade relativa do ar na baixa troposfera (Wanderley *et al.*, 2018).

Por conseguinte, os dados climatológicos dos últimos 30 anos do município de Salgueiro, são mostrados nos diagramas climáticos de meteoblue (2024), os quais indicam padrões climáticos típicos e condições esperadas (temperatura e precipitação), através de simulações de 30 anos de modelos climáticos. A "máxima diária média" (linha vermelha contínua) mostra a média da temperatura máxima de um dia para cada mês para Salgueiro. Da mesma forma, "mínima diária média" (linha azul contínua) mostra a média da temperatura mínima. Os dias quentes e noites frias (linhas vermelhas e azuis tracejadas) mostram a média do dia mais quente e da noite mais fria de cada mês (Figura 4).

**Figura 4.** Temperaturas e precipitações médias dos dias mais quentes e das noites mais frias de cada mês nos últimos 30 anos, Salgueiro – PE, Brasil, 2024



Fonte: Adaptada do meteoblue, (2024).

Conforme os dados acima, os índices pluviométricos são mais recorrentes nos primeiros meses do ano. Assim como, as temperaturas mais elevadas estão presentes nos últimos meses de cada ano. Dessa forma, os resultados estão de acordo com os apresentados por Pinheiro e Souza (2018), estes, ainda citam que as características da região Semiárida, concentram os maiores valores pluviométricos em curto espaço de tempo e normalmente no início do ano.

Para Cequeira *et al.*, (2020), as informações climáticas são indispensáveis para que sejam planejadas estratégias que busquem o manejo adequado dos recursos naturais, pois, informações sobre a aridez são imprescindíveis para elucidar as características da paisagem, com isso, no Sertão, setor semiárido, predomina o clima tropical árido e semiárido, em que as chuvas se concentram em períodos específicos. Genericamente, denota-se que existem dois períodos no ano, período chuvoso e o período seco uma vez que são observados dois tipos de variabilidade de clima no Nordeste brasileiro (APAC, 2023).

### 2.3. MACROFAUNA DE SOLO

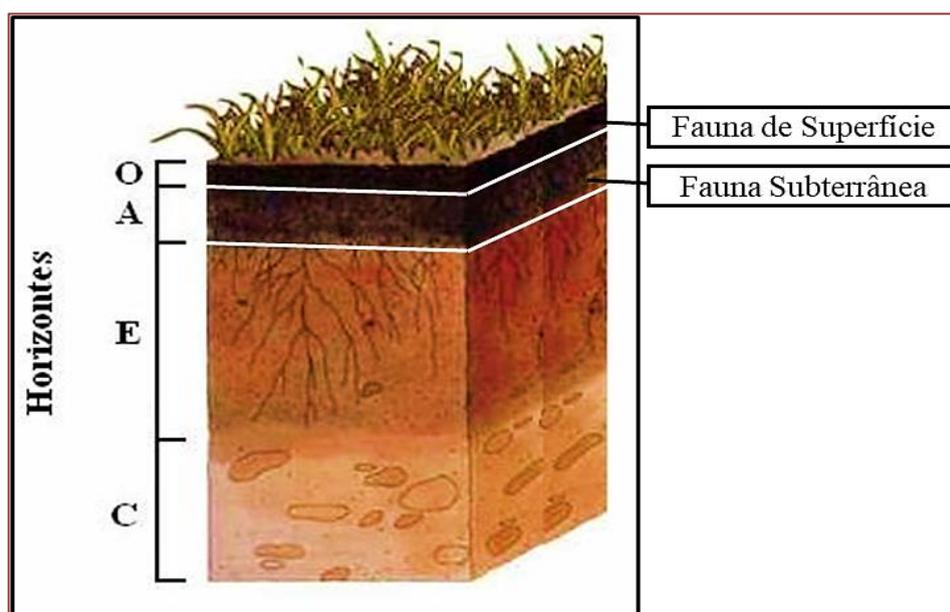
A macrofauna edáfica compreende os maiores invertebrados, são organismos com diâmetro corporal de 4 mm a 20 cm como minhocas, coleópteros em estado larval e adultos, centopeias, cupins, formigas, piolhos de cobra, tatuzinhos e aracnídeos, possui versatilidade com distribuição em espaço-temporal, que depende de condições específicas do micro-habitat do solo, devido à sua própria heterogeneidade, esse fator faz com que os organismos não se distribuam homoganeamente no solo em um determinado espaço e tempo (Lavelle *et al.*, 1994; Chavez *et al.* 2020).

Á vista disso, a fertilidade do solo se torna essencial, assim como a presença de serapilheira, que funciona basicamente como micrômetro condicionante, proporcionando

os recursos necessários para a manutenção da macrofauna nesse ambiente (Marques *et al.*, 2014). Chavez *et al.* (2020) incrementam ao raciocínio, citando, que os organismos edáficos são mais incisivos em perímetros com disponibilidade de recursos alimentares, como rizosfera de plantas, detritos orgânicos provenientes da decomposição de serapilheira e deposições de animais. Assim, a estrutura e a textura do solo também influenciam na diversidade edáfica.

Ademais, Santos *et al.* (2018) mencionam que os organismos de solo são classificados em dois grupos, a fauna subterrânea que habita o horizonte A, a qual consiste no primeiro horizonte mineral do solo que contém maior teor de húmus e a fauna de superfície que habita o horizonte O, que incide na camada com restos de plantas e animais (figura 5).

**Figura 5.** Horizontes do solo com identificação de habitat da macrofauna, 2023



Fonte: adaptada do Google, (2015).

Conforme Lamparski; Lamparski, (1987), Dionísio *et al.* (2016) e Santos *et al.* (2018), a fauna subterrânea, raramente vem à superfície do solo, apresentam movimentação e visão restritas, possuem sensibilidades químicas e mecânica muito desenvolvida, fotofobia, corpo despigmentado, defesa pela produção de toxinas, resistência ao gás carbônico, corpo coberto por estrutura cuticular hidrofóbica, formando um plasto que permite a respiração e a osmose, desempenham importante função na decomposição de compostos orgânicos.

No entanto, a fauna de superfície, incide sob resíduos orgânicos, são ágeis, apresenta acuidade visual, sensores desenvolvidos e corpo pigmentado, pode penetrar no solo pelas rachaduras ou cavidades naturais. A alimentação das espécies consiste em sementes ou plantas na região do colo ou da coroa e, algumas vezes, da parte aérea. Esse ambiente, comporta os predadores, parasitoides, decompositores de material orgânico e se estabelece os eventos relacionados ao controle natural das populações de espécies-praga (Gassen, 1992; Dionísio *et al.*, 2016).

Para Silva *et al.*, (2006) a macrofauna de solo realiza a formação de microagregados estáveis, por meio de ações mecânicas, protegendo a matéria orgânica de mineralização. Os autores supracitados complementam citando, que dessa forma pode inferir que comunidades edáficas presente em ambientes com vegetação nativa ou preservada apresentam a densidade alta e a diversidade, geralmente diminui, uma vez que o manejo do solo interfere na disponibilidade de alimentos e abrigos. Correlacionando estes organismos aos fatores ambientais, Cruz (2014), relata que a qualidade ambiental concerne nas características do ambiente, assim, a utilização de indicadores biológicos tem sido uma das técnicas mais exploradas, tendo como foco os invertebrados, dentre estes a macrofauna.

Em complemento ao exposto acima, Azevedo *et al.* (2016) citam que é importante ter conhecimento acerca da entomofauna de certas áreas, tendo em vista que, a partir dessa sapiência é possível realizar monitoramento dos impactos nessas comunidades, uma vez que, as extinções locais e declínios populacionais são desencadeados por mudanças no clima e ação antrópica. Assim, inferem-se como consequências negativas impactos nas funções desempenhadas pelos insetos nos ecossistemas, como controle de insetos-praga e reciclagem de nutrientes (Vila-Verde *et al.*, 2021).

## 2.4. ANÁLISE FAUNÍSTICA

A análise faunística vem sendo aplicada em estudos ecológicos e tem como preceito ser utilizada para determinar conhecimentos das relações entre os seres vivos, bem como, as espécies predominantes em agroecossistemas e quantificar os índices ecológicos de grupos taxonômicos, proporcionando informações para a execução de programas de Manejo Ecológico (Cruz, 2014; Silva *et al.*, 2016). Cruz (2014) acrescenta que, para ter viabilidade, a análise precisa ser analisada através de números, onde utiliza-se de diversos parâmetros.

Assim, a análise faunística torna possível identificar a flutuação populacional das espécies, classificando-as como dominantes ou não (Cividanes; Cividanes, 2008). É através da análise acima citada que descobre a diversidade de espécies, frequência, dominância, constância, entre outros parâmetros faunísticos, que são fundamentais na formulação e execução de estratégias de manejo integrado, isto, a partir do levantamento (Novaes, *et al.*, 2021).

Para Carnauba (2020), a avaliação pode se dar a partir dos índices que permeiam por diversos indicadores, destes, três atributos destacam-se, composição, que tem como pontos a riqueza e diversidade; estrutura, que se apresenta com parâmetros fisiológicos e o funcionamento, que integra a regeneração natural, síndrome de dispersão, serapilheira, chuva de semente, macrofauna do solo e polinização.

Para análises faunísticas são utilizados diversos cálculos, dentre estes destacam-se: Diversidade de Shannon – Wiener ( $H'$ ), Equitabilidade de Pielou ( $J'$ ), Dominância de Simpson ( $D_s$ ) e frequência. Tais cálculos foram utilizados pelos autores abaixo relacionados em seus trabalhos como Garlet (2010), Lima *et al.* (2010), Andrade (2012), Oliveira *et al.* (2013), Silva *et al.* (2013), Cruz (2014), Gogoi *et al.* (2017), Silveira (2022) e Sampaio *et al.* (2022).

O uso de índices faunísticos e de diversidade ecológica em estudos de comunidade é apropriado para amostras aleatórias de espécies podendo ajudar a identificar possíveis tendências de sazonalidade (Cruz, 2014; Silveira, 2022).

O índice de Pielou ( $J'$ ), pertence ao intervalo de 0 - 1, assim, 1 configura-se a máxima diversidade. Desse modo, quanto maior o valor, maior será a uniformidade da comunidade em relação a abundância dos táxons (Silveira, 2022).

O índice de Simpson (D) é considerado como um índice de dominância por não só medir o número de espécies e o total de indivíduos, mas também por averiguar a ocorrência de cada espécie. Esse índice indica se os indivíduos estão distribuídos em proporção entre os táxons ou se existe táxons dominantes (maiores abundâncias). O valor de  $D_s$  possui amplitude de zero a um, quanto maior o valor, maior será a diversidade de táxons na comunidade (Cruz, 2014; Silveira, 2022).

Já o índice de Diversidade de Shannon – Wiener ( $H'$ ) é utilizado para amostras aleatórias de espécies de uma comunidade ou sub-comunidade. Onde quanto maior for o valor de  $H'$ , maior será a diversidade da população em estudo e sendo que os menores valores representam dominância maior de grupos em detrimento a outros (Cruz, 2014; Santos *et al.*, 2018).

## 2.5. AÇÃO ANTRÓPICA

As ações antrópicas estão ligadas diretamente aos principais fatores de perda de biodiversidade e estas relacionam-se a atividades humanas como caça, desmatamento, expansão e intensificação da agricultura, uso de agrotóxicos, industrialização e urbanização, no entanto, outro fator, que causa o declínio da biodiversidade são as mudanças climáticas (Vila-Verde, *et al.*, 2021).

As práticas de atividades agrícolas têm simplificado e fragmentado os ambientes em mosaicos de áreas naturais e áreas modificadas pelo homem (Cividanes; Cividanes, 2008). No entanto, as ações antrópicas tiveram início desde o surgimento da humanidade na terra até os dias atuais. Diante disso, destaca-se as principais modificações e destruições do meio ambiente, tais como a criação de paisagens geográficas, humanas ou culturais, alterações das paisagens naturais (Giacometti; Dominschek, 2018).

Porém, para mensurar os níveis de exploração, criou-se os sistemas de indicadores, a partir destes é possível acompanhar o teor de sustentabilidade apresentado por cada setor, seja econômico, social ou ambiental, mostrando de forma geral as dificuldades em relação à complexidade dos sistemas monitorados, fragilidade quanto à carência de base de dados disponíveis, dificuldade de interpretação dos resultados obtidos (Cetrulo *et al.*, 2013).

Desse modo, o indicador 09 “Desmatamento dos Biomas” é incisivo para a “avaliação do avanço das atividades antrópicas em geral, isso, nas áreas recobertas por campos, florestas e outros tipos vegetais no Brasil.” Ainda em conformidade com o indicador supracitado, o desmatamento pode provocar danos e desequilíbrio ambiental como fragmentação de habitats, a extinção de espécies da fauna e da flora, interferindo nos fluxos biológicos e polinização, acarretando danos e perdas da biodiversidade (Brasil, 2015).

Cerqueira e Ferreira (2021) ressaltam que o ser humano não compreendeu o quão relevante é o papel que ele desempenha para a ocorrência da manutenção do meio ambiente, haja vista que, a biodiversidade desempenha funções em favor da vida, dentre estas destaca-se reciclagem do carbono e oxigênio e na alimentação que são cruciais para garantir o futuro da humanidade.

Além dos impactos provocados pelo desmatamento, a queimada prejudica ainda mais o ambiente, pois além de agredir a flora nativa, ainda causa sérios danos ao solo, comprometendo a sua capacidade produtiva, tanto para atividades que ali se desenvolverão, como agricultura, quanto para a regeneração do ambiente afetado (Santos; Valverde, 2020). Este processo de fragmentação se dá através do habitat, ocorrendo principalmente em áreas de produtividade agrícola, onde a extensão da área é transformada em pequenas porções, acarretando distúrbios ambientais o que acaba contribuindo para reduzir a diversidade ecológica (Santos; Barros, 2021).

Os fatores supracitados aliados a eventos abióticos no ambiente como temperatura e precipitação podem interferir na dinâmica local, influenciando na estrutura das populações de insetos e demais seres vivos ao longo do tempo, resultando em sazonalidade da comunidade (Silveira, 2022). Ações antrópicas como a extração da vegetação natural são realizadas, fazendo então a retirada da cobertura vegetal para dar lugar ao crescimento tanto de cidades, quanto de áreas rurais para moradia e agropecuária (Santos; Barros, 2021).

Conforme Vital *et al.* (2022) o uso sustentável aliado a conservação dos recursos florestais do bioma percorre duas vertentes fundamentais, a primeira está relacionada à importância para a manutenção dos meios econômicos, já a segunda, caracteriza-se pela exploração para comercialização dos produtos florestais madeireiros e não-madeireiros. Os autores acrescentam de forma complementar que essas ações aceleram o processo de degradação ameaçando toda a biodiversidade existente na região, em consonância a isto, afeta o desenvolvimento e a manutenção de atividades ligadas ao social, econômico e cultural.

Assim, intervenções humanas devem incidir na realização de atividades ambientais que visem a restauração e recomposição dos ambientes degradados, uma vez que é necessário a reconstrução gradual para recuperar a biodiversidade, as funções do ecossistema e o manejo sustentável (Carnauba, 2020). Cabe enfatizar que impacto ambiental, não consiste em qualquer alteração nas propriedades do ambiente, contudo, em alterações que provoquem o desequilíbrio das relações ecológicas constitutivas do ambiente, tais como, as alterações que excedam a capacidade de absorção do ambiente considerado (Preste; Vincenci, 2019).

O efeito do antropismo no solo afeta diretamente a fauna edáfica, tendo em vista que as atividades principais desses organismos são discorrer sobre a decomposição de matéria orgânica, produção de húmus, ciclagem de nutrientes e energia e a produção de complexos que causam agregação ao solo. À vista disso, uso de diferentes coberturas vegetais e de práticas culturais atuam diretamente sobre a população da fauna do solo (Hoffmann *et al.*, 2009).

## 2.6. ECOLOGIA

A ecologia é um ramo científico recente na história da ciência, assim o faz emprestar conceitos de várias áreas do conhecimento, sendo, portanto, uma área transdisciplinar por excelência (Mello, 2014). Conforme o autor supracitado, na ecologia, a unidade mais básica e fundamental para o entendimento de um ecossistema é a espécie, com isso, é notória a importância de se conhecer a história natural de nossa flora e fauna para compreender a dinâmica e funcionamento de comunidades e ecossistemas.

Assim, as diferenças entre os seres vivos são conceituadas de biodiversidade, que se refere à variedade de vida no planeta, incluindo a diversidade genética dentro das populações e espécies, a versatilidade de espécies da flora, da fauna, de fungos macroscópicos e de microrganismos (Cerqueira e Ferreira, 2021). Dessa forma, a degradação ambiental acarreta danos às populações de espécies nativas, englobado vegetais e/ou animais, estes impactos são mensurados a partir de índices que possibilitam medir a riqueza de espécies e uniformidade (Santos; Barros, 2021).

Para avaliar os conjuntos de espécies faz-se o uso da diversidade filogenética, que proporciona medir as linhagens das espécies, identificando se são distantes umas das outras, assim, uma comunidade com diversidade filogenética alta geralmente é formada por espécies filogeneticamente muito distantes, configura que, ecologicamente elas têm nichos mais distintos (Higino, 2021).

Portanto, para Azevedo *et al.* (2018), para analisar um ambiente utiliza-se de inventários e a identificação de seres vivos nos ecossistemas permitem as prevenções e/ou remediações de impactos nos diferentes níveis ambientais, o que demonstra a importância de estudos que identifiquem grupos de indicadores ecológicos potenciais.

No entanto, conforme Vila-Verde *et al.*, (2021) mudanças climáticas vêm impactando os seres vivos em geral, contudo, os insetos são afetados de várias maneiras com mudança na fenologia, alterações no tamanho da população, nos padrões de migração e na distribuição dos insetos. Os autores incrementam que estas mudanças vêm ocorrendo em níveis rápidos, dificultando a capacidade dos organismos de se adaptarem às alterações ambientais, constituindo uma ameaça à biodiversidade.

A umidade é um fator climático onipresente para desenvolvimento dos ecossistemas e conseqüentemente das espécies, pois, é responsável por influenciar de forma decisiva a aptidão, comportamento reprodutivo e a distribuição geográfica dos seres vivos (Coelho *et al.*, 2021).

Santos e Barros (2021) salientam que ao referir-se em ecologia, vários pontos são observados dentre estes, as metodologias participativas na Educação Ambiental são importantes para que a democracia e, sobretudo, os padrões de consumo dos recursos naturais, sejam estabelecidos através de ações e eventos, uma vez que é necessário o controle destas atividades para a promoção de uma sociedade ambientalmente sustentável e que proporcione boa qualidade de vida.

## **2.7. QUALIDADE AMBIENTAL**

### **2.7.1. ODS OBJETIVOS DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**

A preservação e conservação dos bens naturais de uso comum, como os mares, o ar, a atmosfera, o espaço cósmico, as calotas polares, fazem-se necessário para manter os níveis de qualidades de um ambiente, por isso exigem atuações coordenadas e cooperativa dos estados com o objetivo de zelar pelo substrato material para a produção de bens e serviços para as atuais e futuras gerações (Gonçalves, 2022).

De modo complementar o ODS 15 (Vida terrestre), infere que é pertinente atenta-se em proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, reverter a degradação do solo e deter a perda da biodiversidade (Agenda 2016, 2030). Portanto, é necessário refletir sobre as consequências danosas como o desaparecimento de espécies nativas, que podem culminar em perda da biodiversidade, prejudicando o desenvolvimento dos ecossistemas, afetando a qualidade de vida dos seres vivos e os meios econômicos (Silva *et al.*, 2021).

O relatório de efetividade 2020-2021 do BNDES traz no monitoramento dos resultados das atuações o seguinte dado: “Área com cobertura vegetal recuperada para conservação ou regularização ambiental (regeneração em andamento) 1.731 Hectares”, realçando a proposta do ODS 15, que consiste na produção sustentável, monitoramento e controle, ordenamento territorial e ciência, tecnologia e instrumentos econômicos (BNDES, 2022).

### **2.7.2. DESENVOLVIMENTO REGIONAL SUSTENTÁVEL**

Para Demétrio *et al.* (2022) seguindo uma linha concomitante aos ODS, o Desenvolvimento Regional Sustentável consiste em três eixos norteadores, sendo que o primeiro nível engloba as dimensões ecológica, econômica e social; o segundo nível leva em conta as dimensões cultural e política, e o terceiro nível considera a dimensão ética.

No entanto, Carvalho-Junior (2022) cita que a percepção acerca da ação das variáveis climáticas nas vidas dos seres vivos e na economia só é notada mediante eventos catastróficos seja natural ou não, dessa forma, é válido ressaltar que essa visão compartimentalizada do sistema é a causa principal dos problemas ambientais, portanto, a falta de entendimento da relação entre o sistema natural e o econômico/social resulta em uma atenção parcial para o desenvolvimento regional de forma sustentável, gerando desperdício de recursos financeiros, além de não sanar problemas futuros como a qualidade ambiental dos ecossistemas.

Assim, fez-se necessário a implementação e acompanhamento dos ODS nas escalas locais, pois é fundamental para o cumprimento da Agenda 2030 e consequentemente analisa as condições ambientais e suas variáveis, isto se dar através das articulações dos diferentes atores sociais no processo de aplicação dos ODS, agindo de forma colaborativa para o processo de desenvolvimento regional sustentável (Kasper *et al.*, 2022).

### **2.7.3. INDICADORES E POLÍTICAS PÚBLICAS**

A fim de nortear e direcionar os ODS, os indicadores apresentam-se como ferramentas que se comunicam, interligando o progresso em direção a objetivos, permitindo que estratégias sejam repensadas e alteradas conforme os cenários avaliados, dessa forma

tornando possível desenvolver-se e corrigir-se conforme o nível de desequilíbrio (Nogueira, 2022).

Assim, os indicadores são fatores de informações que podem ser de cunho econômico, social, institucional, físico, químico e biológico, estes concomitante a sustentabilidade forma instrumentos essenciais para classificar e caracterizar obstáculos e a necessidade de implementação de políticas públicas que se atente a preservação do meio ambiente, minimizando os danos causados pela prática nocivas, incidindo em melhora da qualidade ambiental (Abrahão; Natel, 2022).

Desse modo, os indicadores de qualidade ambiental apresentam-se como desafio para construir cidades e florestas mais sustentáveis, utilizando-se de processos bioimpactantes para prever as necessidades de mobilidade das comunidades, além desses processos são observadas as pressões sobre os recursos básicos, como sistema hídrico e alimentício (Callejas *et al.*, 2022).

Muller *et al.*, (2022) destacam que a finalidade dos indicadores é mensurar a situação atual, os quais permite avaliar a evolução quanto aos parâmetros de sustentabilidade observados, assim, devendo ser construídos a partir da realidade existente, para que possam ser úteis no processo de tomada de decisões acerca da qualidade de cada ambiente.

Entretanto, cabe ressaltar que do ponto de vista conceitual os ‘Indicadores de Sustentabilidade do IBGE’, chamado de documento de 2015, configura-se como uma excelente base para pensar na sustentabilidade, no entanto, a complexidade de dados, fazem com que todos os municípios, perdurem com uma tarefa ainda sem resultado objetivo (Brasil, 2016).

Assim, a sustentabilidade se torna importante, pois estabelece medidas e ações que mantem não somente a biodiversidade, mas os serviços ecossistêmicos que consequentemente são refletidos no bem-estar das populações (Souza *et al.*, 2022). Os autores complementam citando que é fundamental a implementação de políticas públicas que sejam voltadas à implementação de manejo de paisagens, conscientização e educação ambiental às populações locais.

### **3. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os fatores descritos estão ligados diretamente com a qualidade ambiental, uma vez que estes fornecem condições climáticas, alimentares e reprodutivas para a comunidade edáfica, possibilitando equilíbrio no meio ambiente. Outro fator preponderante são os aspectos morfofisiológicos que funcionam em harmonia, conforme as características locais, tornando possível que o ambiente desfrute de qualidade ambiental positiva.

Os aspectos geográficos e climáticos associados a efeitos antrópicos podem interferir na composição faunística da macrofauna edáfica, proporcionando desequilíbrio ecológico, consequentemente afetando a sustentabilidade local.

## REFERÊNCIAS

- [1] ABRAHÃO, J. A.; NATEL, A. S. Indicadores de sustentabilidade ambientais na pecuária leiteira: revisão sistemática. **Research Society and Development**, v. 11, n. 5, p. 1-10, 2022.
- [2] AGÊNCIA PERNAMBUCANO DE ÁGUAS E CLIMA. **APAC**. Disponível em: <http://old.apac.pe.gov.br/meteorologia/estacoes-do-ano.php?estacao> Acesso em: 22 de mar. 2022.
- [3] AGENDA 2030. Transformações nosso mundo: a agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável. **www.agenda2030.com.br**. Centro de informação das Nações Unidas para Brasil (UNIC Rio). Ministério das Relações Exteriores do Brasil. 11 de fevereiro de 2016.
- [4] ANDRADE, G. C. B. **Entomofauna como indicador para avaliar impactos ambientais da agricultura na região de Teresina, Piauí**. 2012. 48 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2012.
- [5] AZEVEDO, F. R.; AZEVEDO, R.; SANTOS, C. A. M.; NERE, D. R.; MOURA, E. S. Análise faunística e sazonalidade de insetos edáficos em ecossistemas da Área de Proteção Ambiental do Araripe em duas estações do ano, Barbalha-CE. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 10, n. 3, p. 263-272, 2016.
- [6] AZEVEDO, R.; AZEVEDO, F. R.; LIMA, J. A.; SILVA, G. B. O.; FARIAS, R. B. Atratividade de iscas alimentares para insetos edáficos em vegetação de mata úmida da Floresta Nacional do Araripe na estação seca. **Ciência e Sustentabilidade**, v. 4, n. 1, p. 22-38, 2018.
- [7] BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL – BNDES. **Relatório de efetividade 2020|2021**. Rio de Janeiro: Gabinete da Presidência Departamento de Comunicação Gerência de Editoração e Memória, 2022. 104 p.
- [8] BARRETO, T. H. L. **Dinâmica de uso e cobertura da terra em floresta tropical seca no sertão pernambucano**. 2019. 55 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Florestal) - Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2019.
- [9] BRASIL. Resolução no 411, de 22 de setembro de 2005. **Agência nacional de águas – ANA**. Art. 12, inciso V, da Lei no 9.984, de 17 de julho de 2000. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/arquivos/resolucoes/2005/ANALegis/LEGISResolucao411-2005.pdf?103032> acesso em: 10 de out. de 2023.
- [10] BRASIL. Ministério das Relações Exteriores do Brasil. Centro de informação das Nações Unidas para Brasil. **Transformações nosso mundo: a agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável**. Brasília, DF: Presidência da República, 2016. 59 p.
- [11] CALLEJAS, I. J. A.; CRUZ NETO, M. M. da; DURANTE, L. C.; GUARDA, E. L. A. da. Indicadores de desenvolvimento urbano sustentável aplicados a cidade de médio porte. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 1, p. 1-15, 2022.
- [12] CARNAUBA, A. F. **Análise da restauração passiva por meio de indicadores ecológicos em floresta tropical, Alagoas – Brasil**. 2020. 79 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife – PE, 2020.
- [13] CARVALHO JUNIOR, O. O. A importância do clima no desenvolvimento econômico sustentável. **Brazilian Applied Science Review**, v. 6, n.1, p. 257-280, 2022.
- [14] CEQUEIRA, M. A.; RODRIGUES, F. M.; ALMEIDA, G. V. L. de. Susceptibilidade a desertificação para o estado de Pernambuco. **Geosul**, v. 35, n. 76, p. 151-170, 2020.
- [15] CERQUEIRA, L. L. M.; FERREIRA, L. A. D. **Biodiversidade e interações ecológicas**. Cuiabá – MT: Universidade Federal do Mato Grosso, 2021. 45 p.
- [16] CETRULO, T. B.; MOLINA, N. S.; MALHEIROS, T. F. Indicadores de sustentabilidade: proposta de um barômetro de sustentabilidade estadual. **Brazilian Journal of Environmental Sciences (RBCIAMB)**, n. 30, p. 33-45, 2013.
- [17] CHÁVEZ, L.; RODRÍGUEZ, I.; BENÍTEZ, D.; TORRES, V.; ESTRADA, W.; HERRERA, M.; MEDINA, Y.; BRUQUETA, D. Caracterização da macrofauna edáfica em cinco agroecossistemas campestres da província de Granma. Riqueza e abundância. **Revista Cubana de Ciências Agrárias**, v. 54, n. 4, p. 599-609, 2020.
- [18] CIVIDANES, F. J.; CIVIDANES, T. M. S. Flutuação populacional e análise faunística de Carabidae e Staphylinidae (Coleoptera) em Jaboticabal. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 75, n. 4, p. 449-456, 2008.

- [19] COELHO, M. S.; RODRIGUES, V. S.; BARBOZA, J. B.; XAVIER, L. M. S.; ARAÚJO, J. R. E. S.; CARTAXO, P. H. A.; SILVA, J. H. B.; BULHÕES, L. E. L.; SANTOS, J. P. O. Ecologia, monitoramento populacional e análise faunística de insetos: uma revisão. **Scientific Electronic Archives Issue**, v. 14, n. 9, p. 82-88, 2021.
- [20] CRUZ, J. M. **Qualidade ambiental em áreas agrícolas da Caatinga potiguar usando entomofauna edáfica**. 2014. 40 f. Dissertação (Mestrado em Ambiente Tecnologia e Sociedade) - Universidade Federal Rural do Seme-Árido, Mossoró-RN, 2014.
- [21] DEMÉTRIO, M.; GODOY, W. I.; WALLAU, A. S. DE; SIMONETTI, A. L. A Contribuição da agroecologia para o desenvolvimento regional sustentável. **Colóquio – Revista do Desenvolvimento Regional – Faccat**, v. 19, p. 85-98, 2022.
- [22] DIONISIO, J. A.; PIMENTEL, I. C.; SIGNOR, D.; De Paula, A. M.; MACEDA, A.; MATANNA, A. L. **Guia prático de biologia do solo**. 1. ed. Curitiba: SBSC/NEPAR, 2016. 152 p.
- [23] EMBRAPA. **Neossolo litólico**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/solos-tropicais/sibcs/chave-do-sibcs/latossolos>. Acesso: 05 de fevereiro. 2024.
- [24] GARLET, J. **Levantamento populacional da entomofauna em plantios de *Eucalyptus* spp.** 2010. 86 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2010.
- [25] GASSEN, D. N. Classificação de pragas de solo de acordo com habitat e com os hábitos alimentares. In: Reunião sobre pragas subterrâneas dos países do CONE Sul, 2., 1992, Sete Lagoas. **Anais...** Sete Lagoas: Embrapa/CNPMS, 1992. p. 179.
- [26] GIACOMETTI, K.; DOMINSCHKE, D. L. Ações antrópicas e impactos ambientais: industrialização e globalização. **Caderno Intersaberes**, v. 7, n. 10, p. 141-156, 2018.
- [27] GOGOI, H.; LEGO, O.; TAYENG, M.; METH, T. A Report on Insect Community and Their Habitat Association in Daying Ering Memorial Wildlife Sanctuary, Arunachal Pradesh. **National Academy Science Letters**, v. 40, n. 4, p. 257-266, 2017.
- [28] GONÇALVES, P. G. S. **O Direito (humano) à água potável no quadro do tripé da sustentabilidade**. 2022. 134 f. Dissertação (Mestrado em Direito) - Universidade federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2022.
- [29] HIGINO, G. T. **Estudo empírico, teórico e metodológico em macroecologia de interações ecológicas**. 2021. 140 f. Tese (Doutorado em Ecologia e Evolução) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia – Go, 2021.
- [30] HOFFMANN, R. B. NASCIMENTO, M. S. V.; DINIZ, A. A.; ARAÚJO, L. H. A.; SOUTO, J. S. Diversidade da mesofauna edáfica como bioindicadora para o manejo do solo em Areia, Paraíba, Brasil. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 3, 117-121, 2009.
- [31] KASPER, L.; PATIAS, I. A.; GESSI, N. L.; SILVA, P. R. DA; SAUSEN, J. O.; BAGGIO, D. K.; ALLEBRANDT, S. L. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável: O caso de um município do COREDE-Fronteira Noroeste do estado do Rio Grande do Sul. **Conjecturas**, v. 22, n. 2, p. 1498-1514, 2022.
- [32] LAMAPRSKI, F.; LAMPARSKI, K. A. R. The burrows of *lumbricus badensis* and *Lumbricus polyphemus*. In: PAGLIAI, B.; OMEDIO, P. (Ed.). **On earthworms**. Moderna: Mucchi, 1987. p. 131-140.
- [33] LAVELLE, P.; DANGERFIELD, M.; FRAGOSO, C.; ESCHENBRENNER, V.; LOPEZ-HERNANDEZ, D.; PASHANASI, B.; BRUSSAARD, L. The relationship between soil macrofauna and tropical soil fertility. In: WOOMER, P. L.; SWIFT, M. J. (Ed.). **The Biological management of tropical soil fertility**. New York: Wiley-Sayce, 1994. p. 137-169.
- [34] LIMA, S. S.; AQUINO, A. M.; LEITE, L. F. C.; VELASQUEZ, E.; LAVELLE, P. Relação entre macrofauna edáfica e atributos químicos do solo em diferentes agroecossistemas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 3, p. 322-331, 2010.
- [35] MACEDO, A. O. **Estudo geoarqueológico dos níveis arenoso e de cascalheira cimentada por concreção carbonática do sítio lagoa uri de cima, salgueiro-PE**. 2016. 224 f. Dissertação (Mestrado em Arqueologia) - Universidade Federal de Pernambuco Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Recife – PE, 2016.
- [36] MARQUES, D. M.; SILVA, A. B. D.; SILVA, L. M. D.; MOREIRA, E. A.; PINTO, G. S. Macrofauna edáfica em diferentes coberturas vegetais. **Bioscience. Journal (Online)**, v. 30, n. 5, p. 1588-1597, 2014.

- [37] MELLO, R. A Relevância da vida social das formigas na estruturação dos ecossistemas terrestres: ciência e literatura como proposta transdisciplinar de conscientização ecológica. **Núcleo de Pesquisa e Estudos em Educação Ambiental e Transdisciplinaridade**, v. 4, n. 1, p. 24-43, 2014.
- [38] METEOBLUE. **Tempo Salgueiro Pernambuco, Brasil, 8.07°S 39.12°O, 420m s.n.m.** Disponível em: [https://www.meteoblue.com/pt/tempo/semana/salgueiro\\_brasil\\_3389860](https://www.meteoblue.com/pt/tempo/semana/salgueiro_brasil_3389860) acessado em: 20 de janeiro, 2024.
- [39] MULLER, D. F.; BULHÕES, F. M.; BIONDO, E. Indicadores de sustentabilidade de agroindústrias familiares do arranjo produtivo local (apl) do vale do taquari, RS. **Tecno-lógica**, n. 1, p. 44-59, 2022.
- [40] NASCIMENTO, C. S. I. **Análise paleoecológica e paleoparasitológica em coprólitos de vertebrados do quaternário do sítio paleontológico e arqueológico lagoa uri de cima (região de Salgueiro, Pernambuco, Brasil)**. 2017. 67 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2017.
- [41] NOGUEIRA, D. R. C. **Turismo e agenda 2030: sistema de indicadores alinhados aos objetivos de desenvolvimento sustentável para avaliar o turismo local**. 2022. 125 f. Dissertação (Mestrado em ciências do ambiente e sustentabilidade na Amazônia) - Universidade federal do Amazonas – UFAM, Manaus, 2022.
- [42] NOVAES, N. S.; YAMAMOTO, R. R.; NEVES MARQUES, R. Entomofauna capturada em pomar recém-implantado de pessegueiro e ameixeira no município de Buri, São Paulo, Brasil. **Entomology Beginners**, v. 2, p. 1-5, 2021.
- [43] OLIVEIRA, I. B. R.; MOURA, S. G.; BRITO, W. C.; SOUSA, A. A.; SANTANA, J. D. P.; MAGIONI, K. Diversidade da entomofauna em uma área de Caatinga no município de Bom Jesus-PI, Brasil. **Científica Jaboticabal**, v. 41, n. 2, p. 150-155, 2013.
- [44] PINHEIRO, A. G.; SOUZA, T. E. M. dos S. Erosividade e padrões hidrológicos no município de salgueiro, Pernambuco. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 26, n. 3, p. 250-257, 2018.
- [45] PREFEITURA DE SALGUEIRO. **História de Salgueiro**. Disponível em: <<https://www.salgueiro.pe.gov.br/municipio-salgueiro-em-numeros.html>>. Acesso em: 04 de fevereiro. 2024
- [46] PRESTES, R. M.; VINCENCI, K. L. Bioindicadores como avaliação de impacto ambiental/Bioindicators as environmental impact assessment. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 2, n. 4, p. 1473-1493, 2019.
- [47] RAMOS, D. A. M. C. **Contribuição da análise de fitólitos para a reconstrução paleoambiental na lagoa do uri, semiárido de Pernambuco**. 2019. 124 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife- PE, 2019.
- [48] SAMPAIO, A. R. M.; ALVES, A. C. S.; GUERRA, A. S.; OLIVEIRA, H. A.; RAMOS, A. B. B.; BRAGA, D. V. V. Diversidade vegetal em quintais produtivos: um estudo no sertão central pernambucano. In: SANTOS, D. A. dos. SILVA, A. T. B.; FREITAS, P. G. de. (ORG). **Ciência e divulgação científica: Desdobramentos, pesquisa e extensão**. Rio de Janeiro: E-publicar, 2022. P. 296-309.
- [49] SANTOS, A. F.; VALVERDE, L. H. O. Ecologia e Educação Ambiental: Estudo da Degradação Ambiental para a Promoção de Práticas Educativas. **Revista Multidisciplinar Psicologia**, v. 14, n. 50, p. 864-882, 2020.
- [50] SANTOS, G. R. dos; ARAUJO, K. D.; SILVA, F. G. Macrofauna edáfica na Estação Ecológica Curral do Meio, Caatinga Alagoana. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 4, n. 2, p. 01-21, 2018.
- [51] SANTOS, T. S.; BARROS, R. P. Entomofauna em área de Caatinga no município de Batalha – AL. **Revista Ambientale Revista da Universidade Estadual de Alagoas**, v. 13, n. 2, p. 53-59, 2021.
- [52] SILVA, A. G. da; VILAR, L. O.; VILAR, V. O.; COELHO, F. P.; ACIOLI, N. R. dos S.; RAMOS, R. B. G. A.; MOREIRA, J. G.; DIARES, T. R.; SILVA, D. F. da; CRUZ, M. S. da; MOURA, R. G. de. O manejo florestal sustentável da caatinga. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 7, n. 5, p. 872-884, 2021.
- [53] SILVA, A. K. P. M. **Sistemas de dessalinização como medida de adaptação às mudanças climáticas no semiárido Pernambucano**. 2022. 85 f. Dissertação (Mestrado em Gestão Ambiental) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco - IFPE, Recife, PE, 2022.
- [54] SILVA, D. O. L.; RAMOS, M. A.; SILVA, H. C. H.; ALVES, A. G. C. Análise Faunística de Insetos

Associados à Cultura do Quiabeiro [*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench] em Plantio Comercial, no Município de Canindé de São Francisco, SE, Brasil. **EntomoBrasilis**, v. 9, n. 2, p. 146-149, 2016.

[55] SILVA, J. E. da; MARTINS, M. de, F. Indicadores de Desenvolvimento Sustentável: uma análise no território do Cariri Oriental Paraibano. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 2, p. 1-16, 2022.

[56] SILVA, P. G.; SILVA, F. C. G. Besouros (Insecta: Coleoptera) utilizados como bioindicadores. **Revista Congrega Centro Universitário da Região da Campanha**, v. 5, n. 1, p. 1-16, 2011.

[57] SILVA, R. F. D., AQUINO, A. M. D., MERCANTE, F. M., & GUIMARÃES, M. D. F. Macrofauna invertebrado de solo sob diferentes sistemas de produção em latossolo da região de Cerrado. **Pesquisa agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 4, p. 697-704, 2006.

[58] SILVA, R. F.; CORASSA, G. M.; BERTOLLO, G. M.; SANTI, A. L.; STEFFEN, R. B. Fauna edáfica influenciada pelo uso de culturas e consórcios de cobertura de solo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 2, p. 130-137, 2013.

[59] SILVEIRA, L. C. A. **Análise faunística e sazonal da comunidade de Insetos presente em área de conservação "ex situ" de Baru (*dipteryx alata*)**. 2022. 46 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde, 2022.

[60] SOUZA, J. A. P. DE; AMORIM, A. T.; SOUZA, J.C. DE; HENRIQUE EWBANK, H.; LOURENÇO, R. W. Proposta de um indicador de sustentabilidade para fragmentos florestais (ISFF) por meio de modelagem ambiental. **Revista Brasileira de Geografia Física** v. 15, n. 1, p. 250-267, 2022.

[61] WANDERLEY, L. S. de A.; NÓBREGA, R. S.; MOREIRA, W. A. B.; MENEZES, R. S. C. A relação entre o relevo e o clima como proposição de caracterização da fisiologia da paisagem em Pernambuco, Brasil. **Geo UERJ**, [S. l.], n. 34, p. e40942, 2019.

[62] VILA-VERDE, G., SANTOS, C. R. DOS, BOMFIM, G. S. Insetos (Insecta: Hymenoptera, Lepidoptera e Odonata) e as mudanças climáticas. **Terrae Di-datica**, v. 17, p.1-11, 2021.

[63] VITAL, M. J. L.; ALVES, G. C. P.; SILVA, A. A.; OLIVEIRA, M. S. G. Levantamento florístico na Caatinga: comparação entre uma área preservada e uma área degradada no Sertão Pernambucano. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 12, p.1-9, 2022.

# Capítulo 10

## *Análise do processo de implementação e disseminação de práticas sustentáveis no IFPA-campus Belém*

*Maria de Nazaré Rodrigues Pereira Martins*

*Maria da Conceição Rodrigues Pereira*

*Rivetla Garcia Lopes de Souza Benchimol*

**Resumo:** O estudo objetiva analisar o processo de implementação e disseminação de práticas sustentáveis do Plano de Gestão de Logística Sustentável (PLS), no IFPA-Campus Belém. O PLS provém da Agenda Ambiental da Administração Pública (A3P) do Ministério do Meio Ambiente na responsabilidade socioambiental e finalidade aos padrões da sustentabilidade na administração pública. As Portarias e Acórdão apresenta-o como instrumento estratégico de transversalidade nas interfaces dos riscos na gestão de resíduos sólidos da instituição. A relação sustentabilidade se apresenta na relação acadêmica ao PLS como sociedade em geral em sensibilização das práticas sustentáveis. Os planos e programas técnicos têm metas aos Indicadores de Sustentabilidade e percentuais que converge à geração de resíduos sólidos. As técnicas estratégicas de análises de perigos e aspectos conduz gestão ESG, QSMS-RS e Sustentabilidade como novo modelo sustentabilidade ao negócio. A Análise de Maturidade unifica estratégias de forças, fraquezas, ameaças e oportunidades sustentáveis pela identificação, avaliação, exploração, monitoração e comunicação das oportunidades de melhorias. A Governança fortalece a maturidade diante das incertezas e fragilidades e surpreender as operações. A Metodologia *Bow Tie* conduz um comportamental da gestão acadêmica, onde perigos e riscos, identifica ameaças e propõe barreiras corretivas e administra o cenário ao adicionar consequências em função da severidade as barreiras com mitigações, permite os controles e monitoramentos eliminando a fragilidade ao PLS. O plano de ação estratégica comunicação metodológica põe clareza na maturidade e consolida a governança institucional com segmentos pela investigação das vulnerabilidades, fragilidades das operações sem ameaçar os resultados na comunidade acadêmica e entorno uma vez atuantes nos indicadores, consolidando a sustentabilidade das gerações, assumindo a credibilidade, e transparência se cumprindo o PLS-Campus Belém.

**Palavras-chave:** gestão, práticas sustentáveis, resíduos, indicadores de riscos, maturidade e governança.

## 1. OBJETIVOS

Analisar o processo de implementação e disseminação de práticas sustentáveis no IFPA-Campus Belém, avaliando o Plano Logístico pelas práticas sustentáveis, gestão socioambiental; eixo regulador, e governança.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Instituto Federal do Pará, Campus-Belém, face a Agenda Ambiental na Administração Pública, a A3P, em 1999, aos padrões de sustentabilidade nas instituições públicas. eixos temáticos: Repensar-Reciclar-Reutilizar-Recusar-Reduzir. Portaria Nº 326, de 23 de julho de 2020. O Plano de Gestão de Logística Sustentável-PLS, por Decreto Regulamentado art. 3º da Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993, estabelece critérios, práticas e diretrizes para a promoção do desenvolvimento nacional sustentável nas contratações realizadas pela administração pública federal. A PLS do Campus Belém, foi aprovado pela Portaria Nº 150/2021 Campus Belém/IFPA, de 10 de maio de 2021.

Os procedimentos metodológicos e as técnicas aplicadas na investigação:

- a) Investigativo, explicativo e construtivo através da avaliação comportamental e gestão acadêmica para implementar e disseminar práticas socioambientais;
- b) Análises da diretriz de gestão e os procedimentos internos no fomento da responsabilidade socioambiental pelo uso consciente de materiais e aos segmentos de governança institucional;
- c) Estudos de variáveis à gestão sustentável, como as sub-variáveis aos mapeamentos dos critérios sustentáveis, tais como: comportamental, capacitação do servidor, práticas sustentáveis, responsabilidade socioambiental, gestão de riscos, maturidade, governança;
- d) Análise crítica de requisito legal de responsabilidade socioambiental, da Portaria Nº 326, de 23 de julho de 2020, bem como posicionar estratégias de implementação e disseminação do PLS;
- e) Avaliação de planos socioambiental; Análises e comparativos de práticas sustentáveis ao regulador; Padronização e formação de práticas sustentáveis e adoção de planos de governança;
- f) Aplicação de instrumentos: Mapeamento, análise e implementação de modelo de responsabilidade socioambiental; Metodologia *Bow Tie* como ferramenta fundamental e particularidades da gestão das vulnerabilidades condicionais aos riscos com análise de maturidade e governança.

O Mapa Estratégico que norteia o PDI: Aprendizado e Crescimento; Infraestrutura e Tecnologia; Orçamento e Finanças; Processos Internos e Resultados à sociedade, figura 1.

Figura 1 - Mapa Estratégico do IFPA



Fonte: Relatório de Gestão 2020 do IFPA.

Resultados da Sociedade à Ampliação da Sustentabilidade Ambiental-RS4, com indicador de eficácia no PLS. Na lógica o indicador, RS4, na ampliação à sustentabilidade faz parte da Instituição, não se tratando de implantar, e sim a continuidade de ações de sustentabilidade. O monitoramento e a avaliação dos indicadores são realizados pelo Sistema Integrado de Gestão de Planejamento e de Projetos (SIGPP), anualmente nos planos operacionais, o Plano Estratégico Anual - PEA e o Plano Anual de Ações e Metas - PAM.

## 2.1. PLANO DE DESENVOLVIMENTO DO CAMPUS – PDC: UM OLHAR NA SUSTENTABILIDADE

Desafio do PDI é operacionalizar ações e serviços, e alcançar os 144 municípios do Pará, de acordo com Resolução N° 111/2015-CONSUP, de 19/08/2015, que cria as áreas de abrangência dos Campi IFPA. A sustentabilidade vem avançando, em 2017, com aprovação do Projeto Político Pedagógico - PPI do IFPA, Resolução N° 350, no Item 16, nas ações formais e informais de educação ambiental em formação cidadã.

A Política Institucional de Meio Ambiente (PIMA), no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, foi aprovada através da Resolução N° 173/2017-CONSUP de 25 de abril de 2017, que no seu Artigo 1º, versa que o desenvolvimento sustentável mapeará a vida da organização, o ambiente interno e área de abrangência. E no Artigo 4º, da Resolução, 173/2017 define “estabelecer diretrizes e princípios para a atuação do IFPA, explicitando a sua responsabilidade social, econômica e ambiental, em consonância com a missão, visão, valores e o posicionamento sobre temas globais de sustentabilidade, de acordo com o Plano Institucional de Ações Ambientais-PIAA. Ressalta ao Artigo 1º o compromisso e estratégia a partir da criação de comissões locais de Meio Ambiente:

§ 1º O IFPA, enquanto autarquia pública, deve respeitar à legislação ambiental vigente e os acordos internacionais, materializados através da implementação de política institucional, disposta nesta resolução, em outras normativas internas e nos programas e projetos desenvolvidos no

âmbito do ensino, da extensão, da pesquisa, da inovação tecnológica, e da gestão.

§ 2º Compete à Reitoria do IFPA designar a Comissão Central, e aos Campi as Comissões Locais, para planejamento, acompanhamento e avaliação da Política Institucional de Meio Ambiente.

§ 3º As ações das comissões devem ser planejadas de forma a proporcionar, ao longo de sua execução, o envolvimento da comunidade interna e externa (Resolução, n173/2017).

No Artigo 3º, os princípios regem a PAIMA no âmbito do IFPA, o que norteou a elaboração dos indicadores (Resolução N° 173/2017, p. 2,3), dentre eles: I - O enfoque humanista, holístico, ecológico, democrático e participativo; II - A vinculação entre a ética, a educação, o trabalho e as práticas sociais; III- A abordagem articulada das questões ambientais locais, regionais, nacionais e globais; [...]. A Portaria nº 2446/2018/GAB, 11/12/2018, aprova o Plano de Logística Sustentável - PLS do IFPA, 2019-2023, cujo objetivo central é estabelecer práticas de logística sustentável e racionalização dos gastos na Reitoria e nos Campi. Vale ressaltar que o PLS é uma exigência da IN MPOG 10/2012, no Art. 1º institui “As regras para elaboração dos Planos de Gestão de Logística Sustentável - PLS, na Administração Pública Federal direta, autárquica, fundacional e nas empresas estatais dependentes, conforme determina a alínea “b” do inciso I do art. 11 do Decreto nº 7.746, de 5 de junho de 2012”. Figura 2.

**Figura 2** - Desenho de processo de implementação de ações de sustentabilidade no IFPA



Fonte: Elaboração própria, 2022.

## 2.2. PLANO DE LOGÍSTICA SUSTENTÁVEL – PLS (2019-2023)

A Portaria N° 150/2021 - Campus Belém/IFPA, DE 10 DE MAIO DE 2021, que institui o Plano de Logística Sustentável – PLS deste IFPA/Campus Belém, apresenta como *objetivo geral organizar, sistematizar, consolidar e aprimorar práticas já existentes, além de orientar implantação de novas práticas de sustentabilidade e de redução de impactos ambientais* no âmbito do Campus Belém.

### **2.3. PLANO DE ANUAL DE METAS - PAM**

O PAM-Sustentabilidade é um instrumento de gestão que estabelece ações estratégicas de sustentabilidade na perspectiva da Ampliação à sustentabilidade ambiental-RS4 anualmente, segundo o PDI, 2019-23. Indicadores:

1. Para o indicador, RS4.2- Percentual na execução do plano de ações ambientais é a consolidação de todos os indicadores de sustentabilidade do Campus;
2. Percentual na execução do plano de ações ambientais reflete o cumprimento geral do PAA no PAM;
3. Percentual de eficácia na execução do PLS reflete o cumprimento geral do PLS anualmente;
4. Número de ações de sensibilização e divulgação sobre sustentabilidade realizada;
5. Índice de redução de consumo de copos descartáveis;
6. Índice de racionalização de consumo de energia elétrica;
7. Índice de racionalização de consumo de água;
8. Índice de racionalização de consumo de papel;
9. Percentual de gastos com aquisições de bens e serviços com critérios de sustentabilidade;
10. Percentual de resíduos destinados à reciclagem e/ou doados; ;
11. Número de ações de Qualidade de Vida no Âmbito do Trabalho;
12. Percentual de obras e reformas com critérios de sustentabilidade;
13. Percentual de contratos de limpeza com critérios de sustentabilidade;
14. Índice de redução do Consumo de Combustível;
15. Índice de redução de gastos com suprimentos de impressão;
16. Índice de racionalização de gastos com telefonia fixa e móvel.

### **2.4. PLANO DE AÇÃO DE MEIO AMBIENTE**

O Plano de Ação Institucional de Meio Ambiente do IFPA-PAIMA subsidiou as ações na esfera central e descentralizada: I – promover a ampla divulgação da Política de Meio do IFPA; II - desenvolver ações sistêmicas, articulando a comunidade interna para a execução da Política Institucional de Meio Ambiente; III – cumprir a legislação ambiental aplicável [...]; IV - promover o diagnóstico ambiental das atividades pedagógicas e de gestão; V – elaborar o Plano de Logística Sustentável; VI - elaborar o relatório anual de ações e metas ambientais; VII – elaborar o relatório anual de sustentabilidade ambiental; VIII – divulgar os resultados alcançados a partir da implantação da Política Institucional de Meio Ambiente.

### 3. NATUREZA DA PESQUISA

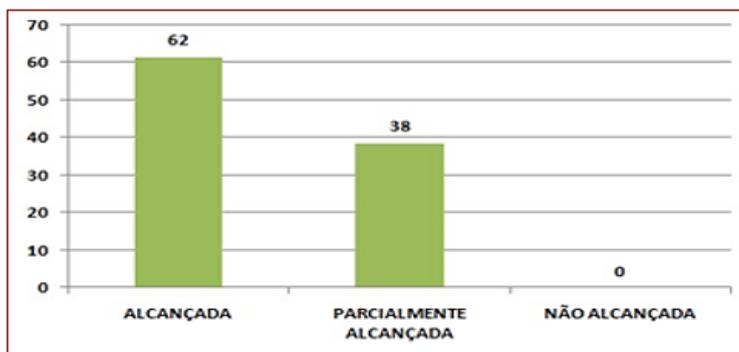
O processo investigativo no IFPA, |Campus Belém, permite mapeamentos quantitativos à demanda setorial dos indicadores de fases da sustentabilidade em cada área de atuação. Entretanto, as características qualitativas e quantitativas são identificadas nos indicadores de sustentabilidade então implantados.

### 4. INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE

#### 4.1. PERCENTUAL DE EFICÁCIA NA EXECUÇÃO DO PLANO DE LOGÍSTICA SUSTENTÁVEL (PLS)

**Meta: 60%:** No Quadro 1, metas com pouco mais de 60%, todavia é importante salientar que as presentes análises demonstram que a comparação com ano atípico (2020 - Pandemia) mascara os resultados.

**Quadro 1** – Percentual de eficácia na execução do PLS – Belém, em 2021



Fonte: ASCOM/Campus Belém, 2021

#### 4.2. AÇÕES DE SENSIBILIZAÇÃO E DIVULGAÇÃO SOBRE SUSTENTABILIDADE REALIZADAS

**Meta: 40%:** A Comissão de Meio Ambiente visando o alinhamento de contexto da sustentabilidade vem divulgando, seja no site ou por e-mail dos servidores, o Curso de “Sustentabilidade na Administração Pública” - 2020 e 2021. Figura 3.

Figura 3 – Cartaz de ação e divulgação da Sustentabilidade



Fonte: DAP/SPG/Comissão Meio Ambiente, 2021.

#### 4.3. ÍNDICE DE REDUÇÃO DO CONSUMO DE COPOS DESCARTÁVEIS

**Meta: 10%:** Em 2020, a suspensão das aulas presenciais e atividades administrativas, face à pandemia da Covid-19, não permitiram balizar o consumo, porém em 2021, os servidores do IFPA - Campus Belém receberam canecas em cerâmica para substituir o uso de copos descartáveis. O Plano de Logística Sustentável (PLS) marca a Semana do Meio Ambiente. Além da caneca, todos receberam uma cartilha (<https://drive.google.com/file/d/1wSP4XxoFbqnKt2snyQO6X8TA5e4qAq80/view?usp=sharing>) de bolso com dicas para economizar energia <https://belem.ifpa.edu.br/publicacoes/1105-campus-belem-promove-acao-em-comemoracao-a-semana-do-meio-ambiente>.

#### 4.4. ÍNDICE DE RACIONALIZAÇÃO DE CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA

**Meta: 10%:** O Contrato 003/2021, em 2021, empresa Louzada Engenharia Ltda. Os serviços executados: manutenção preventiva da cabine medição, instalação de chave automática em média tensão para acionamento do banco de capacitores que irá proporcionar economia na ordem de R\$ 2.500,00/mês, manutenção preventiva de todos os transformadores, troca de Quadros Gerais de Baixa Tensão (QGBT's), troca de todos os para-raios da rede interna de distribuição e medição "online" do consumo de energia e da geração solar de todos os prédios que possuem módulos fotovoltaicos.

O Contrato Nº 002/2020, em 2019, entre a Reitoria do IFPA e a MTEC Energia, da instalação de 1.515 módulos fotovoltaicos, monocristalinos, de 445Wp, eficiência de 20,5%, resultando um sistema de 674kWp, a Usina Solar Fotovoltaica iniciou em 17/12/2021. Em Out/2020, professores e alunos do Curso Técnico em Eletrotécnica elaboraram o Projeto de Pesquisa "Estudo de Caso da Implantação da Usina Fotovoltaica do IFPA-Campus Belém. Através de software, o grupo de pesquisa realizou simulação da geração solar, cujo valor foi de 968,71 MWh, comparando-se com o consumo de energia de 2019, resultou em 1.878,11 MWh, uma redução de 51,58%.

#### 4.5. ÍNDICE DE RACIONALIZAÇÃO DE CONSUMO DE ÁGUA

**Meta: 10%:** Contrato 006/2020, o uso regularizado do poço e redução das despesas com água, a reforma da cisterna; limpeza da caixa d'água e do poço; análise da qualidade da água do poço pelo Laboratório Analítico, em 2021. A conformidade com Outorga N° 5452/2021 e redução das despesas com água em R\$ 7.000,00 (taxa) antes R\$ 32.000,00, redução de R\$ 25.000,00/mês, percentual econômico de 78,125%. Figura 4.

**Figura 4** – Manutenção preventiva e corretiva – poço e cisterna – Campus Belém



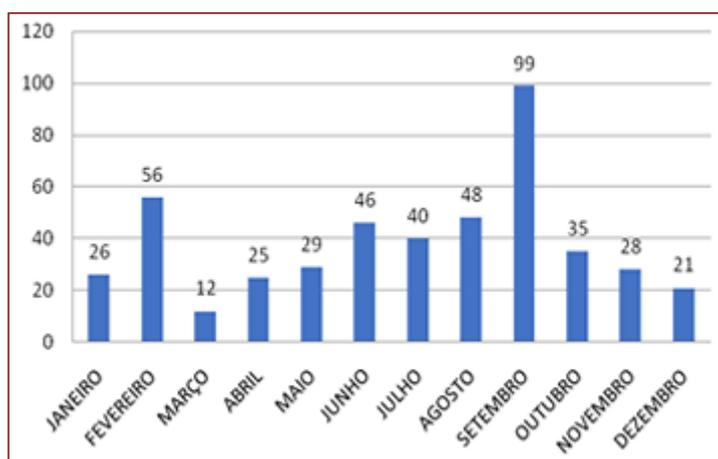
Fonte: NTEO/Campus Belém, 2021.

#### 4.6. ÍNDICE DE RACIONALIZAÇÃO DE CONSUMO DE PAPEL

**Meta: 40%:** O retorno gradativo das aulas e atividades administrativas.

Verifica-se no Quadro 2 um destaque em consumo de papel no mês fevereiro (56 resmas), seguido de setembro (99 resmas).

**Quadro 2** – Índice de racionalização de consumo de papel, Campus Belém, 2021

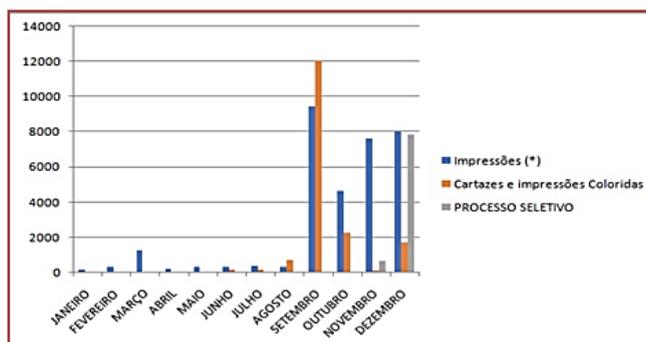


Fonte: Almoxarifado/Campus Belém, 2021.

Na Seção de Reprodução Gráfica (SRG), revela 56% Impressões e Cópias – Diretorias, Coordenações e Seções; 29% Cartazes e impressões, e 17% Processo Seletivo. Ressalta-se

que entre 2021 e 2022 no consumo de papel mais fidedigno, pois 2020, devido a pandemia a SPG não funcionou em 100%. Quadro 3.

### Quadro 3 – Consumo de papel – material gráfico, Campus Belém, 2021



Fonte: SPG/Campus Belém, 2021.

#### 4.7. PERCENTUAL DE GASTOS COM AQUISIÇÕES DE BENS E SERVIÇOS.

**Meta: 50%:** As aquisições de bens e serviços do Campus Belém, com critérios de sustentabilidade em relação ao total, foram pautadas nas exigências no disposto no Decreto N° 7.746, de 05 de junho de 2012 e a Agenda Ambiental da Administração Pública (A3P).

#### 4.8. PERCENTUAL DE RESÍDUOS DESTINADOS À RECICLAGEM E/OU DOADOS.

**Meta: 10%:** A reciclagem e/ou doação de resíduo ainda em conclusão do Desfazimento de Bens Patrimoniais são mais de três mil itens, classificados entre Inservíveis, Recuperáveis, Antieconômico, Recuperável, Campus Belém. A Comissão de Desfazimento (Portaria N° 160/2021-Campus Belém) em parceria com a Secretária Municipal de Saneamento (SMS), retirou-se 165 m<sup>3</sup> de entulho, figura 5.

Figura 5 – Retirada de resíduos sólidos, Campus Belém, 2021



Fonte: DIMAN/Campus Belém, 2021.

A Divisão de Manutenção e Apoio (DIMAN) do Campus desenvolveu trabalho com os colaboradores da terceirizada do Contrato de Conservação e Limpeza do Campus, cuja ação sustentável foi realizar a limpeza do Campus, identificando material para reaproveitamento e reutilização do resíduo, cujo objetivo é minimizar o impacto ambiental causado pelo desperdício de materiais e produtos, figura 6.

**Figura 6** – Produtos com materiais recicláveis, Campus Belém, 2021



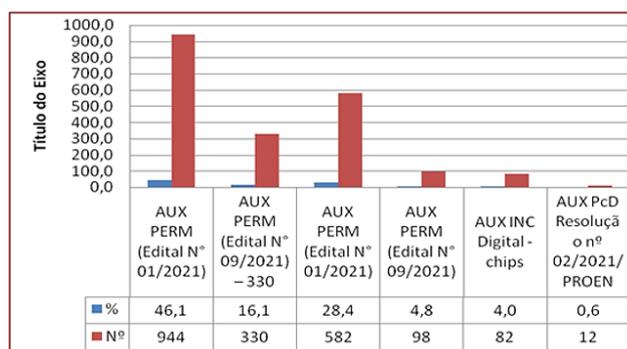
Fonte: DIMAN/Campus Belém, 2021.

#### **4.9. NÚMERO DE AÇÕES DE QUALIDADE DE VIDA NO ÂMBITO DO TRABALHO**

**Meta: 50%:** A Seção de Alimentação Escolar (SAE) Campus Belém/IFPA realizou entrega de kit de gêneros alimentícios no ano de 2021 para os alunos regularmente matriculados. O processo de entrega à alimentação escolar foi disponibilizado nos endereços eletrônicos institucional:

O planejamento e organização no Departamento de Gestão de Pessoas (DGP), desde 2019, que desenvolvem ações de melhoria de fluxo de processos digitais, implementado, que facilita a resposta de cada demanda, minimizando o número de processos parados no Departamento com maior rapidez e controle nos processos que chegam e saem da Diretoria de Desenvolvimento Humano e Social (DHS).

No Plano Anual de Assistência Estudantil (PAAE), em 2021, foram publicados cinco editais de auxílios disponibilizados para os alunos em vulnerabilidade social, 1.954 alunos contemplados. Vale destacar que 98% do auxílio são referentes aos auxílios permanentes, parcela R\$ 155,00. E descentralizado os auxílios Digital e Portadores com Deficiência (PcD). Ao compararmos com o ano de 2020, que foram atendidos 1397 alunos, no ano de 2021, foram atendidos 2.048 alunos um crescimento de 32%. Quadro 4.

**Quadro 4- Auxílio estudantil, Campus Belém, 2021**

Fonte: DHS, 2021.

As ações estão disponíveis em: <https://belem.ifpa.edu.br/publicacoes/1044-projeto-alunos-conectados-resultado-final-abril1> ;<https://belem.ifpa.edu.br/publicacoes/1022-aviso-confira-o-resultado-do-auxilio-pcd>; <https://belem.ifpa.edu.br/publicacoes/932-forum-interno-de-assistencia-estudantil-dia-13-1-as-10-horas>; <https://belem.ifpa.edu.br/publicacoes/1018-edital-institucional-auxilio-permanencia-inscricoes-ate-dia-11-4-no-sigaa>; <https://belem.ifpa.edu.br/publicacoes/1009-dqvas-promove-lives-sobre-editais-de-auxilio-para-alunos-do-ifpa-campus-belem>

A Qualidade de Vida do Servidor (QVS) destaca as ações desenvolvidas, tais como: Cobertura Vacinal contra o vírus da Influenza; ação contra a COVID-19, o Campus Belém foi posto de vacinação oficial do município de Belém; Live sobre o Outubro Rosa e Novembro Azul; Palestra presencial sobre Outubro Rosa, Teste COVID-19 (Antígeno - Swab Nasal). A ação alcançou aproximadamente 2.500 estudantes e 800 servidores em todo o IFPA, disponibilizadas nos endereços eletrônicos.

#### **4.10. PERCENTUAL DE OBRAS E REFORMAS COM CRITÉRIOS DE SUSTENTABILIDADE**

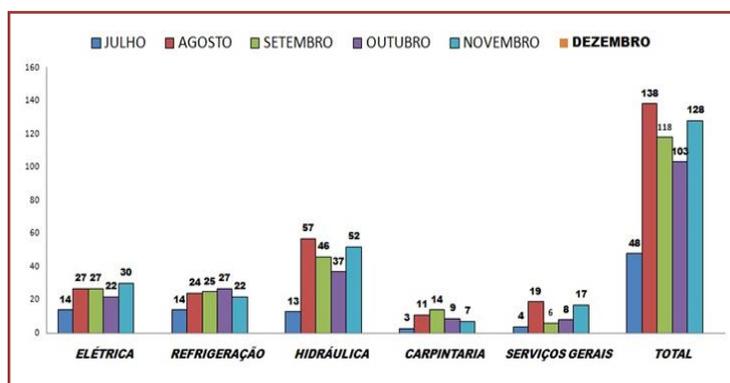
**Meta: 100%:** O Núcleo Técnico de Obra (NTEO), na elaboração dos Projetos Básicos, faz uso de tecnologias sustentáveis, conforme preconiza o Guia Nacional de Contratações Sustentáveis. Em 2021, tivemos manutenção predial preventiva e corretiva, contemplando os Blocos S, T, H, E, U e F, figura 7, Quadro 5.

**Figura 7 – Serviço de manutenção no 1º Piso, Bloco H**



Fonte: NTEO, 2021.

**Quadro 5– Demanda de serviços de manutenção preventiva e corretiva, Campus Belém, 2021**



Fonte: DIMAN/DAP, 2021.

Destaque para os procedimentos as correções na rede de combate a Incêndios do IFPA Campus Belém, levantamento do CBMPA - Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Pará corrigidas 16 situações de segurança, com nova inspeção pré-agendada para 2022. Figura 8.

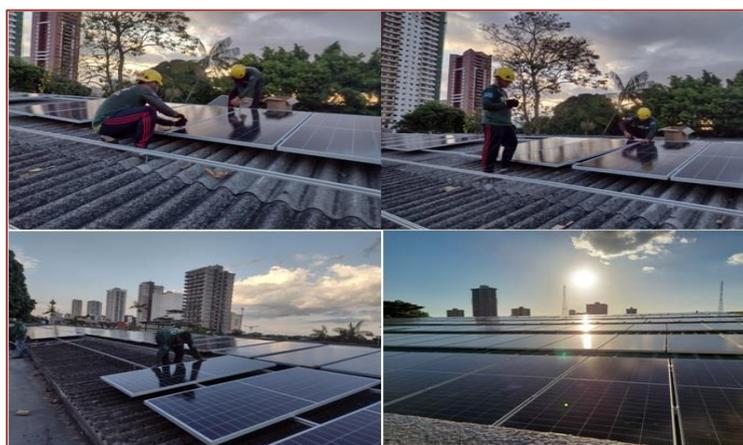
**Figura 8** – Serviço de manutenção – Rede de Combate a incêndio, Campus Belém, 2021



Fonte: NTEO, 2021.

Quanto à instalação das Placas Solares de módulos de Geradores de Energia Solar Fotovoltaicos, através do Contrato N° 002/2020, Ata de Registro de Preços N° 67/2019 do RDC SRP N° 03/2018 (UASG: 158137), objeto do contrato: Elaboração dos projetos básico e executivo e Fornecimento de materiais e equipamentos, construção, montagem e colocação e a operação, realização de testes, a pré-operação e todas as demais operações- módulos de Geradores de Energia Solar Fotovoltaicos. Figura 9.

**Figura 8**– Serviço de Instalação de placas – Energia Solar Fotovoltaicos, Campus Belém, 2021



Fonte: NTEO, 2021.

O valor global estimado deste Contrato foi de R\$ 4.071.337,75 (Quatro Milhões, Setenta e Um Mil, Trezentos e Trinta e Sete Reais e Setenta e Cinco Centavos). Foram contemplados para o projeto: Reitoria e os Campi: Belém, Ananindeua, Castanhal, e o Campus Avançado Vigiam. Ver matéria: <https://belem.ifpa.edu.br/publicacoes/1282-energia-limpa-ifpa-campus-belem-avanca-nas-etapas-de-instalacao-da-usina-fotovoltaica>.

A previsão de economia no orçamento será de aproximadamente R\$ 800.000,00 mil do contexto do IFPA, para atender as 19 unidades. Através dos usos da energia solar, o

campus Belém contribui para reduzir o lançamento de carbono na natureza, logo, o uso da energia solar se constitui uma ação de sustentabilidade. Vale destacar que no Campus Belém foi instalados 2.152 módulos, nos Blocos A, B, C, D, G, M, U e V. Quadro 6.

**Quadro 6 – Serviço de Instalação de Inversores – Energia Solar Fotovoltaicos, Campus Belém, 2021**

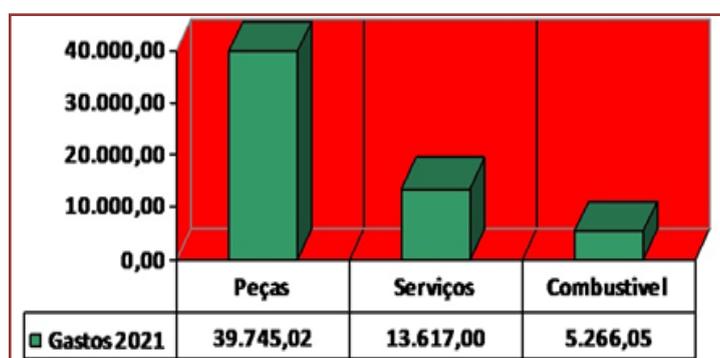
ID	Unidade do IFPA	Tipo de Instalação	Localização	Nº de Módulos	Potência da Usina	Pot. Inversores	Opera desde	Geração Acumulada
BL-01	Campus Belém	Cobertura de edificação	Blocos A e B	374	166,43 kWp	130,00 kW	2021-12	48507 kWh
BL-02	Campus Belém	Cobertura de edificação	Blocos C, D e E	402	178,89 kWp	146,00 kW	2021-12	46751 kWh
BL-03	Campus Belém	Cobertura de edificação	Bloco G	200	89,00 kWp	90,00 kW	2021-12	38012 kWh
BL-04	Campus Belém	Cobertura de edificação	Bloco M	408	181,56 kWp	150,00 kW	2021-12	21500 kWh
BL-05	Campus Belém	Cobertura de edificação	Blocos U e V	120	53,40 kWp	50,00 kW	2021-12	13130 kWh

Fonte: DINF/Reitoria, 2021.

#### 4.11. ÍNDICE DE REDUÇÃO DO CONSUMO DE COMBUSTÍVEL

**Meta: 10%:** A retomada presencial gradativa das ações educacionais e administrativas, em 2021, R\$ 5.266,07, todavia, muitas ações continuaram online. Comparados com o gasto de 202, que foi de R\$ 6.140,46, houve uma redução de aproximadamente 16% que não representa a realidade, pois os micros estágios e visitas técnicas estavam suspensas, assim como o reflexo do contingenciamento de orçamento MEC. Quadro 7.

**Quadro 7 – Preventiva e corretiva de veículo da frota oficial do IFPA, Campus Belém, 2021**



Fonte: DIMAN/DAP, 2021.

#### 4.12. PERCENTUAL DE CONTRATOS DE LIMPEZA E CONSERVAÇÃO COM CRITÉRIOS DE SUSTENTABILIDADE

**Meta: 100%:** O contrato de limpeza e conservação em vigor no Campus é gerenciado pela reitoria, e segue critério de sustentabilidade (Contrato Nº 010/2020; Processo Nº 23051.025803/2019-95 Pregão Eletrônico Nº 04/2020).

#### 4.13. ÍNDICE DE REDUÇÃO DE GASTOS COM SUPRIMENTOS DE IMPRESSÃO

**Meta: 15%:** Sobre índice de racionalização de **consumo do papel**, não é possível realizar o cálculo do indicador, pois 2020 foi um ano atípico, causado pela pandemia da COVID-19. Com a retomada gradual das atividades presenciais, foi orientado aos setores do consumo responsável de suprimentos.

#### 4.14. ÍNDICE DE RACIONALIZAÇÃO DE GASTOS COM TELEFONIA FIXA E MÓVEL

**Meta: 10%:** Em 2021 o Campus continua com telefonia móvel. Há apenas 6 linhas, que atendem as diretorias, mas o orçamento é 100% da reitoria para manter essa despesa.

### 5. METODOLOGIA

#### 5.1. GESTÃO ESG, QSMS-RS & SUSTENTABILIDADE

##### 5.1.1. FUNDAMENTOS DA GESTÃO ESG

Em Campos *et al* (2021, p. 7) “A pauta socioambiental ainda não era considerada tão relevante e o conceito ESG começou a ser aceito apenas a partir de 2019, como reação às políticas do governo brasileiro pouco comprometidas [...]”. Compreende-se o nivelamento às projeções ESG, ao campo institucional aos comprometimentos da sustentabilidade, aos subsídios pela consolidação do crescimento do mercado. Além, “Ações de ESG podem alavancar a movimentação das organizações ...: facilitar o crescimento do faturamento; reduzir custos; minimizar ações regulatórias; aumentar o potencial de produtividade dos funcionários; otimizar investimentos; tornar mais resilientes em eventuais crises. A visão ESG possa alertar as instituições e/ou organizações ao nível de gestão, valorando os rendimentos, pois na fragilidade, é preciso ter mobilidade de resposta imediata por inovações diante de crises.

##### 5.1.2. FUNDAMENTOS DA GESTÃO QSMS-RS

De acordo com ABNT NBR ISO 9001 (2015, p. 04), No **Sistema de Gestão da Qualidade** “foco no cliente; liderança; engajamento das pessoas; abordagem de processo; melhoria; tomada de decisão baseada em evidência; gestão de relacionamento”. Uma gestão aos mapeamentos e fluxos internos, ganhos e resultados. Ao segmento da ABNT NBR ISO 14001 (2004, p. 09), No **Sistema da Gestão Ambiental**, “[...] incorporados em qualquer sistema de gestão ambiental, a extensão da aplicação dependerá de fatores como a política ambiental da organização, a natureza de suas atividades, produtos e serviços, o local e as condições nas quais o sistema funciona”. Desta forma, um sistema estrutural tem coerência pela gestão cautelosa aos resíduos, efluentes, e/ou emissões de qualquer natureza.

De acordo com ABNT NBR ISO 45001 (2015, P. 06). "Gestão de Saúde e Segurança Ocupacional - SSO é fornecer uma estrutura para gerenciar os riscos e oportunidades de SSO. Os objetivos e os resultados pretendidos do sistema de gestão de SSO são prevenir lesões e problemas de saúde relacionados ao trabalho para os trabalhadores e proporcionar locais de trabalho seguros e saudáveis [...]. Enquanto que a ABNT NBR ISO 26000 (2010), Ao **Sistema da Responsabilidade Social**, 'Responsabilidade de uma organização pelos impactos de suas decisões e atividades na sociedade e no meio ambiente, por meio de um comportamento ético e transparente que contribua para o desenvolvimento sustentável, [...]'".

De acordo com Macedo (2021, p. 12), "a integração dos sistemas de Gestão da Qualidade, Gestão Ambiental, Gestão de Segurança e Saúde ocupacional possibilita uma administração mais coesa, com aglutinação de procedimentos, práticas e processos". A coerência aos indicadores necessita de mobilidade setorial em relação às operações, comunicando-se nas metas pelas oportunidades de melhorias aos processos e procedimentos internos, qualificando os agentes na vivência tornando o sistema comunicável.

### **5.1.3. FUNDAMENTO DA GESTÃO DE SUSTENTABILIDADE**

#### **5.1.3.1. PREMISSAS DE SUSTENTABILIDADE**

No Ecycle (2022, P01). "A **sustentabilidade** abrange principalmente questões relacionadas à degradação ambiental e à poluição, o foco do desenvolvimento sustentável é voltado para o planejamento participativo e para a criação de uma nova organização [...]". A visão sustentável precisa compreender sustentabilidade e comportamento organizacional nas premissas que contribuem em posicionar as diretrizes política, procedimentais, objetivos e metas.

#### **5.1.3.2. ESTRATÉGIAS DE SUSTENTABILIDADE**

A experiência de Queiroga (2019) "As alterações climáticas estão a afetar gravemente o planeta e a criar novos riscos para os negócios". Um mapa estratégico, ao refletir sobre as relações socioambientais e compromissos com impactos prováveis ao planeta, podem ser reversíveis pelas seguintes estratégias: 1 – mentalidade "um único Planeta"; 2 – impulsionar uma cadeia de abastecimento sustentável; 3 – Transparência; 4 – parcerias inovadoras; 5 – impulsionar uma cadeia de abastecimento sustentável.

#### **5.1.3.3. DESAFIOS DA SUSTENTABILIDADE INSTITUCIONAL E GOVERNANÇA**

Em Totvs (2022, p. 07), os desafios da sustentabilidade empresarial envolvem a mudança cultural e as vertentes dos negócios, tais como: Investimento inicial; Gerir a transição cultural; Gerir os programas de sustentabilidade; Encontrar especialistas na área: [...].

## 5.2. METODOLOGIA BOW TIE

### 5.2.1. DEFINIÇÕES BOW TIE

Em QSP (2022, p. 01) “A análise *Bow Tie* é uma representação gráfica de caminhos das causas de um evento até suas consequências. Mostra os controles que modificam a possibilidade de um evento e aqueles que modificam as consequências se o evento ocorrer”. Logo, o desempenho institucional por mais estabelecidos que seja num determinado controle interno, o comprometimento das ações indesejadas sob consequências danosas, serão possíveis de reavaliações técnicas e correlatas soluções da gestão.

### 5.2.2. PROGRAMA BOW TIE E ANÁLISE DE RISCOS E CONTROLES DOS INDICADORES INSTITUCIONAL

Aos fundamentos da ABNT NBR ISO 31000 (2009, p. 12), cabe aos itens o embasamento e das definições, nos quais fortalecem em sustentabilidade e andamento à análise *Bow Tie*. Assim como, ABNT ISO GUIA 73 (2009).

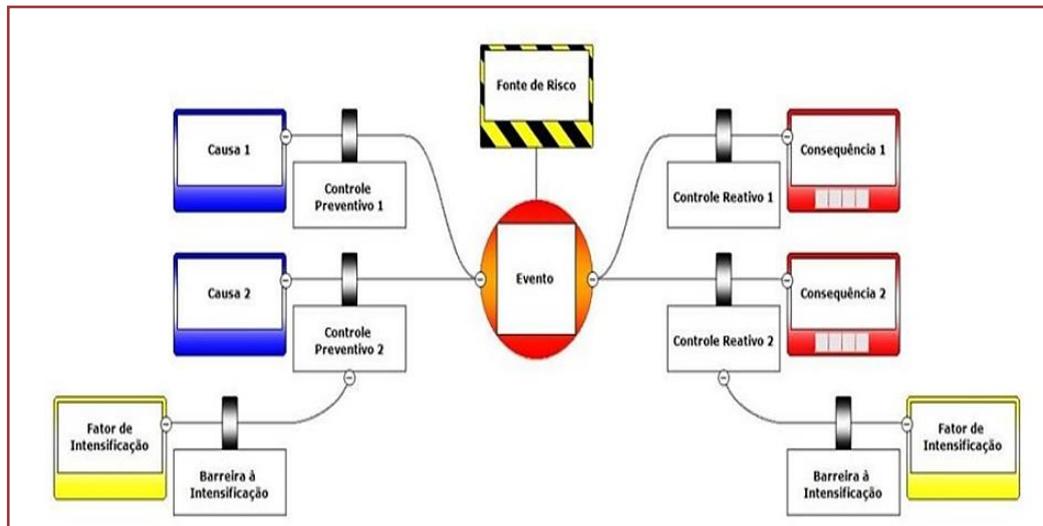
A análise *Bow Tie*, é assim desenhada da seguinte maneira e como ilustrada na figura 10.

- Um determinado risco é identificado para análise e é representado como o nó central do laço; As causas do evento são listadas tendo em consideração a fonte do risco/perigo; É identificado o mecanismo pelo qual a fonte do risco conduz ao evento crítico;
- São desenhadas linhas entre cada causa e o evento formando o lado esquerdo do laço. Os fatores capazes de conduzir a uma intensificação podem ser identificados (fatores de intensificação) e incluídos no programa.
- As barreiras que podem prevenir cada causa de conduzir as consequências indesejáveis podem ser representadas como barras verticais cruzando a linha (Controle Preventivo). Também podem ser representadas barreiras contra a incrementação (barreira à intensificação) quando existirem fatores que a possam causar (Fator de Intensificação).
- No lado direito, as diferentes consequências potenciais do risco são identificadas e são desenhadas com linhas, irradiando o evento de risco para cada consequência potencial;
- As barreiras para as consequências são representadas como barras cruzando as linhas radiais. A abordagem pode ser utilizada para consequências em que as barras refletem controles preventivos que suportam a geração de consequências. Sendo assim importante na análise *Bow Tie*, existir uma clara causa e efeito entre os seguintes elementos (Robin Pitbladoa, 2006);
- O risco deve levar, logicamente, ao evento principal; Ameaças (que podem ter várias causas separadas) devem

levar ao evento principal;

- O evento principal deve levar, logicamente, a um ou a um conjunto de consequências. (Brasileiro, 2020, p. 30); Fatores de intensificação das barreiras devem levar logicamente à falha na barreira do caminho principal.

**Figura 10** - Estrutura de Análise *Bow Tie*, baseado em (de Ruijter e Guldenmund 2015)



Fonte: Brasileiro, p. 31, 2020.

#### 5.2.2.1. EVENTO:

Em ABNT ISO GUIA 73:2009, definição 3.5.1.3. “Ocorrência ou mudança em um conjunto específico de circunstâncias”.

#### 5.2.2.2. FONTE DE RISCO:

Em ABNT ISO GUIA 73:2009, definição 3.5.1.2. “Elemento que, individualmente ou combinado, tem o potencial intrínseco para dar origem ao risco.”

#### 5.2.2.3. CAUSAS:

De acordo com Moraes (2016, p. 155). “[...] Difícil o problema que possa ser resolvido com identificação de apenas uma causa”. Entretanto, a instituição se subsidia de indicadores diversos, que contribuem para a dimensão do cenário mapeado, consistente no problema, na sustentabilidade dos valores da gestão e sistema.

#### 5.2.2.4. CONSEQUÊNCIAS:

Aos quesitos da ABNT NBR ISO/IEC 31010:2012 (2012, p. 9) “A análise da consequência determina a natureza e o tipo de impacto que pode ocorrer assumindo que uma particular situação, evento ou circunstância ocorreu”. No caso do IFPA-Belém, através das disponibilidades dos indicadores, verificou-se no mapeamento das vulnerabilidades que propiciam o risco e pelas consequências, aos segmentos dos controles na dominância dos indicadores, que consolide uma gestão, numa perspectiva de domínio do gerenciamento sustentável.

#### 5.2.2.5. CONTROLES PREVENTIVOS E REATIVOS:

Aos quesitos da ABNT NBR ISO/IEC 27001:2006 (2006, p. 21) “As ações preventivas tomadas devem ser apropriadas aos impactos dos potenciais problemas”. O procedimento documentado para a ação preventiva deve definir requisitos para: a) Identificar não-conformidades potenciais e suas causas; b) Avaliar a necessidade de ações para evitar a ocorrência de não-conformidade; c) Determinar e implementar as ações executadas; e d) Analisar criticamente as ações preventivas executadas.

Aos quesitos da ABNT NBR ISO/IEC 31010:2012 (2012, p. 23). “O nível de eficácia para um controle particular, ou conjunto de controles relacionados, pode ser expresso qualitativa, semi-quantitativa, ou qualitativamente.”. No sistema de gestão do IFPA-Belém, identificou-se a cobertura de controles pontuais, viabilizando segurança técnica capaz da preparação aos controles reativos frente aos objetivos da sustentabilidade em projeção.

#### 5.2.2.6. BARREIRAS E FATORES DE INTENSIFICAÇÃO:

De acordo com Freitas (2021, p. 14) “Um dos principais retornos do diagrama *Bow Tie* é a identificação das barreiras preventivas ou mitigadoras e seus fatores de degradação.”. Fato! Pois uma gestão, ao experimentar a *Bow Tie*, identifica barreiras, e se alertar por ações de reversão aos valores comportamentais em sobrepor aos fatores de intensificação, administrando fragilidades.

**Barreiras Preventivas:** ..., e devem ser capazes de impedir que a ameaça ocorra ou impedir que a ameaça resulte no evento topo.

**Barreiras Mitigadoras:** ..., devem ser capazes de impedir que uma vez que o evento topo ocorra, leve às consequências ou devem mitigar os impactos [...]. Todas as barreiras associadas diretamente às ameaças ou consequências são chamadas de “barreiras do caminho principal”.

**Fatores de Degradação:** são aqueles que causam comprometimento e podem estar ligados a qualquer barreira.

**Controle de Degradação:** contribuem para manter a eficácia da barreira, impedindo a degradação da mesma. (Freitas, 2021, p. 14).

### 5.3. RISCOS E CONTROLES AOS INDICADORES INSTITUCIONAIS NAS TOMADAS DE DECISÕES

Na ABNT ISO 73:2009, 10 “Gestão de riscos: coordenada para dirigir e controlar uma organização no que se refere a riscos. Plano de gestão de riscos: [... estrutura de gestão de riscos, que especifica a abordagem, os componentes de gestão e os recursos a serem aplicados [...]. Elevando a Instituição aos alertas nas políticas, missão e valores ao alinhamento dos processos existentes].”

Para Ribeiro (2009, p. 49). “O estudo dos riscos tem um caráter multidisciplinar, onde se estudam as relações do homem com o meio ambiente, na tentativa de melhor definir algumas classes de risco e propor medidas de segurança”. Uma instituição em alerta à integração de gestão, na tratativa de preparação de profissionais de operações dos valores das diretrizes e políticas, sendo capaz de posicionar uma variante de risco ao indicador vulnerável deve ser capaz de estabelecer critérios para tomadas de decisões seguras.

### 5.4. ESTUDOS DOS RISCOS – IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS E ASPECTOS

#### 5.4.1. TREINAMENTO DE SISTEMAS DE GESTÃO DE RISCOS

As particularidades da gestão de riscos são complexas nas atenções a percepções diante das análises dos processos, independente das fases, e para isso, há importância em compreender e como se deve comportar na sensibilização e responsabilidade pelas vulnerabilidades. Diante desse contexto, a parceria Bioquality Serviços Ltda foi estratégico ao promover a capacitação técnica no gerenciamento de risco, pois segundo Moraes (2016), a interação deste treinamento de Sistemas de Gestão de Riscos aos fundamentos da Norma Regulamentadora NBR ISO 31000/2009, é fundamento na governança dos riscos.

#### 5.4.2. IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS E ASPECTOS:

##### 5.4.2.1. ESTUDO DA PROBABILIDADE E FREQUÊNCIA

Na condução na **Identificação de Perigos e Aspectos**, a **Probabilidade** de ocorrência ao cenário investigado se permite compreender os indicadores envolvidos na gestão do IFPA-Campus Belém, devendo a esta categoria um alerta às possibilidades das vulnerabilidades, onde os indicadores entre eles despertam atenções em demanda de 6(seis) itens, mencionados ao item 8 (8.6; 8.8; 8.10; 8.12 e 8.13), cuja vertente no foco a **geração residual**, seja direta ou indiretamente influencia a rotina da instituição. Desta maneira, o cenário setorial passa por favorecer um cotidiano continuado, havendo uma **Frequência** ligada às perspectivas crescentes de presença residual em **Categoria Provável**, conduzindo esta possibilidade em variância, havendo períodos maiores de realizações de operações. Sobretudo, a constância desta variância, posiciona um evento onde as instalações da instituição se permitam exposição em projeções, onde os riscos e as vulnerabilidades possam se comunicar nas áreas de influência direta e indireta. Assim, o avanço da referida categoria deve atingir a **proporção menor que 1 em 10<sup>2</sup> anos e/ou maior igual a 1 em 10<sup>4</sup> anos**, ou seja, haverá sempre expectativa, pois os indicadores analisados convergem à geração residual, assim como necessidade de controles na rotina institucional, e mediante operações de melhoria ao ambiente, assim se tem a certeza da geração residual, necessitando por governança, em neutralização de impactos ambientais negativos ao solo e corpos hídricos presentes ao segmento. Quadro 8.

**Quadro 8 - Identificação de perigos e aspectos: Probabilidade e Frequência**

IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS E ASPECTOS		
ANÁLISE DO PROCESSO DE IMPLEMENTAÇÃO E DISSEMINAÇÃO DE PRÁTICAS SUSTENTÁVEIS NO IFPA-CAMPUS BELÉM		
1. PROBABILIDADE E FREQUÊNCIA		
OBJETO: Gerenciamento de Resíduos Sólidos		
CATEGORIA	FREQUÊNCIA	DESCRIÇÃO
Extremamente Remota	menor 1 e 10 <sup>5</sup> anos	Conceitualmente possível, mas extremamente improvável de ocorrer durante a vida útil da instalação. Não há referências históricas de que tenha ocorrido.
Remota	menor 1 em 10 <sup>4</sup> anos	Não esperado ocorrer durante a vida útil da instalação.
	maior igual 1 em 10 <sup>5</sup> anos	
Improvável	menor 1 em 10 <sup>2</sup> anos	Possível de ocorrer algumas vezes durante a vida útil da instalação
	maior igual 1 em 10 <sup>4</sup> anos	
Provável	menor 1 por ano ano	Esperado ocorrer algumas vezes durante a vida útil da instalação.
	maior igual 1 em 10 <sup>2</sup> anos	
Frequente	maior igual 1 por ano	Esperado ocorrer muitas vezes durante a vida útil da instalação.

Fonte: Moraes, Geovanni. Sistema de Gestão de Riscos. ISO 31000/2009. Bioquality, 2022

**5.4.2.2. ESTUDO DA SEVERIDADE**

Na condução na **Identificação de Perigos e Aspectos**, o enquadramento da **Severidade**, onde há características dos indicadores na vulnerabilidade como **geração residual** possa situar na **Categoria Desprezível**, uma vez nas análises setoriais tratam dos resíduos recicláveis, assim, não há influência de contaminação ao ambiente temporário, logo o fator **Segurança Pessoal**, seja interno ou terceiros. E em caso de cuidados por exposição, submeter por primeiros socorros. Por outro lado, demandas residuais sejam destinadas de forma inadequada à exposição externa torna vulnerável e influencia na política institucional, a disposição inadequada afeta o campo externo (solo, recurso hídrico), e consequências a relação pluvial com a probabilidade de lixiviação de solo ao prolongamento circunvizinho do IFPA-Campus Belém com impactos ambientais negativos. Cabe à instituição, a eliminação total de danos ao meio ambiente, considerando a gestão residual sob administração interna ao longo do funcionamento. Quadro 9.

**Quadro 9 - Identificação de perigos e aspectos: Severidade**

CONDUÇÃO NA IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS E ASPECTOS			
ANÁLISE DO PROCESSO DE IMPLEMENTAÇÃO E DISSEMINAÇÃO DE PRÁTICAS SUSTENTÁVEIS NO IFPA-CAMPUS BELÉM			
2. SEVERIDADE			
OBJETO: Gerenciamento de Resíduos Sólidos			
CATEGORIA	DESCRIÇÃO / CARACTERÍSTICAS		
	SEGURANÇA PESSOAL	SEGURANÇA DAS INSTALAÇÕES	MEIO AMBIENTE
<b>I</b>	<b>Desprezível</b>	Não ocorrem lesões / mortes de funcionários e/ou terceiros (não funcionários) e/ou de pessoas extra-muros (indústrias e comunidade), o máximo que pode ocorrer são casos de primeiros socorros ou tratamento médico menor.	Sem danos ou danos insignificantes aos equipamentos ou instalações.
			Sem danos ao meio ambiente.
<b>II</b>	<b>Marginal</b>	Lesões leves em funcionários e terceiros.	Danos leves aos equipamentos ou instalações (os danos são controláveis e/ou de baixo custo de reparo)
		Lesões leves em pessoas extra-muros.	Danos ao meio ambiente devido a emissões direta de até 8 m <sup>3</sup> de óleo com corpos d'água.
<b>III</b>	<b>Crítica</b>	Lesões de gravidade moderada em funcionários, terceiros e/ou em pessoas extra-muros (probabilidade remota de morte de funcionários e/ou de terceiros)	Danos severos a equipamentos ou instalações.
		Danos irreparáveis a equipamentos ou instalações (reparação lenta ou impossível)	Danos ao meio ambiente devido a emissões diretas maiores que 200 m <sup>3</sup> de óleo em corpos d'água.
<b>IV</b>	<b>Catastrófica</b>	Provoca morte ou lesões graves em uma ou mais pessoas (em funcionários, terceiros e/ou em pessoas extra-muros)	

Fonte: Moraes, Geovanni. Sistema de Gestão de Riscos. ISO 31000/2009. Bioquality, 2022.

### 5.4.2.3. ESTUDO DOS GRAUS DE IMPORTÂNCIA SEVERIDADE E FREQUÊNCIA

A relação **Severidade X Frequência** permite compreender o **Grau de Importância** do tipo de ocorrência, as influências nas áreas de diretas e indiretas do IFPA-Campus Belém, embora se tenha uma severidade desprezível, possível na relevância de controles internos absolutos, administrando a frequência ao ano, porém, possa atingir a **Frequência D**, se comunicando aos critérios da Severidade **Categoria I – Desprezível** como partida de aspectos e impactos negativos. Portanto, a Categoria de Risco na projeção do Cenário impactado na relação **Severidade X Frequência** permite uma unificação ao **Não Crítico (NC)**, sabendo que o fator não elimina o risco, e sim posiciona, as formas de controle devem e necessitam de aplicações aos setores vulneráveis do IFPA nas tomadas de decisões, assim, eliminando impactos negativos e improváveis ao meio ambiente. Logo, os riscos podem ser toleráveis, sendo os controles internos eficientes e eficazes, onde planos de ações pontuais e projeções de neutralizações de indecisões humanas possam subsidiar um ambiente seguro, assim, administrando os riscos pertinentes às operações cotidianas, Quadro 10.

**Quadro 10** – Identificação de perigos e aspectos: importância (Severidade x Frequência)

IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS E ASPECTOS												
ANÁLISE DO PROCESSO DE IMPLEMENTAÇÃO E DISSEMINAÇÃO DE PRÁTICAS SUSTENTÁVEIS NO IFPA-CAMPUS BELÉM												
OBJETO: Gerenciamento de Resíduos Sólidos												
3. IMPORTÂNCIA (SEVERIDADE X FREQUÊNCIA)												
SEVERIDADE	FREQUÊNCIA					SEVERIDADE		FREQUÊNCIA				
	A	B	C	D	E	I	II	A	B	C	D	
	IV	M	M	C	C	C	II	Marginal	B	Extremamente Remota		
	III	NC*	M	M	C	C	III	Crítica	C	Improvável		
	III	NC*	NC	M	M	M	IV	Catastrófica	D	Provável		
I	NC*	NC	NC	NC	M			E	Frequente			

Fonte: Moraes, Geovanni. Sistema de Gestão de Riscos. ISO 31000/2009/10.

CATEGORIA DE RISCO		DESCRIÇÃO
NC	Não Crítico	O risco é considerado tolerável Não há necessidade de medidas adicionais.
M	Moderado	O risco é considerado tolerável quando mantido sob Controles adicionais devem ser avaliados e implementados aplicando-se análise de custo/benefício para avaliar as alternativas disponíveis de forma a se obter uma redução adicional dos riscos.
C	Crítico	O risco é considerado não tolerável com os controles existentes Métodos alternativos devem ser considerados para reduzir a frequência de ocorrência e/ou as consequências a níveis tão baixos quanto factíveis.

Fonte: Moraes, Geovanni. Sistema de Gestão de Riscos. ISO 31000/2009. Bioquality, 2022.

### 5.4.2.4. AVALIAÇÃO DOS RISCOS AOS INDICADORES IFPA-CAMPOS BELÉM

As premissas decorrentes de melhorias continuadas na infraestrutura do IFPA-Campus Belém, condicionado aos efeitos negativos a geração de resíduos sólidos em função da mobilidade infraestrutural nas operações internas, devem, por ações de monitoramento, com controles técnicos na situação inicial e/ou de melhoria tornem primordiais na gestão dos resíduos sólidos em exposição, sendo as fragilidades dos processos necessitam de cobertura no antes, durante e após as operações que envolvam mão de obra, máquinas e equipamentos na administração dos materiais frente aos serviços.

O cenário investigado ao Gerenciamento de Resíduos Sólidos pertinente a gestão pela operação dos objetivos e metas, logo as análises se submetem aos indicadores mapeados e convergentes pelos índices obrigatórios e recomendadas de regularidade operacional. Quadro 11.

O Quadro 11 avalia os riscos aos momentos dos indicadores na gestão e a disponibilidade de técnicas na cobertura socioambiental na instituição.

**Quadro 11** – Identificação de perigos e aspectos: Avaliando os Riscos

IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS E ASPECTOS											
ANÁLISE DO PROCESSO DE IMPLEMENTAÇÃO E DISSANÁLISE DO PROCESSO DE IMPLEMENTAÇÃO E DISSEMINAÇÃO DE PRÁTICAS SUSTENTÁVEIS NO IFPA-CAMPUS BELÉM											
4. AVALIANDO RISCOS											
OBJETO: Gerenciamento de Resíduos Sólidos											
FASES DO EMPREENDIMENTO	TÉCNICAS UTILIZADAS										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
EVTE	R		O	R							
Projeto Conceitual	R		O	R							
Projeto Básico/Bases projeto/IBE			O		O	R	R	R	O	R	
Projeto de Detalhamento			O		O	R	R	R	O	R	
Construção e Montagem		R	O	R							
Comissionamento		R	O								
Operação		R	O	R	O	R	R	R	O	R	O
Ampliação/Modificação		R	O	R	O	R	R	R	O	R	
Descomissionamento	R	R	O								
Fonte: Moraes, Geovanni. Sistema de Gestão de Riscos. ISO 31000/2009/10.											
LEGENDA (DESCRIÇÃO/TÉCNICA)						ONDE:					
1. Análise Histórica						O = Técnica Obrigatória.					
2. Lista de Verificação (Check List)						R = Técnica Recomendada.					
3. APR (Análise Preliminar de Riscos)											
4. E se? (What if?)											
5. HAZOP (Estudos de Perigos e Operacionalização)											
6. FMEA/FMECA (Análise de Modos e Efeitos de Falhas)											
7. Análise por Árvore de Falhas.											
8. Análise por Árvore de Eventos.											
9. Análise de Consequências.											
10. Avaliação Quantitativa de Riscos.											
11. Levantamento de Aspectos e Impactos.											

**Fonte:** Moraes, Geovanni. Sistema de Gestão de Riscos. ISO 31000/2009. Bioquality, 2022.

## 5.5. MATURIDADE E GOVERNANÇA NAS TOMADAS DE DECISÕES À GESTÃO INSTITUCIONAL

### 5.5.1. ANÁLISE DA MATURIDADE

De acordo com Moraes (2016, p. 37) “O investimento para alcançar níveis mais elevados de maturidade somente serão aceitos pela alta administração se os mesmos estiverem convencidos que os benefícios a serem alcançados excedem os investimentos (custos)”. Para o IFPA - Belém, a sustentabilidade do comportamento pela *Análise da Maturidade*, através da metodologia *Bow Tie*, fortalece a gestão, desafiando a políticas e diretrizes, e a governança institucional posiciona ganhos nas fronteiras dos investimentos por estabilizar as decisões e no concreto da holística ao ramo do negócio.

De acordo com Alencar (2018, p. 145) “Então um conjunto de controles ou de processos pode ser definidos e analisados o seu grau de aplicação ou aderência para chegar ao nível de maturidade”. Nesta proporção, a instituição estudada possa, através de processos e operações, a estabelecer os controles, se fortalece de requisitos normatizados a fim da maturidade justificar a gestão a ser adotada.

#### 5.5.1.1. NÍVEIS DA MATURIDADE

Para Macieira *et al.* (2010, p. 35-36) “... cinco níveis de maturidade para cada componente, de modo que uma organização possa se localizar e ter um entendimento uniforme do que significa estar mais bem preparada para explorar uma determinada oportunidade”. No IFPA-Campus Belém, há análise complementar na metodologia *Bow Tie*, que subsidia em direção das particularidades dos resultados que se circundam nas oportunidades das neutralizações das vulnerabilidades, sendo modelagem complementar de sustentabilidade à direção.

A **Análise de Maturidade** permite que a instituição, no caso, o IFPA-Campus Belém se prepare melhor no ambiente de investigação frente aos indicadores, tendenciando por um gerenciamento, abraçando os controles e monitoramentos setoriais em busca de oportunidade de melhoria a Gestão de Resíduos Sólidos. Quadro 12.

**Quadro 12 - Análise de Maturidade**

ANÁLISE DE MATURIDADE					
ANÁLISE DO PROCESSO DE IMPLEMENTAÇÃO E DISSANÁLISE DO PROCESSO DE IMPLEMENTAÇÃO E DISSEMINAÇÃO DE PRÁTICAS SUSTENTÁVEIS NO IFPA-CAMPUS BELÉM					
OBJETO: Gerenciamento de Resíduos Sólidos					
Nível	Identificação de oportunidade	Avaliação de oportunidade	Exploração de oportunidade	Monitoração de oportunidade	Comunicação de oportunidade
5	A organização define políticas e diretrizes (remuneração variável, pe.) incentivando a busca de oportunidades. Os recursos financeiros aportados são significativos.	A organização investe em tecnologia para aumentar a complexidade e precisão da avaliação de oportunidade.	A organização define políticas e diretrizes (remuneração variável pe.) incentivando a exploração de oportunidades. Os recursos financeiros aportados são significativos.	A organização investe em tecnologia para aumentar a complexidade e precisão da monitoração de oportunidades.	A organização investe em tecnologia para aumentar a complexidade e precisão da comunicação de oportunidade.
4	A organização aporta recursos financeiros relevantes em capacitações, ações motivacionais, ferramentas, pesquisas, etc. para viabilizar a identificação da oportunidade.	Existência de rotinas complexas, diretrizes quantitativas e competências avançadas para avaliação do retorno de uma oportunidade para a organização.	A organização aporta recursos financeiros relevantes em capacitações, ações motivacionais, ferramentas, pesquisas, etc. para viabilizar a exploração de oportunidade.	Existência de rotinas complexas, diretrizes quantitativas e competências avançadas para monitoração do retorno das oportunidades para a organização.	A organização tem uma comunicação intensa entre as áreas identificando rapidamente sinergias.
3	A estratégia determina claramente a oportunidade a ser perseguida e os principais envolvidos. Contudo, os recursos são limitados e o apoio estratégico é restrito.	Existência de procedimentos formais e métodos robustos para avaliação da oportunidade. A avaliação de oportunidade é minimamente uniforme na organização.	A estratégia determina claramente a oportunidade a ser explorada e os principais envolvidos. Contudo, os recursos são limitados e o apoio estratégico é restrito.	Existência de procedimentos formais e métodos robustos para monitoração da oportunidade. A avaliação de oportunidade é minimamente uniforme na organização.	A organização possui uma comunicação contínua entre as áreas em relação a gestão de oportunidades.
2	Existência de rotinas simples, diretrizes qualitativas e competências básicas. Contudo a identificação de oportunidade está isolada em silos funcionais.	Existência de rotinas simples, diretrizes qualitativas e competências básicas. Contudo a avaliação de oportunidade está isolada em silos funcionais.	Existência de rotinas simples, diretrizes qualitativas e competências básicas. Contudo a exploração de oportunidade está isolada em silos funcionais.	Existência de rotinas simples, diretrizes qualitativas e competências básicas. Contudo a monitoração de oportunidade está isolada em silos funcionais.	Existência de rotinas simples, diretrizes qualitativas e competências básicas. Contudo a comunicação de oportunidade está isolada em silos funcionais.
1	A identificação de oportunidade é fortemente dependente do interesse dos envolvidos.	A avaliação de oportunidade é fortemente dependente do interesse dos envolvidos.	A exploração de oportunidade é fortemente dependente do interesse dos envolvidos.	A monitoração de oportunidade é feita de forma intuitiva e dependente dos interesses próprios dos envolvidos.	A comunicação de oportunidades é feita de forma intuitiva e dependente dos interesses próprios dos envolvidos.

Identificação da Maturidade      Avaliação de Oportunidade      Exploração de Oportunidade      Monitoração de Oportunidade      Comunicação de Oportunidade

Fonte: Macieira *et al.* Gestão de Riscos Positivos, 2010.

A **Análise da Maturidade** é um campo de oportunidades, tornando o indicador convergente da vulnerabilidade, tendo no plano de Gestão do PLS IFPA-Campus Belém o cumprimento de meta estabelecida pela implantação da Gestão de Resíduos Sólidos até dezembro de 2023.

#### 5.5.1.1.1. MATRIZ SWOT

A maturidade propõe oportunidades de melhorias a serem demonstradas pela Matriz SWOT, justificável em conduzir às tomadas das decisões, em que as estratégias permitem atuação ao plano e metas aos Indicadores de Sustentabilidade sobressaindo ao ganho dos resultados. Quadros 13 e 14.

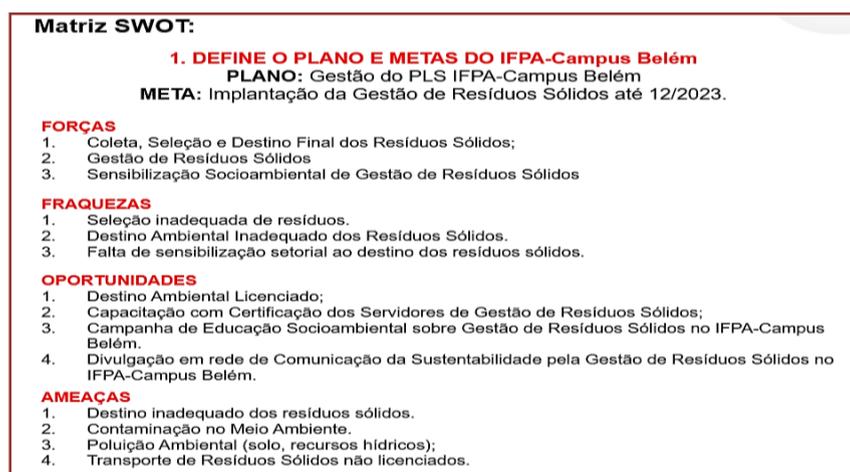
A análise SWOT pode ser uma ferramenta estratégica que tem o papel de auxiliar na identificação e análise dos ambientes interno e externo, proporcionando o aprendizado organizacional e a melhoria contínua. Criado por Kenneth Andrews e Roland Cristensen, professores de Harvard Business School, e posteriormente aplicadas por inúmeros acadêmicos, a análise SWOT estuda a competitividade de uma organização segundo quatro variáveis: Strengths (Forças), Weaknesses (Fraquezas), Opportunities (Oportunidades) e Threats (Ameaças). (<https://resultadosdigitais.com.br>, 2022).

**Quadro 13 – Matriz SWOT – resíduos gerados no IFPA-Campus Belém em 2021**



Fonte: Treinamento Bioquality, 2022.

**Quadro 14 – Matriz SWOT – forças, fraquezas, oportunidades e ameaças do IFPA-Campus Belém em 2021**



Fonte: Treinamento Bioquality Serviços Ltda, 2022.

#### 5.5.1.1.2. COMPONENTES DA MATURIDADE

- Identificação de Oportunidades:** A ineficácia da **Gestão dos Resíduos Sólidos** seja culminante a posicionar com **Maturidade**, analisando os riscos, tornando-o positivo nas oportunidades ao fortalecimento, aos valores dos negócios nas operações, proporcionando governança na gestão IFPA-Campus Belém.
- Avaliação da Oportunidade:** A eficácia nos indicadores quantitativos e qualitativos na Gestão de Resíduos Sólidos do IFPA-Campus Belém deva ao compromisso por capacitação continuada dos servidores dos setores de demanda da geração de resíduos à habilidade crítica na identificação, classificação e destino final na premissa do 5Rs Repensar-Reciclar-Reutilizar-Recusar-Reduzir, na visão da sustentabilidade conduzindo a maturidade nos processos legais e normatizados internos e externos.

- c) **Exploração de Oportunidade:** A qualidade dos processos do IFPA-Campus Belém por recursos em preparar o serviço, desenvolvendo habilidades e aprimoramentos dos registros técnicos em realizar as operações de rotinas, e a sustentabilidade dos negócios na maturidade na Gestão de Resíduos Sólidos.
- d) **Monitoração de Oportunidades:** Os indicadores de sustentabilidade devam por medições periódicas setoriais, em que as competências vinculam aos quantitativos de demanda da maturidade nas metas estabelecidas de Gestão de Resíduos Sólidos, subsidiando das investigações dos riscos aplicadas.
- e) **Comunicação de Oportunidades:** A maturidade da Gestão de Resíduos Sólidos consolidada nas oportunidades de interação dos setores diante das vulnerabilidades, eliminando as fragilidades nas operações cotidianas e administrando as atuações dos fornecedores e prestadores de serviços, fortalecendo os valores e política IFPA-Campus Belém.

### **5.5.2. GOVERNANÇA NAS TOMADAS DE DECISÕES INSTITUCIONAL**

Para Ribeiro (2009, P. 103) “A Gestão Integrada de Riscos é uma necessidade básica de qualquer organização e um diferencial de mercado, e é essencial para a continuidade do negócio, bem como se inseri no contexto dos princípios e práticas de Governança Corporativa e desenvolvimento sustentável”. Sobretudo, torna-se justificável a adoção dos controles e monitoramentos internos, fornecedores e no entorno, integrando critérios de conformidade diante das vulnerabilidades e fragilidades. Desta forma, novas frentes financeiras pleiteadas pela gestão do PLS e ações de melhorias continuadas do IFPA-Campus Belém se torne fortalecida em governança institucional. Quadro 15.

### **5.6. APLICAÇÃO DA METODOLOGIA *BOW TIE* NO IFPA-CAMPUS BELÉM**

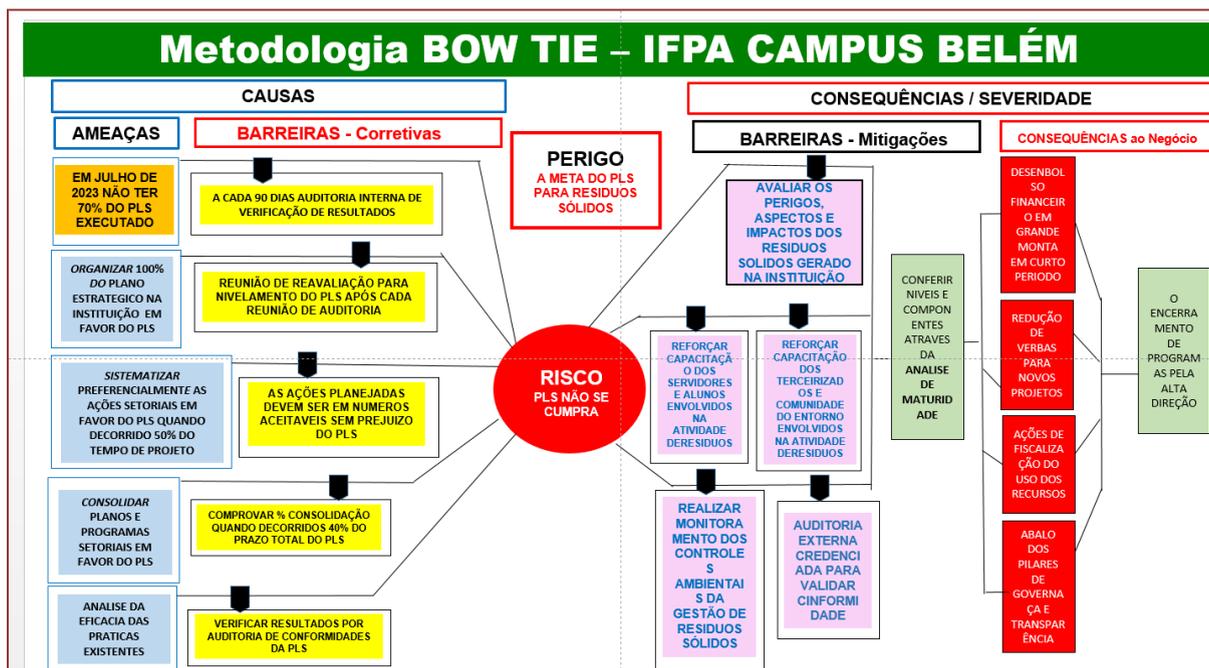
Considerando os levantamentos aos Indicadores de Sustentabilidade do IFPA-Campus Belém, Item 8, tendo na convergência dos impactos ambientais pela ineficácia da Gestão de Resíduos Sólidos e tornando o grau de exposição no ambiente interno e externo, condicionando incertezas ao cumprimento do PLS, se apresenta os critérios conceituais e técnicos pela Metodologia *Bow Tie* com maturidade na governança ao referido projeto.

### 5.6.1. PROCEDIMENTOS DE CONSTRUÇÃO BOW TIE NO IFPA-CAMPUS BELÉM

Na construção do Quadro 15, se tem aos segmentos do cenário investigado aos Indicadores de Sustentabilidade, e evidência objetiva de Resíduos Sólidos gerados na instituição através da Figura 13.

- I. **Perigo:** A investigação dos indicadores se permite o estabelecer da Meta do PLS para Resíduos Sólidos aos alertas de Gestão dos processos existentes na infraestrutura do IFPA-Campus Belém.
- II. **Risco:** Nos mapeamentos infraestrutural do IFPA-Campus Belém, a administração do Risco inerente às operações, permite-se alerta pelo cumprimento do PLS, proporcionando fragilidades na gestão e consolidação na Gestão de Resíduos Sólidos frente aos servidores, alunos, fornecedores e comunidade.
- III. **Causas:** Nas *Ameaças*, permite-se um mapeamento das fragilidades nos processos permitindo nos critérios a adoção de *Barreiras Corretivas* proporcionando administração do cenário existente.
- IV. **Consequências / Severidade :** Aos alertas pelas *Barreiras - Mitigações* permite análises e avaliações continuadas nos processos vulneráveis pela adoção de monitoramentos, controles e verificações aos resultados para eliminação das fragilidades nas operações do IFPA|Campus Belém. As verificações das *Consequências ao Negócio*, permite alertas nos valores, aos investimentos a serem pleiteados aos sistemas e programas de fomento á sustentabilidade através do PLS, tendo a confiabilidade, transparência, e governança concreta.

Quadro 15 – Metodologia Bow Tie – IFPA-Campus Belém, 2022



Fonte: Treinamento Bioquality Serviços Ltda, 2022.

**Quadro 16 – Inventário de resíduos gerados – IFPA-Campus Belém**

INVENTÁRIO DE RESÍDUOS GERADOS				
ANÁLISE DO PROCESSO DE IMPLEMENTAÇÃO E DISSEMINAÇÃO DE PRÁTICAS SUSTENTÁVEIS NO IFPA-CAMPUS BELÉM				
ATIVIDADE: Gestão de Resíduos (COLETA, TRANSPORTE, DESTINO FINAL)				
CRITÉRIO: SEGUNDO ISO 14000 / 2004 E NORMAS TÉCNICAS VIGENTES				
TIPO DE RESÍDUO	CLASSIFICAÇÃO	ÁREA GERADORA	CLASSE NBR 10004/2004	CÓDIGO DE
Desmonte de equipamentos	<b>METAL</b>	Áreas Mecânica/Manutenções	Classe II B	A004
Embalagens de produtos	<b>PAPEL / PAPELÃO</b>	Produtos de apoio Administrativo, materiais	Classe II B	A006
Garrafas	<b>VIDROS</b>	Área Administrativa	Classe II B	A117
Espelhos/portas de vidro		Área Administrativa	Classe II B	A039
Embalagens de carnes	<b>PLÁSTICOS</b>	Processo Cozinha Industrial	Classe II B	A007
Embalagem de produtos			Classe II B	A007
Resíduos de Alimentos	<b>ORGÂNICO</b>	Restaurante / Lanchonete/Cozinha	Classe II A	A001
Resíduo não contaminada	<b>MADEIRA</b>	Construção / Reforma	Classe II A	A009
Manutenção de Área	<b>VARRIÇÃO</b>	Limpeza de Área (Varrição de Calçada; Paisagística)	Classe II B	A039
Resíduos de Banheiros	<b>PATOGÊNICOS</b>	Área Administrativa	Classe II A	A039
Óleos e graxas	<b>OLEOSOS / GRAXAS</b>	Manutenção de equipamentos	Classe I	A039
Óleos de Cozinha usado		Restaurante	Classe II A	A039
Resíduos da ETE	<b>LODOS</b>	Estação de Tratamento de Efluente do Processo	Classe II A	D004
Resíduos de Fossa Séptica		Área Administrativa	Classe II A	D004
Eletrô / Eletrônico	<b>ESPECIAIS</b>	Área Administrativa	Classe I	D039
Equipamentos de impressão		Área Administrativa	Classe I	D039
Lâmpadas Fluorescentes		Área Administrativa e Operacionais	Classe I	D039
Baterias automotivas		Veículos internos	Classe I	D039
Cartuchos de tinta de impressoras		Área Administrativa	Classe I	D039
Perdas de Processo		<b>OUTROS</b>	Área de Processo	Classe I

Fonte: Treinamento Bioquality Serviços Ltda, 2022.

**Quadro 17– Plano de ação estratégica Bow Tie – IFPA-Campus Belém**

DIRETORIA: IFPA-CAMPUS BELÉM		GERÊNCIA DE ÁREA: Direção Acadêmica		REVISÃO E DATA DA REVISÃO : Revisão: 004 - 31 de dezembro de 2022				
RESPONSÁVEL: Maria de Nazaré R. P. Marti		RESPONSÁVEL: Maria de Nazaré R. R. Martins		MOTIVO DA REVISÃO: Readequação das implementações e disseminação das práticas sustentáveis do PLS pelas tomadas de decisões				
DBJETIVO Executar as práticas sustentáveis do PLS nas ambientações do IFPA-Campus Belém de acordo com a Metodologia <i>Bow Tie</i> .				META GERÊNCIA DE ÁREA: Realizar 100% das das práticas sustentáveis nas ambientações e entorno apresentadas até 31 / 12 / 2023.				
ACOMPANHAMENTO DO CUMPRIMENTO DOS PROCESSOS GERENCIAIS DO PLS NO IFPA-Campus Belém				<p>100% 50% 0% % de Cumprimento do PA</p> <p> <input type="checkbox"/> Prevista  <input type="checkbox"/> Realizada  <input type="checkbox"/> Não Realizada         </p>				
<b>RELATÓRIO DE 3 GERAÇÕES</b>								
tem	O QUE	COMO	QUEM	QUANDO	DATA	RESULTADOS ALCANÇADOS	PORTOS PROBLEMATIZADOS	PROPOSTA DE NOTAS AÇÕES
1	Reavaliar infraestrutura e gestão acadêmica em cumprimento de PLS.	Revisão de procedimentos internos relacionados ao PLS.	Direção/Gestores/Coordenadores	M J F M A M J J A S O N D	até 31/03			
2	Revisitar e atualizar representante material do IFPA-Campus Belém em tratamento ao PLS.	Análise de suprimentos sustentáveis pelo Gestão de Resíduos Sólidos ao objetivo do PLS.	Coordenação/Serviços	M J F M A M J J A S O N D	até 31/03			
3	Capacitar servidores das particularidades do cumprimento do PLS.	Realização de treinamento ao perfil do Auditor Interno de Gestão de Riscos ISO 31000/2009. Tomada de decisão estratégica para reavaliação do problema, maturidade e governança na avaliação em função da vulnerabilidade das práticas de sustentabilidade presentes nos indicadores de Sustentabilidade do IFPA-Campus Belém.	Empresa especializada	M J F M A M J J A S O N D	até 31/04			
4	Implantar a metodologia estratégica de disseminação do PLS no Campus Belém.	Realizar o mapa das diretrizes, procedimentos de implementação do PLS na instituição.	Coordenação/Serviços	M J F M A M J J A S O N D	até 31/06			
5	Realizar controle e monitoramento da implementação do PLS no Campus Belém.	Aplicar ferramentas estratégicas, onde treinar e proporcionar o apoio ao gestor e atualizar em conformidade com os indicadores de Sustentabilidade levantados no IFPA-Campus Belém.	Serviços e materiais	M J F M A M J J A S O N D	até 31/12			
6	Realizar auditoria interna pelos servidores no Campus Belém.	Preparar o treinamento especializado do Auditor Interno de Conformidade com as Normas Técnicas em cumprimento ao PLS no IFPA-Campus Belém.	Coordenação/Serviços	M J F M A M J J A S O N D	até 31/07			
7	Realizar auditoria externa de conformidade do PLS.	Preparar Auditoria Externa de empresa especializada de verificação de conformidade com as Normas Técnicas vigentes.	Empresa de Auditoria Especializada Externa	M J F M A M J J A S O N D	até 31/12			
REVISÃO / DATA:				VERIFICAÇÃO / ELABORAÇÃO / APROVAÇÃO / DATA:				

Fonte: Treinamento Bioquality Serviços Ltda, 2022.

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A problemática investigada interage ao Programa A3P e se fortalece pelos eixos temáticos: Repensar-Reciclar-Reutilizar-Recusar-Reduzir, onde a administração pública deva se comportar como instituição reguladora da sustentabilidade, então regulamentada pela Portaria Nº 326, de 23 de julho de 2020 com sustentabilidade em destaque e uma vez aprovada a mobilidade do IFPA-Campus Belém se comprometa na aplicação de práticas sustentáveis do PLS.

Os Indicadores da Sustentabilidade possuem o total de 09 (nove), presentes no item 8, possibilitando as particularidades da infraestrutura do IFPA-Campus Belém, aos critérios setoriais, inclusive em gestão contratual de fornecedores atendendo aos requisitos das diretrizes da política institucional pelo cumprimento do PLS, onde a sustentabilidade seja objetivo incluso no planejamento estratégico como instrumento do PLS, na dinâmica das partes interessadas aos valores como instituição. Desta forma, o PLS se apresenta como instrumento viabilizador de práticas sustentáveis se dispondo nas premissas de consolidação pela Gestão dos Resíduos Sólidos.

As análises dos dados, através de técnicas estratégicas, como a Gestão dos Riscos ao fundamento da NBR ISO 31000, do fomento de despertar a habilidade para o estudo, comprovando os riscos inerentes às operações, possível pela identificação da meta a ser atingida ao consolidar a Gestão de Resíduos Sólidos. É importante identificar no mapeamento dos indicadores convergidos como situação problema, despertando responsabilidades pela origem, controle, monitoramento e gerenciamento, assim, os responsáveis diretos e indiretos devem ao cumprimento das particularidades do PLS.

A visão ESG, QSMS-RS e Sustentabilidade é posição de inovação ao modelo de gestão aplicável em cenários diversos, apresentando ao IFPA-Campus Belém a experiência pela gestão aos pilares da sustentabilidade (Ambiental, Econômico e Social), e integração ao ESG (Meio Ambiente, Social e Governança Corporativa). A Qualidade, Saúde e Segurança Ocupacional, Meio Ambiente (QSMS) e Responsabilidade Social (RS), e a Sustentabilidade, gestão racional dos recursos, valorando as questões ambientais para gerações presentes e futuras. Além, de a Sustentabilidade com estratégias ao desenvolvimento sustentável deva mobilidade da gestão IFPA-Campus Belém ao norte de nova fronteira, tornando definitivamente os processos internos e circunvizinhos devidamente sustentáveis às novas gerações.

Ao foco dos Indicadores de Sustentabilidade no item 8 (8.6; 8.8; 8.10; 8.12 e 8.13), convergindo a Gestão de Resíduos Sólidos, tendo nos indicadores a ineficácia, contrariando o objetivo da sustentabilidade prevista no PLS do IFPA-Campus Belém. Logo, mapear criteriosamente as zonas críticas e a vulnerabilidade ao ambiente se tornaria fundamental, atingindo o mapeamento dos perigos e aspectos, tais como: ao mapeamento do item 9.2, a probabilidade e frequência; comprova que há frequência e perspectiva crescente de presença residual, tornando na categoria provável na proporção dos riscos e vulnerabilidades com expectativa que continuam considerando a necessidade de operações no decorrer da existência da instituição (Quadro 8).

Para a severidade, a geração residual se comporta na Categoria Desprezível (Quadro 9), permitindo atenções, embora não se tenha possibilidade de atingir a vida humana, mas deva por atenções, mas o grau de exposição de resíduos em ambiente inadequado venha com impactos negativos ao meio ambiente, podendo mudar de cenário da sustentabilidade na Gestão do IFPA-Campus Belém. Por outro lado, se demonstra aos graus de importância entre Severidade (Desprezível) e Frequência (D), o fator passa a ter

uma Categoria Não Crítico (NC), (Quadro 10), ou seja, embora se tenha a exposição residual e se cumprindo os controles internos, acompanhamentos através de monitoramentos, seja administrável, e não aplicando possa estabelecer um cenário crítico. Portanto, o Avaliar tais Riscos, sejam as atenções ao comportamento de tais indicadores de sustentabilidade, tornando o gerenciamento possibilitado, mas os mapeamentos condicionados em ações por meios de técnicas permissíveis denominadas Técnicas obrigatórias ou pelo menos Técnicas Recomendadas, dependendo da fase de operações nos quais o IFPA-Campus Belém se apresente e as investigações comprovaram as possibilidades dos tipos de situações onde possam se apresentar, sendo nas fases de Construção e Montagem e/ou Ampliação / Modificação, admitindo em cada fase as técnicas acima, sendo sempre adotada medidas antes, durante e após a operação com ações de análises aos riscos ambientais, no caso em Gestão de Resíduos Sólidos presentes nas atividades. (Quadro 11).

A Análise da Maturidade, tendo no nivelamento através dos componentes (Quadro 12) um alinhamento da Gestão ESG-QSMS-RS e Sustentabilidade é um ponto fundamental, pois a alta direção do IFPA-Campus Belém possa se posicionar da gestão estabelecida pela administração dos resultados, se tornando um termômetro avaliativo ao cumprimento do PLS, visível ao perfil da *Bow Tie*, assim possa estabilizar os investimentos. Por outro lado, cabe a Análise da Maturidade subsidiar oportunidades de melhorias, assim, pensar estrategicamente deva ser quesito crucial, adotando a Matriz SWOT (Forças, Fraquezas, Ameaças e Oportunidades), (Quadro 13 e 14), em que o ciclo da melhoria continuada se estabelece a renovação dos valores na gestão adotando e criado o novo para tomadas de decisões sustentáveis. E nos Componentes da Maturidade (Identificação, Avaliação, Exploração, Monitoração e Comunicação) das oportunidades, garantindo a confiabilidade dos investimentos pelo IFPA-Campus Belém ao cumprimento do PLS.

A Governança na intimidade com a Análise da Maturidade possa garantir a neutralização das vulnerabilidades e as fragilidades das operações do IFPA-Campus Belém pela cobertura através das barreiras de neutralização dos riscos, suas causas e consequências, eliminando as incertezas, assim, as tomadas de decisões agem com responsabilidade, comprometimento e confiabilidade nas decisões onde perigos e aspectos são identificados, considerando os percentuais dos indicadores de sustentabilidade, se faça cumprir ao emergencial, permitindo reversão do cenário na Gestão dos Resíduos Sólidos.

A Aplicação da Metodologia *Bow Tie* (Quadro 15) é um modelo moderno, inovador e restrito no mercado e ao cenário de um Instituto Federal, seja referência principalmente na jurisdição Pará. Nos Procedimento de Construção *Bow Tie*, as definições de perigo e risco são cruciais ao mapa PLS em coerência a sustentabilidade, assim as causas aproxima as ameaças, condicionando a criação de barreiras corretivas passando a administração do cenário em estudo, que uma vez impactado de forma negativa, dispõe-se em consequências / Severidade que por vez passa a estabelecer Barreiras – Mitigações aos alertas dos controles e monitoramentos em eliminação das fragilidades, assim eliminando danos que possam se tornar irreversíveis ao longo do negócio IFPA-Campus Belém fragilizando a governança do PLS.

Através de Planos de Ações de Meio Ambiente na resposta com maturidade e de estratégia de governança o IFPA-Campus Belém proceda com resultados sustentáveis tornando os controles e monitoramentos ambientais respostas quali-quantitativas desta forma adotando uma Gestão ESG, QSMS-RS e Sustentabilidade e disponibilizar na rede de comunicação um perfil de inovação sustentável às novas gerações.

## 7. CONCLUSÃO

A investigação apresenta a aplicação do Plano de Logística Sustentável (PLS) do IFPA-Campus Belém, em conformidade a Portaria Nº 150/2021 – Campus Belém/PA, de 10 de maio de 2021, no critério à visão do programa A3P pelo comprometimento socioambiental ao contexto da sustentabilidade, complementando-se pelo Acórdão Nº 1056/2017 – TCU, e como uma instituição pública compete às diretrizes institucionais sob análises e comprometimentos legais que particularizam o referido programa. Ressalta-se que o IFPA se encontra em processo de adesão a A3P.

A exposição do PLS, através dos denominados Indicadores de Sustentabilidade, expõe as práticas sustentáveis então aplicadas nas rotinas de melhorias infraestruturais realizadas a partir desta vigência no ambiente institucional, devendo a comunidade acadêmica se apresentar como elemento integrador frente ao PLS, tornando possível os ambientes setoriais ser conhecedor do referido programa.

No entanto, se fazer cumprir o PLS deva por confiabilidade, onde matéria prima, produtos e processos aos servidores, alunos, fornecedores e entorno nivelando o IFPA em cenário que estabeleça confiabilidade na habilidade aos setores por neutralizações de efeitos negativos, condicionados em impactos ambientais pela projeção os indicadores de sustentabilidade dos setores na geração e sem administração, sem maturidade, e na discrepância em situação de governança na gestão residual da instituição.

As práticas de sustentabilidade passam a ser o referencial de nova forma de pensamento ao IFPA-Campus Belém e se compreender as vulnerabilidades das rotinas operacionais realizadas internamente que possa potencializar as vulnerabilidades. Desta forma, apresentar a essência dos riscos inerentes as operações, onde mão de obra, materiais e serviços passam por se comunicar, e assim conhecer a Norma ABNT ISO 31000 – Gestão de Riscos mobiliza uma relação dos riscos, homem e serviços com integração sustentabilizando os resultados.

Vale ressaltar que as vulnerabilidades da Gestão dos Resíduos Sólidos são evidentes, considerando os resultados em percentual, proporcionando a mobilidade de termômetro de maturidade que deva confiabilizar as operações a depender do objetivo institucional. Sobretudo, a importância do Plano de Desenvolvimento Institucional (PDI), Plano de Desenvolvimento do Campus (PDC) e o comprometimento com a gestão ambiental então aprovado no projeto Político Pedagógico I (PPI), além do Plano Anual de Metas (PAM), em resposta aos indicadores levantados admitindo este cumprimento, faz-se neutralizar o então baixo percentual apresentado.

A Metodologia *Bow Tie*, Figura 15, é um modelo de última geração para adotar na gestão ESG e para tomadas de decisões concretas e de grandes proporções, seja importante conhecer os riscos inerentes às operações, e intimidade ao evento e definir o cenário de riscos, a capacitar nesta vertente foi fundamental, se informando de bases conceituais, permitindo nivelar o tipo de gestão de riscos e particularidades (perigo, risco, causas, consequências, controles, barreiras) ao cenário investigado. Na preparação em compreender a supremacia da identificação de perigos e aspectos, os treinamentos necessários ativam a interação e habilidade, tornando os estudos de performance e a caracterização investigada critérios consolidados como zona de resposta ao cumprimento do referido PLS.

## REFERÊNCIAS

- [1] ABNT NBR ISO 9001. ABNT/CB-025. PROJETO DE REVISÃO. Sistema de gestão da qualidade - Requisitos. AGO 2015.
- [2] ABNT NBR ISO 14001:2004. Sistema de gestão ambiental – Requisito com orientações para uso. Segunda edição, 31.12.2004. Válida a partir de 31.01.2015. ABNT 2004, 27 páginas.
- [3] ABNT NBR ISO 26000:2010. Diretrizes sobre responsabilidade social. Primeira edição 01.11.2010. 110 páginas.
- [4] ABNT NBR ISO/IEC 27001:2006. Tecnologia da informação – Técnicas de segurança – Sistemas de gestão de segurança da informação – Requisitos, 2006, 34 páginas.
- [5] ABNT NBR ISO 31000:2009. Gestão de Riscos – Princípios e Diretrizes. Primeira edição, 30.11.2009. Válida a partir de, 30.12.2009.
- [6] ABNT NBR ISO/IEC 31010. Gestão de riscos – Técnicas para o processo de avaliação de riscos. Primeira edição 04.04.2012. Válida a partir de 04.06.2012.
- [7] ABNT ISO GUIA 73:2009. Gestão de riscos – Vocabulário, 2009
- [8] ABNT NBR ISO 45001:2015. Sistema de gestão de saúde e segurança ocupacional – Requisito com orientação para uso. Norma Traduzida. Primeira edição 03.2018. Publicada Maio/2018.
- [9] ACÓRDÃO Nº 1056/2017 – TCU – Plenário. TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO. TC 0006.615/2016-3. Disponível em: <https://portal.tcu.gov.br>. Acesso em 21/05/2021.
- [10] ALENCAR, Gliner Dias. PRIMASIA: Uma Estratégia para Priorização e Avaliação da Maturidade da Segurança da Informação Adaptável ao Ambiente Corporativo. Universidade Federal de Pernambuco – Recife. Tese de Doutorado em Ciência da Computação, 2018.
- [11] BIOQUALITY SERVIÇOS LTDA. CNPJ 24.940.491/0001/19. Treinamento de Desenvolvimento Pessoal e Gerencial. Gerenciamento de Riscos Análise e Neuropercepção. Ananindeua-Pará, 2016.
- [12] BRASILEIRO, Nuno Filipe Fernandes. INCORPORAÇÃO DA ANÁLISE BOWTIE NA METODOLOGIA ADOTADA PELA AdDP PRARA AVALIAÇÃO DE RISCO. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Segurança e Higiene ocupacionais. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Portugal, 2020.
- [13] CAMPOS, Karlene do Socorro da Rocha. VERENGUER, Lucas Finezi. VERENGUER, MAGALHÃES, Thiago Barragan, INOUE, Vinícius Guedes. PRÁTICAS DE ESG E DE REPUTAÇÃO CORPORATIVA. ESEG FACULDADE DO GRUPO ETAPA, 2021.
- [14] LEI Nº 8.666, DE 21 DE JUNHO DE 1993. Regulamenta o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências. Presidência da República Casa Civil. Acesso em 02/06/2021.
- [15] ECYCLE. O que é Sustentabilidade Empresarial?. Entenda o conceito de sustentabilidade empresarial e saiba como colocá-lo em prática. <https://www.ecycle.com.br/sustentabilidade-empresarial/>, pesquisa 14/12/2022
- [16] FREITAS, Felipe Soares. Análise de risco utilizando diagramas bow tie para prevenção de falhas estruturais em navios plataformas (FPSO), Politécnica UFRJ. Rio de Janeiro, fev 2021, p. 14.
- [17] MACEDO, Carlos Roberto. QUALIDADE, SEGURANÇA, MEIO AMBIENTE E SAÚDE NA CONTRATAÇÃO D E SERVIÇOS. Uma visão sobre a estratégia aplicada na Transpetro. Universidade Fernando Pessoa. Porto, 2021. Dissertação de Mestrado em Ciências Empresariais.
- [18] MACIEIRA, André. KARRER, Daniel. JESUS, Leandro. CLEMENTE, Rafael. Gestão de riscos positivos / André Macieira, Daniel Karrer, Leandro Jesus e Rafael Clemente. – 1. Ed. – São Paulo: Sicurezza, 2010.
- [19] MORAES, Giovanni. Sistema de Gestão de Riscos. Princípios e Diretrizes. ISO 31000 Comentada e Ilustrada. Volume 1, 2ª edição, 2016.
- [20] PORTARIA Nº 150/2021 – CAMPUS BELÉM/IFPA, DE 10 DE MAIO DE 2021. Instituir o Plano de Logística Sustentável – PLS. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará. Disponível em: [www.ifpa.edu.br](http://www.ifpa.edu.br), 2021, acesso em 16/06/2022.
- [21] PORTARIA Nº 326, DE 23 DE JULHO DE 2020. Institui o Programa Agenda Ambiental na

Administração Pública – Programa A3P e estabelece suas diretrizes. Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: [www.mma.gov.br](http://www.mma.gov.br), 2020, acesso em 16/06/2022.

[22] Portaria N 2446/2018/GAB, 11/12/2018, aprova o Plano de Logística Sustentável – PLS do IFPA, 2019-2023.

[23] RESOLUÇÃO Nº111/2115 — CONSUP, que cria as áreas de abrangência dos Campi do IFPA, de 19/08/2015.

[24] RESOLUÇÃO Nº350/2017 — CONSUP. Aprovar, na forma do anexo, o Projeto Pedagógico Institucional - PPI - deste Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará — IFPA.

[25] RESOLUÇÃO Nº 173/2017 – CONSUP. Aprova a Política Institucional de Meio Ambiente (PIMA) – desde Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará.

[26] RIBEIRO, Ana Maria. Gestão de riscos operacionais: para um sistema de abastecimento de água / Ana Maria Ribeiro. – 1. ed, -- São Paulo: Sicurezza, 2009.

[27] QUEIROGA, Rui. Cinco estratégias de sustentabilidade que todos os CEO deveriam adotar. Building Business VP da Schneider Electric Portugal. 06/03/2019. <https://www.itinsight.pt/news/insight/cinco-estrategias-de-sustentabilidade-que-todos-os-ceo-deveriam-adotar>, acesso em 14/12/2022.

[28] QSP. Análise de Riscos e Controles. A ANÁLISE BOW TIE CONECTADA AOS SISTEMAS DE GESTÃO. Abordagem do QSP alinhada às normas ISSO 31000:2018 e NBR IEC 31010:2021, 2022.

[29] RIBEIRO, Ana Maria. Gestão de riscos operacionais: para um sistema de abastecimento de água / Ana Maria Ribeiro – 1, ed. – São Paulo: Sicurezza, 2009.

[30] Robin PITBLADO. Det Norske Veritas / DNV Serviços de consultoria de risco.

[31] TOTVS. Sustentabilidade empresarial: o que é, importância e desafios. <https://www.totvs.com/blog/negocios/sustentabilidade-empresarial/>

EQUIPE TOTVS, 10/03/2022.

(<https://drive.google.com/file/d/1wSP4XxoFbqnKt2snyQO6X8TA5e4qAq80/view?usp=sharing>) de bolso com dicas para economizar energia <https://belem.ifpa.edu.br/publicacoes/1105-campus-belem-promove-acao-em-comemoracao-a-semana-do-meio-ambiente>

<https://belem.ifpa.edu.br/publicacoes/1282-energia-limpa-ifpa-campus-belem-avanca-nas-etapas-de-instalacao-da-usina-fotovoltaica>

<https://resultadosdigitais.com.br>, 2022.

Autores

### **JOSÉ HENRIQUE PORTO SILVEIRA (ORGANIZADOR)**

Bacharel e licenciado em Psicologia pela UFMG, Especialização em Percepção e Planejamento Urbano. Mestre em Gestão e Auditoria Ambiental, especialização em educação ambiental. Consultor em percepção e educação ambiental. Sócio diretor da Alternativa Educação e Manejo Ambiental.

### **CARLOS CHRISTIANO LIMA DOS SANTOS**

Possui graduações em Química Industrial (1998), Licenciatura em Química (2011), bacharelado em Química (2017), todos cursados na Universidade Federal da Paraíba; sendo também Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária (2019) e especialista, lato sensu, em engenharia de higiene e segurança de trabalho (2022) pelas Universidades Maurício de Nassau e Estácio de Sá, respectivamente. Possui mestrado em química (2008) e doutorados em química (2013) e em Biotecnologia (2021); todas as pós-graduações stricto sensu desenvolvidas na Universidade Federal da Paraíba. Tem experiência nas áreas de pesquisa e desenvolvimento de tecnologias (Produção de propriedades intelectuais-Patentes), atuando como pesquisador nas modalidades de Desenvolvimento Tecnológico e Industrial/DTI(CNPq) (2014) e Desenvolvimento Científico Regional/DCR (FAPESQ/CNPq) (2015 a 2018). Atualmente é professor substituto (40 h/a) da Universidade Estadual da Paraíba; atuando ainda nos segmentos de química, processos químicos, Tecnologia dos alimentos, Tecnologias das fermentações, segurança Industrial, estágio supervisionado; Atuando em pesquisa nos segmentos de gestão de recursos hídricos e sólidos, nanotecnologia, biotecnologia, saúde coletiva, engenharia e desenvolvimento de novos materiais e produtos.

### **MARIA DA CONCEIÇÃO RODRIGUES PEREIRA**

Doutora em Ciências da Educação; Mestre em Meio Ambiente e Desenvolvimento; Engenheira de Produção Mecânica; Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho; Especialista em Engenharia Geotécnica; Especialista em Gestão de Pessoas por Competência e Coaching; Especialista em Perícia, Auditoria e Gestão Ambiental; Especialista em Engenharia Ambiental; Licenciada em Química e Matemática. Professora; Orientadora; Avaliadora de Banca Acadêmica; Perito de Engenharia; Auditora de Conformidade; Consultora Empresarial e Educadora.

### **MARIA DE NAZARÉ RODRIGUES PEREIRA MARTINS**

Graduação em Nutrição pela UFPA; Especialização em Saúde Pública pela UNAERP; Mestrado em Educação pela UNB; Doutorado em Educação, em Universidade de Santa Cruz do Sul. Professora do IFPA Experiência na área: 1- Nutrição, com ênfase em Saúde Pública; 2-Reconhecimento e Renovação de Reconhecimento de curso Superior 3- Capacitação para utilização da Plataforma moodle; 4- Avaliação de Curso Superior; 5- Implantação e implementação do Curso de Tecnologia em Gestão de Saúde do Sistema Universidade Aberta do Brasil-UAB/MEC 6- Comissão Própria de Avaliação-CPA 7- Política de Educação Superior, enfoque nas Tecnologias e Engenharias. 8- Implantação e Implementação do Curso no PRONATEC/MEC. Experiência em ações de desenvolvimento Sustentável. Administração e planejamento no IFPA e Campus Belém.

### **MARIANE DANIELLA DA SILVA**

Doutora e Mestre em Engenharia e Ciência de Alimentos pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP. Atuando na linha de pesquisa de Microbiologia e Bioprocessos, com projetos de pesquisa: Produção de biocombustíveis a partir de resíduos da agroindústria. Atualmente Analista de Processos Biotecnológicos Sênior na Cheil Jedang Group (CJ Bio), indústria de fermentação bacteriana para a produção de aminoácidos. Formada em Engenharia de Alimentos pela Universidade Estadual do Centro-Oeste do Paraná - UNICENTRO. Na graduação participou de programas de Iniciação Científica como voluntária e bolsista na área de Fermentação e Cultivo de Fungos Comestíveis e/ou Medicinais para a verificação de suas atividades biológicas, e também na área de Produção de Cervejas.

## **PABLÍCIA OLIVEIRA GALDINO**

Graduada em Química Industrial pela Universidade Estadual da Paraíba (2001), Mestre em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal da Paraíba (2003) na área de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas e Doutora em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Campina Grande (2012) na área de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas. Foi professora na Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Atualmente é professora Doutora Associada Nível A, em regime efetivo, da Universidade Estadual da Paraíba no Centro de Ciências e Tecnologia. Tem experiência na área de Química e Bioquímica, com ênfase em alimentos, atuando principalmente nos seguintes temas: agroindústria, tecnologia de alimentos, fruticultura, características físico-químicas, qualidade microbiológica, armazenamento, embalagem e desenvolvimento de novos produtos.

## **RIVETLA GARCIA LOPES DE SOUZA BENCHIMOL**

Engenheiro Químico, consultoria e assessoria técnica, envolvendo: Projetos; Gestor de Riscos; Desenvolvimento de Pesquisas; Gerenciamento de Processos Industriais; Responsabilidades Técnicas em Indústrias Alimentícias e Engarrafadoras; Gerenciamento da Qualidade na Indústria de Medicamentos; Gerenciamento de Controle de Qualidade e Bacteriologia, etc. Engenheira de Segurança do Trabalho em gestão, coordenação, supervisão e orientação técnica: programas de prevenção de acidentes, vistorias, laudos técnicos de riscos, técnicas de gerenciamento e controle de risco. Perito Judicial e Ambiental. Gestora utilizando metodologias ágeis. Gestora de resultados seguros. Gestora Socioambiental: Licenciamentos/Regularizações; Relatórios Técnicos; Educação Socioambiental; Projetos Ambientais (EIA; RIMA; PEA; PGRS; RIIA, etc...) nas esferas Federal, Estadual e Municipal.

[www.poisson.com.br](http://www.poisson.com.br)  
[contato@poisson.com.br](mailto:contato@poisson.com.br)

@editorapoisson



<https://www.facebook.com/editorapoisson>

