

Organizadores:

Maria Raimunda Chagas Silva

Rita de Cássia Mendonça de Miranda

Darlan Ferreira da Silva

Eduardo Henrique Costa Rodrigues

Fabício Brito Silva

2024

VOL 3

INDICADORES DE QUALIDADE AMBIENTAL

UMA PERSPECTIVA A PARTIR DA ZONA DE TRANSIÇÃO AMAZONICA-
CERRADO, PESQUISA EM SAÚDE E MEIO AMBIENTE

Serie:

Mestrado em Meio Ambiente

Maria Raimunda Chagas Silva
Rita de Cássia Mendonça de Miranda
Darlan Ferreira da Silva
Eduardo Henrique Costa Rodrigues
Fabrício Brito Silva
(Organizadores)

**INDICADORES DE
QUALIDADE AMBIENTAL**
**UMA PERSPECTIVA A PARTIR DA ZONA DE TRANSIÇÃO
AMAZÔNICA-CERRADO, PESQUISA EM SAÚDE E MEIO
AMBIENTE**

SÉRIE: MESTRADO EM MEIO AMBIENTE VOLUME 3

EDITORA PASCAL

2024

Editor Chefe: Prof. Dr. Patrício Moreira de Araújo Filho

Edição e Diagramação: Dr. Eduardo Mendonça Pinheiro

Edição de Arte: Marcos Clyver dos Santos Oliveira

Bibliotecária: Rayssa Cristhália Viana da Silva – CRB-13/904

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

Dr^a Priscila Xavier de Araújo

Dr. Elmo de Sena Ferreira Junior

Dr^a Luciara Bilhalva Corrêa

Dr^a Mireilly Marques Resende

Dr^a Selma Maria Rodrigues

Dr^a Thais Roseli Corrêa

Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Dr. Moisés dos Santos Rocha

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S586c

Coletânea Indicadores de qualidade ambiental: uma perspectiva a partir da Zona de Transição Amazônica-Cerrado, pesquisa em saúde e meio ambiente / Maria Raimunda Chagas Silva, Rita de Cássia Mendonça de Miranda, Darlan Ferreira da Silva, Eduardo Henrique Costa Rodrigues e Fabrício Brito Silva (Orgs.). — São Luís: Editora Pascal, 2024.

215 f. : il.: (Indicadores de qualidade ambiental; v. 3)

Formato: PDF

Modo de acesso: World Wide Web

ISBN: 978-65-6068-119-4

D.O.I.: 10.29327/5469971

1. Indicadores. 2. Qualidade. 3. Ambiental. 4. Amazônia. 5. Cerrado. Q. I. Silva, Maria Raimunda Chagas. II. Miranda, Rita de Cássia Mendonça de. III. Silva, Darlan Ferreira da. IV. Rodrigues, Eduardo Henrique Costa. V. Silva, Fabrício Brito. VI. Título.

CDU: 502/504

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

2024

www.editorapascal.com.br



UNIVERSIDADE CEUMA

REITORA

Ma. Cristina Nitz da Cruz

PRÓ-REITORA DE PÓS-GRADUAÇÃO E EXTENSÃO

Ma. Fabiana Mendes Lobato

PRÓ-REITOR DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA

Prof. Dr. Luís Claudio Nascimento da Silva

COORDENADORA DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEIO AMBIENTE

Profa. Dra. Rita de Cássia Mendonça de Miranda

APRESENTAÇÃO

Vivemos em uma era de profundas transformações ambientais e sociais, onde a compreensão integrada entre saúde, meio ambiente e desenvolvimento sustentável nunca foi tão urgente. A obra “Indicadores de Qualidade Ambiental: Uma Perspectiva a partir da Zona de Transição Amazônica-Cerrado - Pesquisa em Saúde e Meio Ambiente”, publicada pela editora Pascal na série editorial Pesquisa Meio Ambiente, volume 3, oferece uma reflexão inovadora sobre esses temas. Organizada pelos professores Dra. Maria Raimunda Chagas Silva, Dra. Rita de Cássia Mendonça de Miranda, Dr. Eduardo Henrique Costa Rodrigues, Dr. Darlan Ferreira da Silva e Dr. Fabrício Brito Silva, esta obra é fruto de um esforço coletivo envolvendo 18 capítulos, derivados de pesquisas acadêmicas de graduação, mestrado e doutorado, tanto do Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente da UniCeuma quanto de outras instituições de ensino superior.

Ao explorar as dinâmicas ecológicas na zona de transição entre a Amazônia e o Cerrado, a obra propõe um olhar atento para a interação entre natureza e sociedade, reforçando a inseparabilidade entre a saúde humana e a integridade ambiental. Nesse contexto, este livro amplia a visão sobre a complexidade socioambiental, abordando desde questões de uso do solo e biodiversidade até indicadores de saúde, sociedade cultural e qualidade de vida.

Mais do que uma análise dos impactos ambientais, esta obra convida o leitor a refletir sobre a importância de preservar os serviços ecossistêmicos como condição essencial para o bem-estar humano e para a manutenção dos recursos naturais. Cada capítulo oferece uma contribuição única, mas em harmonia com a ideia de que as dinâmicas sociais e ambientais são interdependentes. Assim, não se trata apenas de resolver problemas específicos, mas de compreender como uma abordagem integrada pode levar a soluções duradouras.

Este livro propõe-se, portanto, como uma ferramenta tanto científica quanto reflexiva, voltada para pesquisadores, gestores públicos e todos aqueles que se preocupam com a construção de um futuro mais equilibrado e sustentável. Convido o leitor a mergulhar nessas páginas e descobrir como ciência, meio ambiente e saúde convergem para criar paradigma de cuidado com o planeta e com a vida.

Prof. Dr. Fabrício Brito Silva

ORGANIZADORES

Maria Raimunda Chagas Silva

Possui graduação em Química Industrial pela Universidade Federal do Maranhão (1999), Formação pedagógica, Licenciatura em Química pelo Instituto de Ensino Superior Franciscano (2017), Especialização Educação Ambiental e Recursos Hídrico pela EESC-CRHEA/USP (2001) mestrado em Química (Química Analítica) pela Universidade de São Paulo (2002) e doutorado em Química Analítica pelo Instituto de Química de São Carlos (2006). Works Mission- Pós- Doutorado: Projeto Desenvolvido no Departamento de Solo Qualitativo, Wageningen University Holanda (2010). Desenvolve de Projeto de Pesquisa e atualmente consultora ADHOC na FAPEMA e CNPQ e Avaliadora da revista CERES e Revista Ciências Exatas e Naturais e RENEFARA. Atualmente é Professora e Pesquisadora (Mestrado Meio Ambiente da Universidade Ceuma) e os Cursos de Engenharia Ambiental e Cível Produção, Farmácia, Nutrição, Biomedicina. Medicina (linha de pesquisa: gestão ambiental e Política e Saúde e Meio Ambiente) . Tem experiência na área de Química, com ênfase em Análise de Metais - Traços e Química Ambiental e identificação microbiológicas e parasitas em areia e água na zona costeiras, atuando principalmente nos seguintes temas: Água potável, águas subterrâneas, microbiologia do solo e água , efluente , alimentos, bromatologia, resíduos sólidos e sedimentos, herbicidas , solo, educação ambiental e bacias hidrográficas.

Rita de Cássia Mendonça de Miranda

Possui graduação em Ciências Biológicas pela Faculdade de Frassinetti do Recife (1997) especialização em biotecnologia pela UNIMONTES e mestrado em Biotecnologia de Produtos Bioativos pela Universidade Federal de Pernambuco (2001). Doutora em Biologia de Fungos pela UFPE. Tem experiência na área de microbiologia, com ênfase em Biotecnologia. Atuou no ensino básico no Colégio de Aplicação da UFPE, ministrando ciências e biologia para ensino fundamental e médio, bem como no ensino de graduação e pós graduação onde ministrou as disciplinas de microbiologia básica, microbiologia ambiental e prevenção e controle da poluição atmosférica. Realizou o pós doutoramento como bolsista do programa PNPD na Universidade Federal de Sergipe vinculada ao mestrado de Ciências e Tecnologia de Alimentos, onde atuou na investigação de compostos de aroma em frutos tropicais e produção de pigmentos e compostos de aroma por via biotecnológica, além de ministrar disciplina no programa de Pós Graduação em Ciências e Tecnologia de Alimentos e no Instituto Tecnologia e Pesquisa (ITP), da Universidade Tiradentes desenvolvendo projetos na área de Biotecnologia e Bioprocessos. Atualmente é professora da Universidade Ceuma, vinculada aos programas de mestrado em Meio Ambiente e Biociência Aplicada à Saúde como docente permanente, além de atuar nos cursos de graduação em Engenharia Ambiental, Fisioterapia, Nutrição, Biomedicina, Medicina e Enfermagem. Pertence ao quadro de professores permanente do Doutorado em Rede de Biodiversidade e Bioecnologia da Amazônia Legal atuando com pesquisas na área de Biorremediação, Tratamento de Resíduo e Investigação de Compostos Bioativos.

ORGANIZADORES

Darlan Ferreira da Silva

Doutor em Química Analítica pela Universidade de São Paulo - IQSC/USP (2016). Mestre em Química Analítica pela Universidade Federal do Maranhão UFMA (2010). Graduado em Licenciatura em Química pela Universidade Estadual do Maranhão - UEMA (2008). Durante o mestrado desenvolveu pesquisa na área de Química Analítica, estudando a contaminação por inseticidas organofosforados em grãos de arroz por meio de técnicas cromatográficas (HS-SPME-GC/MS) na Universidade Federal do Maranhão e eletroanalíticas empregando biossensores amperométricos na Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (IQ/UNESP). Durante o doutorado adquiriu experiência na área química analítica ambiental, atuando nos seguintes temas: contaminação de solos, poluentes orgânicos persistentes (POPs, PCBs), métodos de extração em fase sólida (SPE, SPME), extração assistida por micro-ondas (MAE), cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC), cromatografia gasosa (GC/MS), bioherbicidas, otimização de métodos (RSM). Tem experiência no Sistema de Gestão de Laboratório (NBR ISO/IEC 17025 e Boas Práticas de Laboratório) e no Sistema de Gestão Ambiental (NBR ISO 14001). Atualmente, trabalha com análise de fitoativos em resíduos orgânicos; bioadsorvente; análise de parâmetros físico-químicos de água, solo e sedimento; Processos Oxidativos Avançados (POA) utilizando análise estatística multivariada.

Eduardo Henrique Costa Rodrigues

Possui graduação em Oceanografia pela Universidade Federal do Maranhão (2012), graduação em Gestão Ambiental pela Universidade Ceuma (2023), mestrado em Sustentabilidade de Ecossistemas pela Universidade Federal do Maranhão (2014) e doutorado em Ciências Ambientais pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (2019). Atualmente é professor da Universidade Ceuma (Graduação em Eng. Ambiental e Gestão Ambiental) e do Mestrado em Meio Ambiente. É pesquisador no Laboratório de Limnologia do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo - USP e do laboratório de Ciências Ambientais da Universidade Ceuma. Atualmente desenvolve pesquisa com poluição plástica em sistemas aquáticos (continentais e costeiros) e formação de biofilme microbiano associado. Tem experiência na área de Ecologia, com ênfase em Ecologia de Ecossistemas, atuando principalmente nos seguintes temas: gestão ambiental e de bacias, poluição e qualidade da água, eutrofização, fitoplâncton e bioindicadores de qualidade ambiental.

Fabício Brito Silva

Doutor em Sensoriamento Remoto (INPE/2013) onde atuou em modelagem ambiental na Amazônia, professor titular na Universidade CEUMA, onde atua nos cursos de graduação em Medicina, Engenharia da Computação e Arquitetura. Participou da elaboração e fundação do Mestrado em Meio Ambiente, o qual coordenou no período de 2016 a 2020 e em seguida atuou como Pró Reitor de Pós Graduação, Pesquisa e Extensão (2020 a 2022). Lidera o grupo de pesquisas Geotecnologias no Estudo dos Ecossistemas Maranhenses e orienta dissertações de mestrado e publicações na área de modelagem ambiental, com ênfase nos impactos ambientais e das mudanças climáticas na saúde humana. Atualmente é acadêmico do curso de Psicologia na Universidade CEUMA, onde desenvolve pesquisas na área de neurociências, investigando o impacto do ambiente na plasticidade cerebral, na gestão de conflitos e na tomada de decisões.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	14
AVALIAÇÃO DOS SEDIMENTOS DE MANGUEZAL NO MUNICÍPIO DE PAÇO DO LUMIAR – MA: UM OLHAR SOBRE A QUALIDADE AMBIENTAL	
<i>Ana Clara de Almeida Mendes</i>	
<i>Júlio Cezar Cardozo Dias</i>	
<i>Augusto Hipolito Chagas Freato</i>	
<i>Érica Mendes da Silva</i>	
<i>Fabio Henrique Ramos Braga</i>	
<i>Eduardo Henrique Costa Rodrigues</i>	
<i>Déborah Adriane Pinheiro Trindade</i>	
<i>Ione Cristina de Paiva Pereira</i>	
<i>Luís Claudio Nascimento da Silva</i>	
<i>Maria Raimunda Chagas Silva</i>	
CAPÍTULO 2.....	23
HORTAS URBANAS COMUNITÁRIAS: LOCALIZAÇÕES, BENEFÍCIOS E ATENDIMENTO DA AGENDA 2030	
<i>Amanda Gonçalves Mota</i>	
<i>Fillipe Miranda de Albuquerque</i>	
<i>Hemily Torres Barros</i>	
<i>Maria Raimunda Chagas Silva</i>	
<i>Adriana Sousa Rêgo</i>	
<i>Alexsandro Ferreira dos Santos</i>	
CAPÍTULO 3.....	38
SAÚDE E MEIO AMBIENTE À AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO LEITE UHT COMERCIALIZADO NO MUNICÍPIO DE SÃO LUÍS – MA	
<i>Mona Giselle Abreu Freitas</i>	
<i>Thalyson Costa Martins</i>	
<i>Augusto Hipolito Chagas Freato</i>	
<i>Ademilton Costa Alves</i>	
<i>Suzane Katy Rocha Oliveira</i>	
<i>Josenia Costa Ribeiro Brasil</i>	
<i>Alexsandro Ferreira dos Santos</i>	
<i>Adenilde Nascimento Mouchrek</i>	
<i>Maria do Livramento de Paula</i>	

CAPÍTULO 452
HOMICÍDIOS DE INDÍGENAS E DEGRADAÇÃO AMBIENTAL: UMA ANÁLISE DA VIOLÊNCIA E DA INVISIBILIDADE NO MARANHÃO (2010-2022)

Maria Fabiana Neres Carvalho

Ester Sampaio Ribeiro

Carlos Henrique Brito Sá Barretto

Airton Alves de Lima

Flor de Maria Araujo Mendonça Silva

Aruanã Joaquim Matheus Costa Rodrigues Pinheiro

Maycon Henrique Franzoi Melo

CAPÍTULO 5.....59
CEFALEIA E NÍVEIS DE POLUENTES DO AR E TEMPERATURA AMBIENTAL – REVISÃO INTEGRATIVA

Dheyse Moreira dos Santos

Camila Vitória de Moraes Costa

Guilherme Gonçalves Silva Pinto

Julieny Bastos dos Santos Soares

Matheus Rafael Feques Ferreira Nogueira

Rodrigo Sousa Andrade

Ryan Pinheiro Castro

Bruna Katarine Beserra Paz

Fabricio Brito Silva

Maria Claudia Gonçalves

CAPÍTULO 6.....67
POTENCIAL BIOENERGÉTICO DA BIOMASSA DE BACURI (*Platonia insignis* MART.): AVALIAÇÃO DA BLEND (ENDOCARPO E EPICARPO) PARA APLICAÇÕES SUSTENTÁVEIS EM TERMOCONVERSÃO

Paulo Leonardo Santos Gouveia

Arthur Vinicius Sousa Silva

Glauber Cruz

Wolia Costa Gomes

CAPÍTULO 7.....81
CONFECÇÃO DE CARTILHA EDUCATIVA SOBRE O REGANHO DE PESO EM PACIENTES PÓS CIRÚRGIA BARIÁTRICA

Júlia Marques Oliveira

Ângela Tâmara Souza Barroqueiro

Lívia Muritiba Pereira de Lima Coimbra

Luiz Eduardo de Andrade Sodré

Rosângela Maria Lopes de Sousa

Taylanna Muniz Martins Diniz

Sílvia Raimunda Costa Leite
Janaina Maiana Abreu Barbosa
Antonia Caroline Diniz Brito
Alexsandro Ferreira dos Santos

CAPÍTULO 889
DIVERSIDADE FILOGENÉTICA E ATIVIDADE BIOLÓGICA DE COMPOSTOS BIOATIVOS PRODUZIDOS POR *Streptomyces* spp. ISOLADOS DO AMBIENTE

Emanuelle Ketthlen Nunes Araújo
Elian Chaves Ribeiro
Raul da Cruz Texeira
Rosa Amélia Mendonça Sátiro Pinheiro
João Guilherme Santos Pereira
Domendes José Silva Machado
Fernanda Costa Rosa
Rafaela Lobato da Silva
Ronald da Silva de Jesus
Rita de Cássia Mendonça de Miranda

CAPÍTULO 9.....104
OTIMIZAÇÃO DE MEIO DE CULTURA PARA ISOLAMENTO E PRODUÇÃO DE METABÓLITOS SECUNDÁRIOS POR ACTINOBACTÉRIAS

Elian Chaves Ribeiro
Emanuelle Ketthlen Nunes Araújo
Margareth Santos Costa Penha
Gabriel Almeida Lisboa Oliveira
Adriana Silva do Nascimento
Rita de Cássia Mendonça de Miranda

CAPÍTULO 10118
EDUCAÇÃO AMBIENTAL E OS DESAFIOS ECOLÓGICOS: UM ESTUDO DE CASO NA PRAIA DE MANGUE SECO, RAPOSA – MA

Ana Claudia dos Passos Mendonça Muniz
Amanda Caroline Nascimento Sousa
Chrystian Braga Carvalho
Evilson Raimundo Braga Campos
Fillipe Miranda de Albuquerque
Francisco Nicolau Silva Ewerton
Hellany Erika Costa Batista
Ismael Duarte Assunção
Lucas Evandro Espínola Lobo
Maria Julia Nunes

Paulo de Jesus Pereira Neto
Túlio da Silva Xavier
Maria Raimunda Chagas Silva
Darlan Ferreira da Silva

CAPÍTULO 11.....127

SAÚDE DOS MANGUEZAIS: ANÁLISE MICROBIOLÓGICA E FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA DO MANGUEZAL NO POVOADO DE MOCAJITUBA, MUNICÍPIO DE PAÇO DO LUMIAR - MA

Valdemiro Freitas Neto
Thalita Rachel Cardoso Cruz Silva
Raphisa Brenda Campos Borges
Wallace Borges Pachêco
Eduardo Henrique Costa Rodrigues
Wellison da Cunha Araújo Firmo
Ana Célia Almeida Ferraz
Ricardo Monteles
Marliete Carvalho da Costa
Izabel Cristina Portela Bogéa Serra
Maria Raimunda Chagas Silva

CAPÍTULO 12138

VIABILIDADE DO APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DE BIOGÁS EM ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO: UMA REVISÃO DE LITERATURA

Lucas Evandro Espínola Lobo
Paulo Leonardo Santos Gouveia
Leandro Guimarães Borges
Anyelle Araujo Cardoso Bento
Wolia Costa Gomes

CAPÍTULO 13147

RUÍDOS EM CENTROS CIRÚRGICOS HOSPITALARES E SEUS IMPACTOS NOS PROFISIONAIS E PACIENTES: REVISÃO DE LITERATURA

Maria Bernardete Barros Figueiredo
Elias Victor Figueiredo dos Santo
Leandro Batista da Silva Araújo
Amanda Caroline Nascimento Sousa
Rodrigo Vieira Blasques
Angela Falcai
Amanda Silva dos Santos Aliança
Rafiza Felix Marão Martins
Paulo Cesar Mendes Villis

CAPÍTULO 14.....160
ADESÃO DO EXERCÍCIO FÍSICO EM PACIENTES DIABÉTICOS: UMA REVISÃO INTEGRATIVA

Edmilla Pinheiro Araújo

Lívia Victória Carvalho de Lima

Maria do Perpétuo Socorro Raposo Martins Costa

Pedro Henrique Bringel Lima

Pedro Lopes Aragão Filho

Saulo Andrada Cantanhede Silva

Karilenne de Sousa Pinto

Janaina Maiana Abreu Barbosa

Adriana Sousa Rêgo

Flor de Maria Araujo Mendonça Silva

CAPÍTULO 15171

CONSUMO E IMPACTO DOS CANUDOS PLÁSTICOS NO MEIO AMBIENTE NA VISÃO DA LEI Nº 11.014/2019: A PERCEPÇÃO DOS CONSUMIDORES E PROPRIETÁRIOS DE ESTABELECIMENTOS COMERCIAIS

Mariana Nogueira Guimarães

Edilson Santos Castro

Maria Lucia Alvino

Rhamid Kalil Trabulsi

Neemias Muniz de Sousa

Ivone Ascar Sauáia Guimarães

Fernanda Oliveira Sousa Araruna

Carlos Alberto Bezerra Tomaz

Maria Raimunda Chagas Silva

CAPÍTULO 16189

A NATUREZA COMO TERAPIA: IMPACTOS E DESAFIOS DA EXPOSIÇÃO NATURAL NO DESENVOLVIMENTO DE CRIANÇAS COM AUTISMO

Fabrcio Brito Silva

Antonio Augusto Sousa Júnior

Ektor Kayã Magalhães de Melo

Leticia Desterro e Silva Moreira Lima

Leonardo Simão da Silva

Francisco José da Conceição Lima

Ricardo Brito Silva

Thalita Rachel Cardoso Cruz Silva

Pollianna Galvão

Daniel Carvalho de Matos

CAPÍTULO 17201
CONTEXTUALIZANDO A RELAÇÃO DE QUEIMADAS E SAÚDE HUMANA: REVISÃO DE LITERATURA

Émilly Rauani Chaves Gomes Diniz

Janaina Maiana Abreu Barbosa

José Haroldo Bandeira Sousa

Alexsandro Ferreira Dos Santos

Maria Cláudia Gonçalves

Paula Caroline Ferreira Bizerra

Bruna Rêgo Bandeira Sousa

Thallita Karolline de Queiroz Pereira Serra

Wellison da Cunha Araújo Firmo

José Sérgio Macedo

Adriana Sousa Rêgo

CAPÍTULO 18207
EQUILÍBRIO FUNCIONAL EM IDOSAS COM HISTÓRICO DE CEFALEIA

Elaine Farias Ibiapina

Greice Emanuele de Sousa Santos

Ana Lourdes Avelar Nascimento

Adriana Sousa Rêgo

Daniela Bassi-Dibai

Thayllane Costa Cardoso

Geovanna Cristina Pereira Alves

José Haroldo Bandeira Sousa

Maycon Henrique Franzoi de Melo

Maria Claudia Gonçalves

1

AVALIAÇÃO DOS SEDIMENTOS DE MANGUEZAL NO MUNICÍPIO DE PAÇO DO LUMIAR – MA: UM OLHAR SOBRE A QUALIDADE AMBIENTAL

**EVALUATION OF MANGROVE SEDIMENTS IN THE MUNICIPALITY OF PAÇO DO LUMIAR
- MA: A VIEW AT ENVIRONMENTAL QUALITY**

Ana Clara de Almeida Mendes¹

Júlio Cezar Cardozo Dias²

Augusto Hipolito Chagas Freato¹

Érica Mendes da Silva³

Fabio Henrique Ramos Braga⁴

Eduardo Henrique Costa Rodrigues⁵

Déborah Adriane Pinheiro Trindade⁶

Ione Cristina de Paiva Pereira⁶

Luís Claudio Nascimento da Silva⁷

Maria Raimunda Chagas Silva⁸

1 Medicina, Universidade Ceuma, São Luís – MA

2 Mestrando em Meio Ambiente, Universidade Ceuma, São Luís – MA

3 Farmácia, Universidade Ceuma, São Luís – MA

4 Mestre em Meio ambiente, Universidade Ceuma, São Luís – MA

5 Doutor em Ciências Ambientais, Universidade CEUMA, São Luis – MA

6 Docente Universidade CEUMA, São Luis – MA

7 Docente do Programa de pós-graduação de Meio Ambiente pela Universidade CEUMA, São Luís – MA

8 Doutora em Química, Universidade Ceuma, São Luís - MA

Resumo

Os manguezais são ecossistemas localizados em zonas de transição entre terra e mar, predominando em regiões tropicais e subtropicais, onde a alta salinidade favorece a criação de habitats diversificados e ricos em espécies. Com o objetivo de avaliar a qualidade ambiental dos sedimentos do manguezal, foi realizado um estudo no povoado de Mocajituba, município de Paço do Lumiar – MA, onde a comunidade tem contato direto com esses sedimentos. Foram realizadas quatro coletas em diferentes períodos, abrangendo as estações chuvosa e seca, no Porto de Mocajituba. As amostras foram testadas com base em parâmetros físico-químicos, incluindo pH, nitritos, nitratos, fósforo total, cálcio, magnésio, matéria orgânica e carbono orgânico, além da granulometria (areia, silte e argila). Os resultados indicaram que, apesar de a maioria dos parâmetros estarem dentro das normas ambientais vigentes, não houve conformidades no pH e nos níveis de correspondência total. A análise granulométrica revelou uma predominância de areia, indicando baixa retenção de minerais e forte influência de matéria inorgânica. Além disso, a qualidade dos sedimentos variou entre as coletas realizadas nas diferentes estações, refletindo tanto as condições ambientais quanto as atividades humanas na região.

Palavras-chave: Sedimentos, Manguezal, Meio Ambiente, Paço do Lumiar.

Abstract

Mangroves are ecosystems located in transition zones between land and sea, predominantly in tropical and subtropical regions, where the high salinity favors the creation of diverse and species-rich habitats. In order to assess the environmental quality of mangrove sediments, a study was carried out in the village of Mocajituba, in the municipality of Paço do Lumiar - MA, where the community has direct contact with these sediments. Four samples were collected at different times, covering the rainy and dry seasons, in the port of Mocajituba. The samples were tested based on physical-chemical parameters, including pH, nitrites, nitrates, total phosphorus, calcium, magnesium, organic matter and organic carbon, as well as granulometry (sand, silt and clay). The results indicated that, although most of the parameters were within the environmental standards in force, pH and total correspondence levels did not comply. The granulometric analysis revealed a predominance of sand, indicating low mineral retention and a strong influence of inorganic matter. In addition, the quality of the sediments varied between the samples taken at the different stations, reflecting both environmental conditions and human activities in the region.

Keywords: Sediment, Mangrove, Mocajituba, Environment, Paço do Lumiar.



1. INTRODUÇÃO

Os manguezais representam ecossistemas costeiros tropicais cujas vegetações se desenvolvem em diversos tipos de depósitos sedimentares, como lamas, argilas e areias. Este ambiente se estende da faixa do entremarés até o limite superior das marés equinociais. Associados a esse habitat salino, encontram-se vegetações específicas, incluindo espécies arbóreas que conferem uma fisionomia distinta à região. Essas formações vegetais são típicas de costas de baixa energia ou de ambientes como estuários, lagunas, baías e enseadas. Os manguezais são reconhecidos como zonas úmidas costeiras tropicais de grande relevância ecológica, pois as marés facilitam um intercâmbio contínuo de água, nutrientes, sedimentos e organismos com as áreas costeiras vizinhas. Assim, esse ecossistema oferece diversos bens e serviços que beneficiam tanto os seres humanos quanto as comunidades de organismos costeiros (Menghini, 2004).

De acordo com Santos *et al.* (2020), os manguezais são ecossistemas de transição entre os ambientes terrestre e marinho, sujeitos ao regime das marés. Sua vegetação é composta por espécies vegetais lenhosas típicas (angiospermas) e algas adaptadas à flutuação de salinidade. Essas formações vegetais têm grande importância para a conservação da biodiversidade marinha, além de sustentarem a atividade pesqueira e a segurança alimentar das comunidades de pescadores artesanais do litoral brasileiro, conforme mencionado por Souza *et al.* (2019) e Fernandes *et al.* (2018).

O município de Paço do Lumiar, que pertence à Mesorregião Norte Maranhense e à Microrregião da Aglomeração Urbana de São Luís, é limitado ao norte pelo Oceano Atlântico e pela Raposa, e a oeste, leste e sul por São José de Ribamar. As coordenadas geográficas da localidade são 02° 31' 55" de Latitude Sul e 44° 06' 28" de Longitude Oeste. A vegetação da região é marcada pela presença de manguezais, que são considerados as unidades de paisagens naturais mais bem preservadas do município. Entre os diversos distritos que compõem Paço do Lumiar, destacam-se Iguaíba, Maioba de Mocajituba, Maioba de Cururuca, Maiobão, Mojó, Mercês, Pau Deitado, Pindoba, Pindaí, Timbuba, Rio Grande, Vila São José e Vila Cafeteira (Silva *et al.* 2020).

Os solos dos manguezais possuem uma coloração característica, cinza escuro, e um forte odor devido à presença de sulfeto de hidrogênio produzido pelas bactérias redutoras de enxofre, a porção superficial dos sedimentos, a qual é formada por diferentes tipos de areia e argila, tem como características principais a presença de poros que facilitam a percolação da água e aeração dos sedimentos durante a vazante da maré (Hossain; Nuruddin, 2015).

Os fatores físico-químicos dos sedimentos, bem como, a disposição biogeográfica, disponibilidade de plantas e animais para colonizar a área, refletem na estrutura do ecossistema. Por estarem cercados de sedimentos, são considerados locais que atraem comunidades ricas, como as bactérias, fungos, invertebrados e macroalgas (Dultra *et al.* 2020). A litologia da formação Barreiras é constituída, a partir da base, por arenitos inconsolidados, vermelhos e amarelados, siltitos amarelados a ocre e argilitos caolínicos. Nos clásticos, há ocorrência de conglomerados de matações e blocos de arenito médio a grosso, quartzoso, ferruginizado. No topo, ocorrem areias brancas quartzosas (Sousa, 2000; Pereira *et al.* 2004). Desta forma, este trabalho tem como objetivo a avaliar a qualidade ambiental dos sedimentos do manguezal, um estudo no povoado de Mocajituba, município de Paço do Lumiar – MA, onde a comunidade tem contato direto com esses sedimentos.

2. METODOLOGIA

2.1 Localização e Caracterização da Área de Estudo

A área de estudo abrange o porto de Mocajituba, localizado no município de Paço do Lumiar, que se insere no Golfão Maranhense, na região norte da Ilha do Maranhão (Figura 1). O município possui uma extensão territorial de 122,828 km² e uma população estimada em cerca de 105.121 habitantes. Dentre esses, aproximadamente 75% residem em áreas urbanas. Apesar de sua urbanização, Paço do Lumiar mantém vastas áreas de vegetação nativa, ainda não afetadas por atividades antropológicas, o que confere à região um caráter de cidade pequena do interior, caracterizada por um desenvolvimento de infraestrutura relativamente limitado (IBGE, 2014).

Para a pesquisa, foram realizadas quatro coletas em quatro pontos distintos, levando em consideração as variações sazonais, abrangendo o período chuvoso (abril) e os períodos seco (agosto e novembro) do ano de 2022.



Figura 1. Mapa de localização da área de estudo no porto de Mocajituba do município do Paço do Lumiar – Ma.

Fonte: Autores (2024).

Os pontos de coleta, identificados como P1, P2, P3 e P4, estão ilustrados na Figura 2. Cada um desses locais foi estrategicamente selecionado para representar diferentes características do ambiente do porto de Mocajituba, permitindo uma análise abrangente das variáveis estudadas. A escolha dos pontos leva em consideração fatores como a diversidade de habitats, a influência das atividades humanas e as condições ambientais específicas de cada área. Isso garantiu que os dados coletados fossem representativos e relevantes para o objetivo da pesquisa.

2.2 Técnicas de Coletas do Sedimento

As amostras de sedimento foram coletadas em áreas de remanso, onde ocorre maior acúmulo de material, utilizando-se um amostrador tipo Core ou draga de Eckman. Após a coleta, as amostras foram armazenadas em sacos plásticos e acondicionadas em caixas

isotérmicas, sendo posteriormente encaminhadas ao Laboratório de Ciências do Ambiente (LACAM) da Universidade Ceuma para as respectivas análises.

As análises realizadas incluíram a caracterização granulométrica e a determinação de nutrientes como nitrato, nitrito, cálcio, magnésio e fósforo total, além de matéria orgânica, carbono orgânico e pH.

Para a quantificação da matéria orgânica e do carbono orgânico, utilizou-se a técnica de incineração. As amostras foram pesadas em cadinhos, registrando-se os pesos antes e após a incineração em mufla. Para a matéria orgânica, 4 gramas de sedimento foram submetidas à temperatura de 600°C por 3 horas. Já para o carbono orgânico, utilizou-se 3 gramas da amostra, incineradas a 500°C por 2 horas. Com os dados obtidos, foram realizados os cálculos de determinação de ambas as variáveis (EMBRAPA, 2017).

A granulometria, que mede as frações de areia, silte e argila, foi determinada pela técnica de pipetagem, conforme descrito no *Manual de Métodos de Análise de Solo* (Silva et al., 2020), e os cálculos seguiram o princípio da Lei de Stokes.

Para a determinação do pH, aplicou-se o método descrito por (EMBRAPA, 2017), onde 10 gramas de cada amostra foram misturadas a 50 ml de água destilada. Após repouso de 1 hora, o pH foi medido com o auxílio de um pHmetro.

A análise dos nutrientes (nitrato, nitrito, fósforo, cálcio e magnésio) foi realizada por meio do fotômetro (HANNA HI 83200), seguindo a metodologia da (APHA, 2017). O procedimento consistiu na adição de 50 ml de água destilada a 2 gramas de sedimento homogeneizado, seguido de filtração em papel filtro. Após a adição de reagentes específicos, foram medidos no fotômetro Hanna HI83200 (APHA, 2017; Silva et al., 2020).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises físico-químicas apresentam uma avaliação da qualidade do sedimento do manguezal no povoado de Mocajituba, em Paço do Lumiar. Para a interpretação dos dados, os parâmetros analisados incluíram pH, nitrito (NO₂), nitrato (NO₃), fósforo total (PT), cálcio (Ca²⁺), magnésio (Mg²⁺), matéria orgânica (M.O.), carbono orgânico (C.O.) e granulometria (frações de areia, silte e argila).

As Tabelas 1, 2 e 3 apresentam os resultados obtidos nos diferentes pontos de amostragem (P1, P2, P3 e P4) durante o período de coleta em abril de 2022. Esses resultados revelam variações espaciais nos parâmetros avaliados, refletindo as características específicas de cada área amostrada no manguezal.

Tabela 1. Determinação dos parâmetros físico-químicos do sedimento no manguezal do Porto de Mocajituba, Paço do Lumiar no período chuvoso, em 22/04/2022.

Parâmetros	Valores de Referência/ EM-BRAPA, 2017	P1	P2	P3	P4
pH	6 a 8	6,55	6,74	6,87	6,80
Nitrato (NO ₃ ⁻) (mg/L)	10 mg/L	5,4	12,4	4,0	6,0
Nitrito (NO ₂ ⁻) (mg/L)	1,0 mg/L	0,04	0,19	0,04	0,01
Cálcio (Ca ²⁺) (mg/L)	> 30 mg/L	10	40	30	90
Magnésio (Mg ²⁺) (mg/L)	> 30 mg/L	20	55	60	10
Fósforo Total (PT) (mg/L)	1,0 mg/L	4,30	0,80	4,00	0,70
Areia (%)	-	75,44	76,00	56,1	68,95

Silte (%)	-	19,9	22,44	39,4	27,40
Argila (%)	-	4,66	1,56	4,50	3,65
Matéria Orgânica (M.O) (%)	> 3%	6,50	5,10	8,25	6,30
Carbono Orgânico (C.O) (%)	> 1%	1,11	1,02	1,00	1,92

Fonte: Autores (2022).

Tabela 2. Determinação dos parâmetros físico-químicos do sedimento no manguezal do Porto de Mocajituba, Paço do Lumiar no período seco, em 02/08/2022.

Parâmetros	Valores de Referência/ EM-BRAPA, 2017	P1	P2	P3	P4
pH	6 a 8	5,62	6,88	5,87	7,85
Nitrato (NO ₃ ⁻) (mg/L)	10 mg/L	29,3	29,9	3,0	25,5
Nitrito (NO ₂ ⁻) (mg/L)	1,0 mg/L	0,70	0,48	0,04	0,28
Cálcio (Ca ²⁺) (mg/L)	> 30 mg/L	12,0	45,0	30	35,0
Magnésio (Mg ²⁺) (mg/L)	> 30 mg/L	25,0	61,0	60	62,0
Fósforo Total (PT) (mg/L)	1,0 mg/L	14,60	9,90	4,00	8,30
Areia (%)	-	72,37	68,69	46,1	55,23
Silte (%)	-	23,95	29,55	29,4	42,5
Argila (%)	-	7,80	3,50	4,50	8,00
Matéria Orgânica (M.O) (%)	> 3%	3,68	1,76	6,25	2,27
Carbono Orgânico (C.O) (%)	> 1%	5,00	3,40	1,00	6,00

Fonte: Autores (2022).

Tabela 3. Determinação dos parâmetros físico-químicos do sedimento no manguezal do Porto de Mocajituba, Paço do Lumiar no período seco, em 10/11/2022.

Parâmetros	Valores de Referência/ EM-BRAPA, 2017	P1	P2	P3	P4
Parâmetros	6 a 8	6,20	6,78	6,85	6,56
pH	10 mg/L	17,3	18,5	8,23	9,89
Nitrato (NO ₃ ⁻) (mg/L)	1,0 mg/L	0,65	0,52	0,64	0,34
Nitrito (NO ₂ ⁻) (mg/L)	> 30 mg/L	11	42	31	56
Cálcio (Ca ²⁺) (mg/L)	> 30 mg/L	23	58	56	37
Magnésio (Mg ²⁺) (mg/L)	1,0 mg/L	7,32	8,89	6,93	6,78
Fósforo Total (PT) (mg/L)	-	71,91	70,65	68,5	69,69
Areia (%)	-	23,12	25,48	27,13	28,48
Silte (%)	-	7,8	7,3	4,6	3,5
Argila (%)	> 3%	4,97	3,87	4,37	1,83
Matéria Orgânica (M.O) (%)	> 1%	3,07	2,5	3,76	2,8

Fonte: Autores (2022).

Os resultados do pH variaram entre 5,62 e 7,85 nas três amostragens, com a maioria das amostras apresentando valores dentro da faixa ideal de 6 a 8. O pH dos sedimentos é ajuda na, biodisponibilidade de nutrientes e a atividade microbiológica no ambiente. Valores fora dessa faixa podem indicar acidez excessiva ou alcalinidade, que podem prejudicar a flora e fauna do manguezal. Um pH muito baixo pode ser resultante de processos

de degradação ou poluição, enquanto um pH elevado pode estar associado a atividades antrópicas, como o uso de fertilizantes.

Os níveis de nitrato (NO_3^-) e nitrito (NO_2^-) apresentaram variações, com algumas amostras excedendo os valores de referência estabelecidos. O nitrato apresentou picos consideráveis em amostras como P1 da Tabela 2 (29,3 mg/L) e P1 da Tabela 3 (17,3 mg/L), que são muito superiores ao limite recomendado de 10 mg/L. Esses altos níveis podem ser atribuídos ao escoamento de fertilizantes agrícolas e ao esgoto doméstico, que são fontes comuns de nutrientes em ambientes costeiros. A presença excessiva de nitrito, embora em níveis abaixo do limite de 1,0 mg/L, ainda é preocupante, pois pode indicar contaminação e pode ser tóxica para a biota aquática em concentrações elevadas.

Os níveis de cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}) também apresentaram variações. O cálcio, ajuda na formação de estruturas de organismos aquáticos, mostrou concentrações que variaram entre 10 mg/L e 90 mg/L. A presença de cálcio acima de 30 mg/L, conforme observado em algumas amostras, é um indicativo positivo, pois promove a saúde dos ecossistemas. Em contrapartida, os níveis de magnésio foram variáveis e, em algumas amostras, não atingiram o limiar desejável (> 30 mg/L). O magnésio é um nutriente essencial, e sua baixa concentração pode impactar negativamente a fotossíntese em plantas aquáticas.

Os níveis de fósforo total (PT) nas amostras foram predominantemente altos, com amostras como P1 da Tabela 2 apresentando 14,60 mg/L, muito além do limite de 1,0 mg/L. Isso sugere uma eutrofização potencialmente alarmante, que pode levar ao crescimento excessivo de algas, resultando em hipoxia e degradação da qualidade da água. A eutrofização em manguezais é uma preocupação ambiental significativa, pois pode comprometer a fauna e flora locais.

Corroborado por Durans *et al.* (2023), o fósforo ocorre em águas naturais e efluentes na forma de fosfatos, no qual é muito utilizado como parâmetro para classificar águas naturais, indicando que houve uma ação antrópica, principalmente decorrida de efluentes domésticos (Munin *et al.*, 2017).

A análise granulométrica revelou uma predominância de areia em todas as amostras, com variações nas frações de silte e argila. A predominância de areia sugere uma baixa retenção de nutrientes, enquanto frações mais finas (silte e argila) podem proporcionar uma maior capacidade de troca catiônica e retenção de água, essenciais para a biodiversidade. A alta proporção de areia, observada na maioria das amostras, pode limitar a capacidade dos sedimentos de sustentar a vida microbiana, que é vital para a ciclagem de nutrientes.

Os níveis de matéria orgânica (M.O.) e carbono orgânico (C.O.) apresentaram resultados variados, com a M.O. variando entre 1,76% e 6,50%. Esses parâmetros é um indicativo da saúde do ecossistema e da capacidade dos sedimentos de armazenar nutrientes. Embora algumas amostras tenham mostrado valores que atendem ao critério ($> 3\%$), outras estão abaixo, o que pode impactar negativamente a produtividade primária dos manguezais.

Ademais, seguindo o raciocínio Sassi *et al.* (2020), contaminantes tóxicos presentes nos sedimentos dos rios, lagos, áreas alagáveis e corpos de água têm potencial de desencadear degradação ambiental continuada, ou seja, manutenção de erosões e perda de fauna e flora ali cultivados. Por conseguinte, em comparação aos dados encontrados, é notório que o bioma do estudo está em constante degradação pelo alto índice de matéria inorgânica apontado nos resultados das análises das amostras coletadas.

4. CONCLUSÃO

A avaliação dos sedimentos do manguezal do Porto de Mocajituba revela uma complexidade de interações ambientais e a influência de atividades antrópicas. Os resultados indicam uma necessidade urgente de monitoramento contínuo e ações de manejo ambiental para preservar a integridade desses ecossistemas essenciais. A presença de altos níveis de nitrato e fósforo, aliada a variações na composição granulométrica e nos níveis de nutrientes, destaca a importância de estratégias de conservação e práticas de manejo sustentável para proteger esses habitats.

A análise da qualidade dos sedimentos do manguezal no povoado de Mocajituba, Paço do Lumiar, revela preocupações relacionadas à saúde ambiental da região. Embora os resultados das análises físico-químicas indiquem que muitos parâmetros estão dentro dos limites estabelecidos, a presença de não conformidades em aspectos como o pH e os níveis de fósforo total é alarmante. O aumento dos níveis de fósforo pode ser indicativo de contaminação por esgoto ou fertilizantes, o que pode impactar negativamente a biodiversidade e a funcionalidade dos ecossistemas manguezais.

Portanto, que sejam implementadas estratégias específicas de gestão ambiental, tais como o monitoramento contínuo da qualidade da água e dos sedimentos, o desenvolvimento de campanhas de conscientização voltadas para a comunidade local sobre a importância da preservação dos manguezais, a criação de áreas de preservação ao redor dos manguezais, o investimento em infraestrutura para o tratamento de esgoto e efluentes agrícolas, e a implementação de projetos de restauração ambiental para recuperar áreas de manguezal degradadas.

Referências

- APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Waste-Water**. 25. ed. New York: McGraw-Hill, 2017. 720 p.
- COSTA, M.S.; ROCHA ARAÚJO; JESUS MARTINS; SOUSA DA SILVA; COSTA, H.; MIRANDA, M.C.R. Isolamento de microrganismos de interesse biotecnológico oriundos de áreas contaminadas com agroquímicos. **Rev. Investig. Bioméd.**, v. 9, p. 17-23, 2017.
- DURANS, Érika Luana Lima; MELO, Neuriane Silva; WETTERS, Marylin Fonseca Leal de Farias; PEREIRA, Gilmárcia Pinheiro; NETO, Paulo de Jesus Pereira; OLIVEIRA, Suzane Katy Rocha; SILVA, Dyegila Karolinne Costa da; MOURA, Anna Regina Lanner de; MELO, Maycon Henrique Franzo de; RODRIGUES, Eduardo Henrique Costa; SILVA, Maria Raimunda Chagas. **Coletânea Indicadores de Qualidade Ambiental: uma perspectiva a partir da Zona de Transição Amazônica-Cerrado**. São Luís: Editora Pascal, 2023.
- DUTRA, M.L.S.; SILVA, M.R.C.; SILVA, D.F. **Avaliação Físico-Química do Sedimento na Porção Nordeste da Bacia Hidrográfica do Rio Tocantins**. Trabalho de Conclusão de Curso, São Luís, 2020.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2017. 212 p.
- FERNANDES, D.A.J.; VITORINO, M.I.; SOUZA, P.J.O.P.; JARDIM, M.A.G. Efeito da radiação solar sobre a regeneração natural de manguezal em Cuiarana, Salinópolis, Pará. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, v. 49, p. 108-122, 2018. DOI: 10.5327/Z2176-947820180333.
- KATHIRESAN, K. **Biology of Mangroves**. *Advanced Study in Marine Biology*, p. 125-145, 2001.
- MENGHINI, Ricardo Palamar. **Ecologia de manguezais: grau de perturbação e processos regenerativos em bosques de mangue da Ilha Barnabé, Baixada Santista, São Paulo, Brasil**. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, 2004. 18 p.
- SANTOS, Michel Augusto; DIAS, Rubens Ramos; JARDIM, Mário Augusto Gonçalves. Diagnóstico florístico e ambiental de um bosque de manguezal na Reserva Extrativista Chocoaré Mato Grosso, Santarém Novo, Pará, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 03, p. 1080-1093, 2020.

SANTOS, Sílvia Regina Sousa. **Levantamento da oferta turística de Paço do Lumiar:** possibilidades e limitações do município. 2016. Monografia (Bacharel em Turismo) — Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2016.

SASSI, H. P.; VAN OGTROP, F.; MORRISON, C. M.; ZHOU, K.; DUAN, J. G.; GERBA, C. P. Sediment re-suspension as a potential mechanism for viral and bacterial contaminants. **Journal of Environmental Science and Health, Part A**, v. 55, n. 12, p. 1398-1405, 2020.

SILVA, Sérgio Henrique Pinto et al. Environmental Impact of Agrochemical uses on the Island's Agricultural Production Area in Maranhão, Brazil. **GJSFR**, v. 20, p. 75-85, 2020.

2

HORTAS URBANAS COMUNITÁRIAS: LOCALIZAÇÕES, BENEFÍCIOS E ATENDIMENTO DA AGENDA 2030

URBAN COMMUNITY GARDENS: LOCATIONS, BENEFITS, AND ALIGNMENT WITH THE 2030 AGENDA

Amanda Gonçalves Mota¹

Fillipe Miranda de Albuquerque¹

Hemily Torres Barros¹

Maria Raimunda Chagas Silva²

Adriana Sousa Rêgo³

Alexsandro Ferreira dos Santos⁴

1 Mestranda Programa de Pós Graduação Stricto sensu Mestrado em Meio Ambiente, Universidade CEUMA, São Luís-MA

2 Dra. em Química Analítica, Docente do Programa de Pós Graduação Stricto sensu Mestrado em Meio Ambiente, Universidade CEUMA, São Luís-MA

3 Dra. em Saúde Coletiva, Docente do Programa de Pós Graduação Stricto sensu Mestrado em Meio Ambiente, Universidade CEUMA, São Luís-MA

4 Dr. em Ciências da Saúde, Docente do Programa de Pós Graduação Stricto sensu Mestrado em Meio Ambiente, Universidade CEUMA, São Luís-MA

Resumo

As hortas urbanas, localizadas em praças e terrenos baldios, garantem acesso a alimentos frescos e promovem a sustentabilidade ambiental, fortalecendo comunidades locais. Alinhadas aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), ajudam a combater a fome e promovem cidades mais sustentáveis. Buscou-se levantar dados sobre hortas urbanas comunitárias e suas localizações, benefícios e atendimento à agenda30. Tratou-se de uma revisão bibliográfica simples realizada durante os meses de setembro a outubro de 2024, foram avaliados artigos científicos das fontes de informações eletrônicas: Google Acadêmico, PubMed e SciELO, utilizando-se assim, o navegador booleano “AND” para correlacionar os termos nas bases de pesquisas. Foram utilizados artigos que estavam correlacionados ao tema proposto, sendo textos completos, originais, estudos transversais, ensaios clínicos e revisão de revistas de impacto científico, nos idiomas português, inglês ou espanhol com período publicação nos últimos 10 anos. Notou-se que as hortas urbanas estão diretamente relacionadas às ODS, contribuindo para o ODS 2 (Fome Zero) ao fornecer alimentos frescos e nutritivos, e para o ODS 11 (Cidades Sustentáveis) ao revitalizar espaços urbanos subutilizados. Elas também promovem o ODS 3 (Saúde e Bem-Estar) ao melhorar a saúde física e mental das comunidades. Além disso, as práticas de compostagem nas hortas apoiam o ODS 12 (Consumo e Produção Sustentáveis). Exemplos como a Horta das Corujas em São Paulo e iniciativas internacionais mostram seu papel na segurança alimentar e na educação sobre práticas sustentáveis. As hortas comunitárias são ferramentas multifuncionais que promovem a sustentabilidade ambiental, melhoram a saúde, a inclusão social e a economia local, alinhando-se a várias metas dos ODS.

Palavras-chave: Horta Urbana, ODS, Benefícios, Sustentabilidade.

Abstract

Urban gardens, located in public squares and vacant lots, ensure access to fresh food and promote environmental sustainability while strengthening local communities. Aligned with the Sustainable Development Goals (SDGs), they help combat hunger and promote more sustainable cities. This study aimed to gather data on community urban gardens, their locations, benefits, and alignment with the 2030 Agenda. A simple bibliographic review was conducted from September to October 2024, evaluating scientific articles from electronic information sources: Google Scholar, PubMed, and SciELO, using the Boolean operator “AND” to correlate terms in the research databases. Articles relevant to the proposed theme were utilized, including full-text, original studies, cross-sectional studies, clinical trials, and reviews from high-impact scientific journals, published in Portuguese, English, or Spanish within the last eight years. It was noted that urban gardens are directly related to the SDGs, contributing to SDG 2 (Zero Hunger) by providing fresh and nutritious food and to SDG 11 (Sustainable Cities) by revitalizing underutilized urban spaces. They also promote SDG 3 (Good Health and Well-being) by improving the physical and mental health of communities. Furthermore, composting practices in gardens support SDG 12 (Responsible Consumption and Production). Examples such as the Horta das Corujas in São Paulo and international initiatives demonstrate their role in food security and education on sustainable practices. Community gardens are multifunctional tools that promote environmental sustainability, improve health, foster social inclusion, and boost the local economy, aligning with various SDG targets.

Keywords: Urban Garden, SDGs, Benefits, Sustainability.

1. INTRODUÇÃO

Horta urbana significa o cultivo de alimentos na cidade, muitas vezes em espaços como praças, parques, ou locais que não estão sendo utilizados como lotes ou terrenos baldios, ou mesmo em pequenos jardins em frente às casas. Essas hortas têm crescido em popularidade devido aos benefícios, como fornecer acesso a alimentos frescos e saudáveis, promover a sustentabilidade ambiental, criar comunidades locais mais fortes (Cunha; Cardoso, 2022).

As hortas urbanas e comunitárias desempenham um papel fundamental na promoção da segurança alimentar, especialmente em áreas urbanas de periferias onde o acesso a alimentos frescos e saudáveis pode ser limitado. Essas hortas permitem que comunidades cultivem seus próprios alimentos, garantindo uma fonte de nutrição acessível e de qualidade. Além disso, as hortas desempenham um papel importante na preservação ambiental, melhorando a qualidade do ar e do solo, e incentivando práticas sustentáveis. Assim, ao integrar aspectos de saúde, segurança alimentar e sustentabilidade, as hortas urbanas e comunitárias se consolidam como espaços essenciais para o desenvolvimento de uma sociedade mais equilibrada, consciente (Nars *et al.*, 2022; Vasconcelo *et al.*, 2022; Lopes *et al.*, 2023; Garcia *et al.*, 2018).

Em relação ao meio ambiente as hortas melhoram a qualidade do ar e do solo, aumentando a biodiversidade local e criando. As práticas de compostagem frequentemente adotadas nas hortas urbanas ajudam a reduzir a quantidade de resíduos orgânicos enviados para aterros, transformando-os em nutrientes para as plantas. As hortas também atuam como espaços verdes que ajudam a no efeito das ilhas de calor nas cidades, contribuindo para a regulação da temperatura local. Ao educar a população sobre práticas agrícolas sustentáveis e a importância da conservação ambiental, as hortas urbanas fortalecem a consciência ecológica e incentivam comportamentos mais sustentáveis no cotidiano (Schmitt; Pereira; Carvalho, 2024; Santos *et al.*, 2021; Corrêa *et al.*, 2020).

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Hortas Urbanas no Brasil e no Mundo

A Horta das Corujas é uma das principais hortas urbanas localizada na cidade de São Paulo no bairro Vila Madalena, tendo surgido em 2012. O projeto surgiu a partir dos movimentos dos cidadãos que buscavam transformar um espaço público abandonado em uma área produtiva e comunitária, sem a intermediação direta do poder público no início, mas com o tempo conquistou reconhecimento e apoio das autoridades municipais. A Horta das Corujas promove a participação coletiva, onde os moradores se envolvem na manutenção, planejamento e colheita, tornando-se um símbolo de ativismo urbano e práticas sustentáveis. A iniciativa é considerada um marco no ativismo ecológico e urbano em São Paulo, destacando-se por sua gestão comunitária e pelo impacto positivo na qualidade de vida (Nagib, 2019).

A Horta do Dirceu, localizada em Teresina, Piauí, foi criada nos anos 80 como parte de um projeto para combater a marginalização de crianças e adolescentes na periferia. Com o tempo, o projeto se expandiu para incluir outras famílias, especialmente devido ao aumento do desemprego na cidade. A horta promove a produção de alimentos frescos e saudáveis, ao mesmo tempo em que gera renda para as famílias envolvidas. Além dis-



so, contribui para o desenvolvimento local, fortalecendo o cooperativismo e o associativismo entre os moradores, além de reduzir a insegurança alimentar. É considerada uma das maiores hortas comunitárias da América Latina, com grande impacto social e ambiental, promovendo a sustentabilidade e o bem-estar das famílias (Silva *et al.*, 2016).

Na cidade de Nova York nos Estados Unidos, na década de 1970 e 1980 com a crise urbana que inclui a escassez de moradias e o aumento da pobreza, surgiram várias hortas urbanas. Esses espaços foram criados por comunidades locais que buscavam transformar terrenos abandonados em áreas produtivas e verdes, promovendo a agricultura urbana e a coesão social. Esses jardins evoluíram ao longo dos anos, enfrentando desafios como gentrificação e pressões de desenvolvimento, mas continuam a ser fundamentais para a saúde e o bem-estar das comunidades de Nova York (Jie; Yating, 2022).

Após o colapso da União Soviética, Cuba enfrentou uma grave crise de alimentos e combustíveis, levando a uma transformação significativa em sua política agrícola. As hortas urbanas surgiram como uma solução, utilizando terrenos baldios e espaços públicos para cultivar alimentos. Esse modelo de agricultura urbana não apenas ajudou a aliviar a pressão sobre o sistema alimentar, mas também se tornou uma importante fonte de emprego e renda para muitas famílias. Essa transição foi vista como uma oportunidade de promover práticas agrícolas mais sustentáveis e acessíveis. A experiência cubana serve como um exemplo positivo, demonstrando a viabilidade de um sistema agroecológico que prioriza a soberania alimentar e a produção local. As políticas públicas que apoiam essa transição, como a formação de agricultores e a promoção de métodos agroecológicos, são consideradas essenciais para o sucesso desse modelo (Machado, 2022).

No artigo de Ikeda, Akiyama e Wiesenber (2023) são analisadas hortas urbanas em Berlim, Roma e Tóquio, destacando suas funções sociais e ambientais. Em Berlim, as hortas promovem a inclusão social, especialmente entre comunidades migrantes, e contribuem para a segurança alimentar local. No entanto, enfrentam desafios como a pressão por desenvolvimento urbano. Já em Roma, as hortas refletem uma combinação de tradições agrícolas e inovação, fortalecendo laços comunitários e incentivando práticas sustentáveis, mas também lidam com a especulação imobiliária. E em Tóquio, as hortas urbanas são essenciais para a resiliência da cidade em desastres naturais, funcionando como espaços recreativos e produtivos. Elas integram a cultura de jardinagem japonesa, apesar da competição por espaço. Essas hortas exemplificam como a jardinagem urbana pode fomentar a sustentabilidade e a coesão social nas cidades, mesmo diante de desafios comuns.

2.2 Benefícios das Hortas Urbanas Comunitárias

As hortas urbanas são uma ferramenta importante na promoção de benefícios sociais, econômicos, ambientais, na segurança alimentar e nutricional, no desenvolvimento da sustentabilidade da população nos espaços urbanos, como: geração de trabalho e renda, melhoria da qualidade de vida, diminuição do custo de alimentos, o incentivo ao mercado local, fácil acesso a produtos saudáveis e frescos, a melhoria da alimentação/nutrição, otimização de áreas urbanas considerada como ociosas, manutenção de espaços verdes nas cidades, desenvolvimento da relação harmônica entre meio-ambiente e seres humanos, aumento na produção de alimento mais saudáveis (Corrêa *et al.*, 2020; Cunha; Cardoso, 2022; FAO, 2018; Cunha; Cardoso, 2022).

No âmbito da alimentação, as hortas comunitárias contribuem na segurança alimentar e nutricional (SAN), proporcionam acesso direto a alimentos frescos e nutritivos, muitas vezes não disponíveis, ou acessíveis nas áreas urbanas economicamente mais carentes.

Isso ajuda a diversificar a dieta das populações urbanas e a combater a desnutrição. As atividades de agricultura urbana também podem servir como ferramentas educacionais, ensinando práticas agrícolas sustentáveis, habilidades culinárias e nutricionais, e promovendo uma compreensão mais profunda da conexão entre alimentação, saúde e meio ambiente (Santos; Machado, 2020). Portanto, as práticas de agricultura urbana são fundamentais para garantir a SAN em contextos urbanos, especialmente em áreas onde o acesso a alimentos frescos e nutritivos é limitado devido a desafios socioeconômicos ou ambientais (Cunha; Cardoso, 2022).

Além disso, as hortas comunitárias podem contribuir para o bem-estar mental e a qualidade de vida, pois ao passar tempo ao ar livre, e em contato com a natureza é possível reduzir o estresse e a ansiedade. As hortas oferecem um ambiente tranquilo e natural, onde às pessoas podem se reconectar com o mundo natural, o que pode ter efeitos positivos na saúde mental. Cuidar de uma horta envolve atividades físicas como: plantio, rega, capina e colheita, e o exercício regular é conhecido por reduzir os sintomas de ansiedade e melhorar o humor, liberando endorfinas e promovendo uma sensação de bem-estar. Não obstante, a prática pode gerar também oportunidade de interagir com outras pessoas que compartilham interesses semelhantes, e ajudar a reduzir sentimentos de solidão e isolamento, que são fatores de risco para a ansiedade (Litt, 2023).

2.3 Hortas urbanas e Agenda 2030

A Agenda 2030 da ONU é baseada em 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), e as hortas urbanas podem ser uma ferramenta fundamental no cumprimento de alguns destes ODS. As hortas urbanas podem contribuir para o ODS 2 (Fome Zero e Agricultura Sustentável) ao fornecer alimentos frescos e nutritivos para comunidades urbanas, ajudando a combater a insegurança alimentar e a melhorar a soberania alimentar. Essas hortas também promovem o ODS 11 (Cidades e Comunidades Sustentáveis), revitalizando terrenos urbanos subutilizados, criando espaços verdes e contribuindo para o bem-estar da população local (Navarro *et al.*, 2019).

Outro impacto significativo está relacionado ao ODS 12 (Consumo e Produção Sustentáveis). A compostagem de resíduos orgânicos, por exemplo, é uma prática comum nas hortas urbanas, reduzindo a quantidade de resíduos enviados para aterros sanitários e promovendo uma gestão sustentável dos recursos. Além disso, essas hortas incentivam práticas agrícolas ecológicas e a redução do uso de agrotóxicos (Maciel; Lima; Pinheiro 2023).

No estudo de Pinto *et al.* (2017) é destacado que as hortas estão diretamente ligadas ao ODS 3 (Saúde e Bem-Estar) por meio de diversos benefícios à saúde física e mental da comunidade. Ao oferecer um espaço de convivência em meio a áreas urbanas essas hortas promovem a prática de atividades físicas, como jardinagem e cultivo de plantas, que são formas de exercício leve e acessível para pessoas de diferente idade. O aspecto mental e social, o estudo aponta que a participação em atividades nas hortas, tais como: mutirões e oficinas, fortalecem laços comunitários e promovem o bem-estar emocional. Essa interação com o ambiente natural também tem efeitos terapêuticos, favorecendo a redução da ansiedade e da depressão, especialmente em áreas urbanas onde o contato com a natureza é limitado. Esses fatores conectam diretamente a função das hortas urbanas à promoção de saúde integral, como defendido pelo ODS 3, ao incentivar uma vida mais saudável e equilibrada.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área de estudo

O estudo realizado foi uma revisão bibliográfica simples, realizado no Núcleo de Estudos em Alimentação e Nutrição da Universidade CEUMA, localizado no Laboratório de Avaliação Nutricional da universidade (Campus Renascença, São Luís, Maranhão, Brasil), devido ao acesso facilitado ao acervo de informações, conexão com internet e estrutura física adequada para realização da pesquisa.

3.2 Período de estudo

O período de coleta de dados correspondeu aos meses de setembro a outubro de 2024 e devido às características da pesquisa não foi obrigatório submissão da mesma a fim de avaliação ética, no Comitê de Ética em Pesquisa, estando devidamente respaldada pela legislação CNS nº 466/12 do Conselho Nacional de Saúde.

3.3 Seleção da literatura

Os artigos científicos utilizados para pesquisa foram selecionados pelos pesquisadores através da classificação de originalidade e de revisão associado ao tema pesquisado. Sendo as fontes de informações eletrônicas utilizadas correspondentes as bases de dados Google Acadêmico, PubMed e SciELO, utilizando-se assim, o navegador booleano “AND” a fim de correlacionar os termos nas bases de pesquisas, os quais destacam-se: “hortas urbanas AND benefícios”; “hortas AND ODS”; “hortas AND localizações”. A partir disso, os artigos foram sendo separados a priori por título, resumo e ano de publicação de 2014 a 2024.

Para a seleção das referências, foram consideradas como critério de inclusão as bibliografias cujo objetivo estava correlacionado ao tema: hortas urbanas comunitárias: localizações, benefícios e atendimento da agenda30 e revisão de revistas de impacto científico; disponíveis via internet, nos idiomas português, inglês ou espanhol dentro do período publicação dos últimos oito anos.

Posteriormente, após leitura completa, artigos que não se enquadraram aos objetivos propostos na pesquisa, isto é, aqueles que não atenderam aos critérios deste estudo, ou distinguiram do período de publicação estabelecido pelo pesquisador (>10 anos de publicação), em revistas sem cunho científico, apresentaram-se duplicados ou incompletos também foram excluídos. O fluxo de seleção pode ser observado na Figura 1.

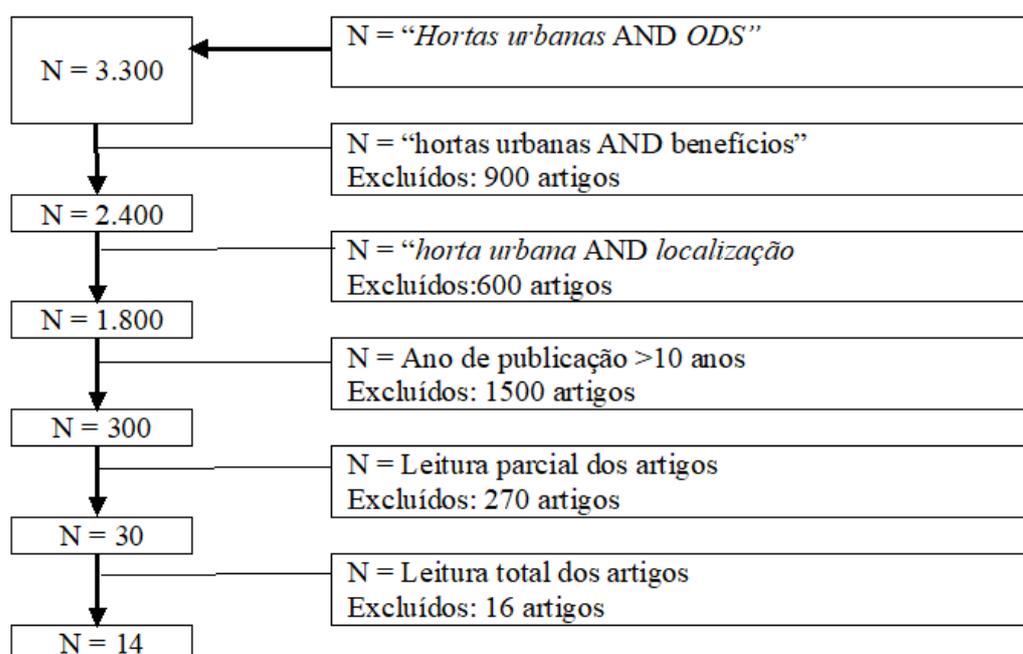


Figura 1. Fluxograma de seleção da amostra. Fonte: Autores (2024)

3.4 Análise de dados

A análise de dados deu-se por meio da leitura profunda dos textos verdadeiramente inseridos na revisão de literatura, que restaram após os critérios de exclusão. A leitura completa do texto se seguiu por parte do pesquisador, os quais foram analisados título, ano de publicação, local de publicação, conteúdo científico apresentados no estudo ao longo da dissertação, e, por fim, os resultados abordados em cada um deles, sempre verificando a conformidade com o objetivo apresentado no início.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após o acesso às bases de dados científicas, foram obtidas ao todo 300 publicações científicas depois de serem excluídos os textos científicos por estarem com período de publicação maior que 10 anos. Em seguida, a partir da leitura parcial ou integral foram excluídos 270 artigos, por não atenderem completamente aos critérios de inclusão estabelecidos na metodologia. Assim, 14 artigos foram elegíveis para compor a revisão (Figura 1).

O estudo de Rocha, Nascimento e Francos (2019) mostra que as hortas urbanas estão localizadas em terrenos, como praças, áreas de proteção ambiental, terrenos baldios, ou espaços cedidos por instituições públicas e privados. E também varia de acordo com os objetivos das iniciativas: algumas estão em áreas de moradia social ou em bairros onde a vulnerabilidade alimentar é maior, promovendo segurança alimentar e inclusão social. As hortas urbanas tendem a estar próximas de onde as comunidades residem, o que facilita a participação dos moradores e o consumo local dos alimentos produzidos.

Essas localizações podem ser confirmadas no estudo de Nagib (2019), em que ele descreve sobre a Horta das Corujas na cidade de São Paulo. Essa horta está em um espaço público que antes era um terreno abandonado, e foi escolhido justamente por poder ser revitalizado e transformado em espaço produtivo e comunitário. A horta está situada em uma

área residencial e próxima a um parque, o que favorece a integração com a comunidade local. Além disso, por ser em um local central é acessível para moradores de outras regiões que se interessam pela agricultura urbana.

A Horta Dirceu Arcoverde II em Teresina-PI é localizada em uma área urbana, mas marcada por desigualdades socioeconômicas, o que torna a iniciativa de hortas comunitária particularmente relevante no contexto de segurança alimentar e inclusão social. A horta está localizada em um espaço comunitário dentro do bairro, sendo um terreno abandonado que foi transformado em uma área de produção de alimentos. O trabalho destaca como esse espaço urbano foi recuperado para beneficiar a comunidade local, contribuindo para o bem-estar social e ambiental (Silva *et al.*, 2016).

Podemos notar que no estudo de Ikeda, Akiyama, Wiesenberg (2023), as hortas urbanas localizadas em Berlim e Roma também são inseridas em áreas urbanas em locais que não estão sendo utilizados como parques, terrenos abandonados, e também em áreas residenciais. Independente, ambas visam promover sustentabilidade, integração social e uma conexão mais próxima com a natureza em cidades modernas. Já em Tóquio por ser uma das cidades mais densamente povoadas do mundo, as hortas urbanas são geralmente pequenas e localizadas em telhados, terrenos privados e até em espaços reduzidos entre edifícios. Devido à limitação de espaço, essas hortas costumam serem iniciativas familiares ou comunitárias em áreas urbanas densamente povoadas. Servindo tanto para fins recreativos quanto para fornecer produtos frescos, sendo parte de um esforço mais amplo de promover sustentabilidade em um ambiente urbano de alta densidade.

Em metade dos artigos selecionados (7), foi discutida a relação das hortas comunitárias com o ODS. A ODS 2 - Fome Zero e Agricultura Sustentável foram a mais citada, aparecendo em todos os sete estudos analisados. Essa meta está fortemente relacionada à capacidade das hortas comunitárias de fornecer acesso a alimentos frescos e nutritivos, promover a agricultura sustentável e combater a insegurança alimentar nas áreas urbanas. A produção local de alimentos, sem o uso intensivo de agrotóxicos, está diretamente alinhada com os objetivos de segurança alimentar e sustentabilidade.

Por outro lado, as ODS 1 – *Erradicação da Pobreza* e ODS 13 – *Ação Contra a Mudança Global do Clima* foram mencionadas com menos frequência, aparecendo apenas em um estudo cada. A ODS 1 foi citada em um estudo que abordou a contribuição das hortas comunitárias na redução da pobreza, principalmente por meio da geração de alimentos e de oportunidades de renda para famílias de baixa renda. Apesar de sua relevância, parece haver menos foco direto nessa meta, já que os impactos das hortas na erradicação da pobreza tendem a ser mais indiretos.

Já a ODS 13, que foca na ação climática, foi citada em um único estudo que destacou como as hortas comunitárias contribuem para mitigar os efeitos das mudanças climáticas. Isso ocorre principalmente por meio da criação de espaços verdes que ajudam a reduzir as ilhas de calor urbanas e pela prática de agricultura local, que diminui a necessidade de transporte de alimentos, reduzindo a emissão de gases de efeito estufa. No entanto, esse tema aparece com menos destaque, possivelmente porque os benefícios climáticos das hortas são menos visíveis em curto prazo ou mais difíceis de quantificar diretamente.

Essa disparidade na citação das ODS reflete as diferentes ênfases que os estudos dão às várias dimensões de impacto das hortas comunitárias, com maior foco em questões relacionadas à segurança alimentar e sustentabilidade agrícola (ODS 2), e menor atenção aos impactos na pobreza e nas mudanças climáticas (ODS 1 e 13).

Quanto aos benefícios podemos notar que as hortas comunitárias ajudam a fortalecer os laços sociais entre os moradores, promovendo o engajamento coletivo e a criação de

redes de apoio. Elas oferecem um espaço onde pessoas de diferentes origens podem se reunir, colaborar e trocar conhecimentos. Contribuem para a integração de grupos marginalizados, oferecendo um espaço de pertencimento para moradores de baixa renda, imigrantes e outros grupos vulneráveis (Jie; Yating, 2022).

As hortas urbanas desempenham um papel crucial ao proporcionar acesso a alimentos frescos e saudáveis, diminuindo a dependência de produtos processados e industrializados. Isso é especialmente relevante em contextos urbanos caracterizados por altas taxas de vulnerabilidade alimentar. Essas hortas favorecem a diversidade alimentar, permitindo que os indivíduos cultivem uma variedade de frutas, verduras e hortaliças, elementos essenciais para uma dieta equilibrada e nutritiva. A participação nessas iniciativas também oferece uma excelente oportunidade para a educação em nutrição e hábitos alimentares saudáveis, promovendo uma maior consciência sobre a alimentação (Cunha; Cardoso, 2022).

O cuidado com uma horta envolve atividades físicas, como plantio, irrigação, capina e colheita. O exercício regular é amplamente reconhecido por seus efeitos benéficos, como a diminuição dos sintomas de ansiedade e a melhoria do humor, devido à liberação de endorfinas, que promovem uma sensação de bem-estar. Adicionalmente, a prática de jardinagem facilita a interação social, permitindo que indivíduos com interesses comuns se conectem, ajudando a combater sentimentos de solidão e isolamento, que são fatores de risco para a ansiedade. Portanto, as hortas urbanas não apenas melhoram o acesso a alimentos saudáveis, mas também promovem um estilo de vida ativo e uma rede social mais forte, favorecendo tanto a saúde física quanto a mental (Litt, 2023).

Sobre as hortas urbanas e sua relação com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), os estudos de Rorato (2023), Sousa, Bazzoli e Delgado (2020), Maciel *et al.* (2023), Fonseca, Morais e Chiariello (2024), Kottas e Santos (2021), Macedo e Gomes (2021) e Maciel, Lima e Pinheiro (2023) fornecem uma visão abrangente dos impactos sociais, ambientais e econômicos dessas iniciativas.

No estudo de Rorato (2023), as hortas urbanas são destacadas como ferramentas essenciais para o ODS 2: Fome Zero e Agricultura Sustentável, desempenhando um papel crucial na segurança alimentar. Ao permitir que as comunidades cultivem suas próprias frutas, verduras e hortaliças, as hortas urbanas garantem acesso a alimentos frescos e nutritivos, reduzindo a dependência de produtos industrializados e ajudando a mitigar a fome e a desnutrição, especialmente em áreas vulneráveis. Essa capacidade de produção local é um passo importante para melhorar a qualidade da dieta e promover a saúde pública.

AUTOR/ANO	OBJETIVO	ODS	RESULTADOS
Macedo e Gomes (2021)	Identificar, por meio de mapeamento, possíveis espaços urbanos vazios e baldios na cidade de Barbacena/MG (públicos ou privados), que possam ser utilizados para a criação de hortas comunitárias	<p>ODS 2: Fome Zero e Agricultura Sustentável</p> <p>ODS 11: Cidades e Comunidades Sustentáveis</p> <p>ODS 12: Consumo e Produção Responsáveis</p> <p>ODS 15: Vida Terrestre</p>	<p>- Identificação de terrenos baldios poderiam ser utilizados para a criação de hortas comunitárias</p> <p>- Encontro realizado com vereadores, com o objetivo de entender as demandas locais e propor a discussão sobre hortas comunitárias. importante para a criação de políticas públicas que facilitem a implementação dessas hortas.</p> <p>- Importância das hortas comunitárias para o desenvolvimento sustentável e a inclusão social, ressaltando os benefícios de uma agricultura urbana que contribua para uma alimentação saudável e o fortalecimento de comunidades locais.</p>
Maciel, Lima e Pinheiro (2023)	Verificar se a horticultura urbana se enquadra nos padrões de conscientização para o desenvolvimento sustentável, conforme a Agenda 2030.	<p>ODS 12: Consumo e Produção sustentáveis</p> <p>ODS 2: Fome Zero e Agricultura Sustentável.</p> <p>ODS 3: Saúde e Bem-Estar -.</p> <p>ODS 11: Cidades e Comunidades Sustentáveis</p> <p>ODS 15: Vida Terrestre.</p>	<p>- Horticultura urbana é identificada como uma prática que promove estilos de vida sustentáveis, alinhando-se com os padrões de conscientização do desenvolvimento sustentável estabelecidos pela Agenda 2030 da ONU</p> <p>- A prática está associada a um aumento na qualidade de vida dos participantes, proporcionando acesso a alimentos frescos e saudáveis.</p> <p>- Prática contribui para a segurança alimentar e nutricional, ajudando a garantir que comunidades vulneráveis tenham acesso a alimentos adequados.</p> <p>- Prática incentiva uma maior conscientização sobre questões de sustentabilidade e a importância de interagir com a natureza.</p>
Fonseca, Moraes e Chiariello (2024)	Investigar as conexões entre economia solidária, agroecologia e tecnologias sociais no contexto das hortas comunitárias urbanas.	<p>ODS 2 Fome zero e agricultura sustentável</p> <p>ODS 3 Saúde e bem-estar</p> <p>ODS 12 Consumo e produção sustentáveis</p>	<p>- A horta contribuiu para o fortalecimento das relações comunitárias, oferecendo um espaço de convivência e cooperação entre os participantes, especialmente no contexto pós-pandemia.</p> <p>- A horta desempenhou um papel importante na promoção da economia solidária e na garantia de segurança alimentar para as famílias envolvidas, especialmente em momentos de crise.</p> <p>- A adoção de práticas agroecológicas resultou em benefícios ambientais, como a promoção da biodiversidade e a utilização eficiente de recursos naturais, o que está alinhado com os princípios do desenvolvimento sustentável.</p>

<p>Sousa, Bazzoli e Delgado (2020)</p>	<p>Analisar o projeto de hortas desenvolvido pela Prefeitura de Palmas, abordando os desafios no processo de implantação e manutenção, além das dificuldades administrativas enfrentadas pela gestão dessas hortas</p>	<p>ODS 1 Erradicação da Pobreza ODS 2 Fome Zero e Agricultura Sustentável.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - As hortas urbanas promovem a inclusão social de grupos vulneráveis, especialmente pessoas de baixa renda, desempregados, idosos e mulheres. - A atividade oferece uma fonte adicional de renda para as famílias envolvidas, contribuindo para a melhoria da condição econômica de pequenos horticultores. - As hortas fortalecem a interação social entre os participantes, promovendo um senso de comunidade e cooperação entre os horticultores. - As hortas também possibilitam o resgate da prática tradicional de produção de alimentos saudáveis para o consumo próprio, o que reforça hábitos alimentares mais sustentáveis e naturais. - Foram identificadas dificuldades administrativas em relação à gestão da produção e distribuição dos alimentos, além de desafios na implantação e manutenção das hortas, o que limita a expansão do projeto.
<p>Kottas e Santos (2021)</p>	<p>descrever a evolução, os desafios e as perspectivas das hortas urbanas no Brasil, explorando o potencial dessa forma de agricultura urbana como uma alternativa agroecológica</p>	<p>ODS 2 Fome Zero e Agricultura Sustentável ODS 12 Consumo e Produção sustentáveis</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Brasil apresenta um aumento significativo de hortas urbanas, que estão entre as que mais crescem no país, devido à busca por alternativas agroecológicas que promovem segurança alimentar e nutricional. - As hortas urbanas são vistas como uma importante fonte para a consolidação da matriz agroecológica brasileira, contribuindo para a descentralização da produção de alimentos com menor dependência de agrotóxicos. - A necessidade de políticas de incentivo, conscientização da população, planejamento dos espaços de cultivo em áreas urbanas, e maior investimento em pesquisa e desenvolvimento são citados como desafios para o fortalecimento das hortas urbanas no cenário nacional.

<p>Silva <i>et al.</i> (2014)</p>	<p>Analisar o cultivo de PANC em uma horta urbana e suas contribuições para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS</p>	<p>ODS 2 Fome Zero e Agricultura Sustentável. ODS 11 Cidades e Comunidades Sustentáveis - ODS 15: Vida Terrestre</p>	<p>- O cultivo de PANC nessa horta urbana mostrou-se alinhado com três Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS): ODS 2: Contribuição para a segurança alimentar e promoção da agricultura sustentável. - As PANC espontâneas e não espontâneas inseridas na horta demonstraram um bom desenvolvimento, consolidando a prática do cultivo como viável para a promoção da segurança alimentar e da sustentabilidade em áreas urbanas. - Esses resultados reforçam o potencial das PANC como alternativa sustentável para hortas urbanas, favorecendo a biodiversidade e o engajamento comunitário na busca por metas da Agenda 2030.</p>
<p>Rocha, Nascimento e Francos (2019)</p>	<p>Investigar como as hortas comunitárias em São Paulo atuam como ferramentas de sustentabilidade urbana</p>	<p>ODS 2 - Fome Zero e Agricultura Sustentável ODS 3 - Saúde e Bem-Estar ODS 11 - Cidades e Comunidades Sustentáveis ODS 12 - Consumo e Produção Responsáveis: ODS 13 - Ação Contra a Mudança Global do Clima</p>	<p>- As hortas Promovem a Segurança Alimentar - Engajamento e Fortalecimento Comunitário - Educação Ambiental e Sustentabilidade - Contribuição para as ODS - Os resultados podem indicar que as hortas contribuem para a melhoria do microclima urbano, ajudando a reduzir as ilhas de calor e a melhorar a qualidade do ar local.</p>

Tabela 1. Descrição dos estudos incluídos nesta revisão. Fonte: Autores (2024)

Além disso, no que se refere ao ODS 3: Saúde e Bem-Estar, Rorato (2023) aponta que as hortas promovem a saúde ao oferecer alimentos saudáveis e equilibrados, reduzindo o risco de doenças crônicas. O envolvimento nas atividades de jardinagem estimula a prática de exercícios físicos e o contato com a natureza, o que beneficia a saúde mental, reduzindo o estresse e a ansiedade. A interação social fomentada por essas hortas também fortalece o apoio comunitário e diminui a solidão, essencial em tempos de crescente isolamento social.

No âmbito do ODS 11: Cidades e Comunidades Sustentáveis, Maciel, Lima e Pinheiro (2023) destaca que as hortas urbanas revitalizam espaços urbanos subutilizados e degradados, promovendo a recuperação ambiental e aumentando a quantidade de áreas verdes nas cidades. Essa transformação não apenas melhora a qualidade de vida dos moradores, mas também promove a coesão social, permitindo que os residentes participem ativamente em atividades comunitárias e desenvolvam um senso de pertencimento e res-

ponsabilidade coletiva.

Maciel *et al.* (2023) corroboram essas observações e, além de reafirmar a relevância das hortas urbanas para os ODS 2, 3 e 11, introduzem o ODS 17: Parcerias e Meios de Implementação. O estudo ressalta que a implementação bem-sucedida das hortas urbanas depende da colaboração entre diferentes setores da sociedade, como governos, ONGs, empresas e comunidades locais. O fortalecimento dessas parcerias é vital para a promoção da horticultura urbana e para a criação de políticas que apoiem a agricultura urbana sustentável. A colaboração entre esses diversos atores pode resultar em uma troca enriquecedora de conhecimentos, recursos e experiências, aumentando a eficácia das iniciativas de horticultura.

Por sua vez, Fonseca, Morais e Chiariellonn (2024) e Sousa, Bazzoli e Delgado (2020) expandem a discussão ao relacionar as hortas urbanas também com o ODS 1: Erradicação da Pobreza. As hortas comunitárias não só proporcionam acesso a alimentos frescos e saudáveis, mas também oferecem oportunidades de geração de renda para os membros da comunidade, tornando-se uma forma de sustento para famílias em situação de vulnerabilidade. Essa contribuição é fundamental para a construção de uma sociedade mais justa e equitativa, onde a segurança alimentar e a redução da pobreza andam de mãos dadas.

No estudo de Rocha, Nascimento e Francos (2019) também relacionam as hortas urbanas com a ODS 13, que nenhum outro estudo citado tinha mencionado. Relata que a ODS 13 Ação Contra a Mudança Global do Clima. As hortas podem reduzir a pegada de carbono ao promover a produção local, reduzindo a necessidade de transporte de alimentos e diminuindo os efeitos das ilhas de calor nas cidades.

Em suma, os estudos revisados mostram que as hortas urbanas são uma estratégia integrada que aborda simultaneamente questões sociais, ambientais e de saúde, alinhando-se de forma eficaz as ODS. Através da promoção da segurança alimentar, da saúde e do bem-estar, da sustentabilidade urbana e do consumo responsável, as hortas urbanas oferecem um modelo de desenvolvimento que pode ser fundamental para a realização da Agenda 2030 da ONU.

Políticas públicas voltadas para o incentivo à criação e manutenção dessas hortas podem ser cruciais para aumentar o acesso a alimentos saudáveis e frescos, combater a insegurança alimentar e promover hábitos alimentares mais saudáveis, além de contribuir para minimização da incidência de doenças e agravos crônicos não transmissíveis. Alocar recursos em áreas urbanas, priorizando regiões mais vulneráveis, pode ajudar a reduzir desigualdades e proporcionar espaços de promoção de saúde e bem-estar.

Então o cuidar da saúde humana através das hortas envolve a colaboração de vários profissionais e personas: profissionais da saúde, ambientalistas, urbanistas e educadores para desenvolver práticas que promovam não apenas a saúde física, mas também o bem-estar mental e social. Além disso, essa abordagem promove o reconhecimento da interdependência entre o cuidado ambiental e a saúde humana, evidenciando que ao cuidar do meio ambiente também cuidamos das pessoas.

5. CONCLUSÃO

As hortas comunitárias são uma ferramenta multifuncional que não apenas promove a sustentabilidade ambiental, mas também melhora a saúde, a inclusão social e a economia local, alinhando-se a várias metas das ODS. Elas representam uma solução integrada e eficaz para o desenvolvimento urbano sustentável, e seu potencial deve ser amplamente



explorado e incentivado em políticas públicas.

Também oferecem alternativas de renda e reduzem os custos com alimentos, beneficiando especialmente as populações em situação de vulnerabilidade. Elas representam uma solução integrada e eficaz para o desenvolvimento urbano sustentável, contribuindo para o bem-estar das pessoas. É essencial que o potencial das hortas comunitárias seja amplamente explorado e incentivado em políticas públicas, garantindo sua inclusão nas estratégias de planejamento urbano e desenvolvimento sustentável.

Referências

- CORRÊA, C. J. P. et al. **Semeando a cidade: Histórico e atualidades da agricultura urbana**. Ambiente & Sociedade, São Paulo, v. 23, e00751, 2020
- CORRÊA, Carina Júlia Pensa et al. Semeando a cidade: histórico e atualidades da agricultura urbana. **Ambiente & Sociedade**, v. 23, p. e00751, 2020.
- CUNHA, M. A.; CARDOSO, R. C. V. **Hortas urbanas na promoção da Segurança Alimentar e Nutricional e desenvolvimento sustentável em Salvador, Brasil**. Ambiente & Sociedade, São Paulo, v. 25, p. 1-22, 2022
- DA ROCHA SILVA, Raphaela Dias et al. Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANC): alternativa para los huertos urbanos y metas de la Agenda 2030. **Revista Latino-americana de Ambiente Construído & Sustentabilidade**, v. 4, n. 15, 2023.
- DE ASSIS PINTO, Renata Bravin et al. A horta comunitária como instrumento pedagógico para a segurança alimentar e nutricional. **Cadernos de Agroecologia [Volumes 1 (2006) a 12 (2017)]**, v. 12, n. 1, 2017.
- DE OLIVEIRA SOUSA, Tatiana; BAZZOLI, João Aparecido; DELGADO, Cecília. Agricultura urbana e alimentação: hortas urbanas em Palmas-TO. **Revista Brasileira de Direito Urbanística| RBDU**, v. 10, 2020.
- DE SÁ FILHO, Athayde Leite et al. Hortas urbanas no Brasil: Evolução, desafios e perspectivas. **Journal on Innovation and Sustainability RISUS**, v. 12, n. 1, p. 30-44, 2021.
- FONSECA, Sergio Azevedo; MORAIS, Leandro Pereira; LUIS CHIARIELLO, Caio. HORTAS URBANAS, AGROECOLOGIA, ECONOMIA SOLIDÁRIA: A HORTA COMUNITÁRIA DA ZONA NORTE EM ARARAQUARA-SP. **ORG & DEMO**, v. 25, p. e024006-e024006.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). **Agricultura urbana**. Roma, 2018. Disponível em: <http://www.fao.org/urban-agriculture/es/>. Acesso em: 05 out. 2024.
- GARCIA, Mariana T. et al. The impact of urban gardens on adequate and healthy food: a systematic review. **Public Health Nutrition**, v. 21, n. 2, p. 416-425, 2018.
- IKEDA, Mariko; AKIYAMA, Yui; WIESENBERG, Sandro. The Role of Urban Gardening in Global Cities: Three Case Studies in Berlin, Rome and Tokyo. In: **Sustainable Health Through Food, Nutrition, and Lifestyle**. Singapore: Springer Nature Singapore, 2023. p. 245-257.
- LITT, Jill S. et al. Effects of a community gardening intervention on diet, physical activity, and anthropometry outcomes in the USA (CAPS): an observer-blind, randomised controlled trial. **The lancet planetary health**, v. 7, n. 1, p. e23-e32, 2023.
- LOPES, Marileude Vieira Alves et al. ALIMENTAÇÃO SAUDÁVEL NO CONTEXTO DA ATENÇÃO PRIMÁRIA À SAÚDE: UM RELATO DE EXPERIÊNCIA. **Revista Extensão**, v. 7, n. 3, p. 20-30, 2023.
- MACÊDO, Rebeqa Carvalho; GOMES, Iara Rafaela. OS MODELOS DE PRODUÇÃO E ABASTECIMENTO ALIMENTAR: DESAFIOS RELACIONADOS AOS ODS/ONU.
- MACHADO, Mario Reinaldo. Agricultura familiar para o desenvolvimento sustentável: lições sobre política pública da transição agroecológica cubana. **The Journal of Peasant Studies**, v. 50, n. 5, p. 1878-1898, 2023.
- MACIEL, Maria de Nazareth Oliveira; DE LIMA, Herdjanía Veras; PINHEIRO, Daniel Pereira. Urban Horticulture: Social Benefits in the UN 2030 Agenda. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 46, n. 1, p. 3-13, 2023.
- NAGIB, Gustavo. Processos e materialização da agricultura urbana como ativismo na cidade de São Paulo: o caso da Horta das Corujas. **Cadernos Metrópole**, v. 21, p. 715-740, 2019.
- NASR, Elizabeth Maria Bismarck et al. Hortas Comunitárias nas Unidades de Saúde de São José dos Campos

Community Vegetable Gardens at the Health Care Units of São José dos Campos. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 5, n. 2, p. 6914-6923, 2022.

RORATO, Geisa Zanini et al. Mapeamento e caracterização das iniciativas de agricultura urbana e periurbana em Porto Alegre. **Campo-Território: revista da Geografia Agrária. Uberlândia. Vol. 18, n. 50 (2023), p. 182-205**, 2023.

SANTOS, Marília Alves dos; BONACI, Wellinton Daniel Baptista da Silveira; FOGANHOLLO, Laís Sandi. Horta comunitária e Psicologia Social: um relato de experiência. **Fractal: Revista de Psicologia**, v. 34, p. e29430, 2022.

SCHMITT, Lilian Alves; PEREIRA, Marcos Villela; CARVALHO, Isabel Cristina De Moura . Aprender sustentabilidade: caminhos de uma horta comunitária urbana do Sul do Brasil. **Devir Educação**, v. 8, n. 1, 2024.

VASCONCELOS, Carliane Vanessa Souza *et al.* Com as mãos na terra: estratégias de promoção em nutrição agroecológica. **Arquivos de Ciências da Saúde da UNIPAR**, v. 26, n. 1, 2022.

3

SAÚDE E MEIO AMBIENTE À AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO LEITE UHT COMERCIALIZADO NO MUNICÍPIO DE SÃO LUÍS – MA

HEALTH AND ENVIRONMENT TO EVALUATE THE QUALITY OF UHT MILK SOLD IN THE MUNICIPALITY OF SÃO LUÍS – MA

Mona Giselle Abreu Freitas¹

Thalyson Costa Martins²

Augusto Hipolito Chagas Freato²

Ademilton Costa Alves³

Suzane Katy Rocha Oliveira³

Josenia Costa Ribeiro Brasil³

Alexsandro Ferreira dos Santos⁴

Adenilde Nascimento Mouchrek⁵

Maria do Livramento de Paula⁵

1 Farmácia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís -MA

2 Medicina, Universidade CEUMA, São Luís -MA

3 Docente de Medicina, Universidade CEUMA, São Luís -MA

4 Docente do Mestrado Meio Ambiente Universidade CEUMA, São Luís-MA

5 Docente de Farmácia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís -MA

Resumo

O leite é um alimento essencial para a dieta humana, fornecendo nutrientes adicionais como proteínas, cálcio e vitaminas. Nos últimos anos, a preocupação com a qualidade do leite no Brasil em saúde pública quanto meio ambiente. Além disso, o processo produtivo do leite, desde a criação de gado até a industrialização e descarte das embalagens, exerce uma pressão significativa sobre o meio ambiente. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade de leites UHT comercializados em São Luís, Maranhão um olhar na saúde público e ambiente. Nos meses de abril e maio foram adquiridas 21 amostras de leite UHT, dispostas em 7 marcas e 3 lotes cada. As amostras foram submetidas a análises físico-químicas de gordura, ESD, densidade, crioscopia e teor de proteína pelo método de ultrassom e análises microbiológicas para determinação do Número Mais Provável de Coliformes a 35°C e a 45°C e Contagem de Unidades Formadoras de Colônias de bactérias aeróbias mesófilas. Os resultados evidenciaram que para os padrões físico-químicos de forma geral, a maior parte dos resultados obtidos encontrou-se fora do padrão estipulado pelas legislações vigentes. Em relação às análises microbiológicas, apresentaram carga microbiana total elevada, já que 12 amostras que representa (57,2%) tiveram contagem de aeróbios mesófilos acima do padrão estabelecido pela RTIQ para leite UHT como padrão (10^2 UFC/mL), tendo como resultado de maior contagem entre 10^5 e 10^6 UFC/mL. No que se refere aos resultados da determinação do NMP de coliformes a 35°C e coliformes a 45°C nos leites analisados, foi observado uma percentagem de 4,8% desses microrganismos, ou seja, apenas uma amostra da marca "A" apresentou contaminação, com valores de NMP na faixa de 10^3 a 10^4 . As alterações das propriedades físico-químicas e microbiológicas encontradas podem ser indicativas de problemas na qualidade do leite cru e/ou adulterações durante processamento do leite UHT. Tendo em vista os resultados obtidos nas análises, sugere-se investigar as razões pelas quais essas não conformidades ocorreram, ressaltando que melhorias devem ser adotadas para atender os padrões higiênico-sanitários desde a obtenção do leite *in natura* até a mesa do consumidor com o objetivo de garantir a qualidade nutricional, sensorial e sanitária adequados, assegurando assim um produto inócuo ao consumo humano.

Palavras-chave: Saúde e Meio Ambiente, Leite UHT, Qualidade.

Abstract

Milk is an essential food in the human diet, providing additional nutrients such as protein, calcium and vitamins. In recent years, concerns have been raised about the quality of milk in Brazil, both in terms of public health and the environment. In addition, the milk production process, from cattle breeding to industrialization and packaging disposal, exerts significant pressure on the environment. The aim of this study was to assess the quality of UHT milk sold in São Luís, Maranhão, with an eye on public health and the environment. In April and May, 21 samples of UHT milk were acquired, divided into 7 brands and 3 batches each. The samples were subjected to physical-chemical analyses of fat, ESD, density, cryoscopy and protein content using the ultrasound method, and microbiological analyses to determine the Most Probable Number of Coliforms at 35°C and 45°C and the Colony Forming Unit Count of aerobic mesophilic bacteria. The results showed that, in general, most of the physicochemical standards were outside the standards stipulated by current legislation. The microbiological analyses showed a high total microbial load, as 12 samples (57.2%) had mesophilic aerobic counts above the standard set by the RTIQ for UHT milk (10^2 UFC/mL), with the highest counts being between 10^5 and 10^6 UFC/mL. With regard to the results of determining the MPN of coliforms at 35°C and coliforms at 45°C in the milk analyzed, a percentage of 4.8% of these microorganisms was observed, i.e. only

one sample of brand “A” showed contamination, with MPN values in the 103 to 104 range. The changes in physicochemical and microbiological properties found may be indicative of problems with the quality of raw milk and/or adulteration during the processing of UHT milk. In view of the results obtained in the analyses, it is suggested that the reasons why these non-conformities occurred be investigated, emphasizing that improvements must be adopted to meet hygienic-sanitary standards from the time the milk is obtained in natura to the consumer’s table, with the aim of guaranteeing adequate nutritional, sensory and sanitary quality, thus ensuring a product that is harmless for human consumption.

Keywords: Health and Environment, UHT Milk, Quality

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o segundo maior rebanho leiteiro e o quarto maior produtor mundial de leite, ficando atrás apenas dos Estados Unidos, Índia e China, A qualidade do leite cru no Brasil vem mostrando poucas melhoras ao longo dos anos, em relação a aspectos higiênicos-sanitários (Candiotto et al., 2020; Lima et al., 2020). O aprimoramento na qualidade do leite cru pode trazer melhorias na renda do produtor, melhor desempenho das indústrias e proteção ao consumidor (Strassburger; Caye; Costella; Dalcanton, 2019), portanto, conhecer os processos para a obtenção do leite de qualidade é essencial, sendo possível dessa forma, garantir a integridade e qualidade do produto que chegará aos consumidores (Ferreira, 2020).

Para serem comercializáveis ao consumo direto pode ser aplicado o processo de homogeneização e, indiscutivelmente, empregar tratamento térmico específico: pasteurização, esterilização ou ultra-alta temperatura (UHT). Não há previsão, no entanto, quanto ao tempo e temperatura empregados (Neder et al., 2023).

O leite e suas derivadas representam gêneros nutricionais imprescindíveis para a dieta humana, devendo chegar à mesa de todos, sem perder suas características nutricionais e de conservação, evitando assim contaminações, que provavelmente culminariam em possíveis doenças (Paz, 2019).

O mercado brasileiro dispõe de várias apresentações de leite, dentre essas o leite UHT (Ultra High Temperature) ou UAT (Ultra Alta Temperatura), conhecido por “leite longa vida” é obtido pela homogeneização do produto, que em seguida é submetido a uma temperatura de 130 a 150°C, por cerca de 2 a 4 segundos, em processo térmico de fluxo contínuo. O leite é então rapidamente resfriado, a temperatura inferior a 32°C e envasado em condições assépticas, em embalagens estéreis e hermeticamente fechadas (Santos, 2019).

Desse modo, tendo em vista a importância do leite na alimentação humana, pois sua qualidade está diretamente relacionada com a saúde do consumidor, condições propícias de deterioração e o risco de transmissão de doenças para o homem, existe a preocupação com o controle de qualidade desse produto. Dessa forma o presente estudo teve como objetivo avaliar a qualidade do leite UHT comercializados em São Luís, Maranhão: um olhar na saúde público e ambiente.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O procedimento consistiu na avaliação físico-química e microbiológica de sete marcas de leite UHT, adquiridas entre os meses de abril e maio de 2014, em supermercados

de pequeno e grande porte da cidade de São Luís - MA. Inicialmente foi feita a avaliação das datas de fabricação, e todas as amostras estavam dentro do prazo de validade. Essas foram codificadas por (A, B, C, D, E, F e G) de três lotes diferentes (1, 2 e 3), perfazendo um total de vinte e uma amostras, entretanto as marcas não foram divulgadas para preservar os fabricantes.

Após a aquisição, as amostras foram armazenadas em temperatura ambiente conforme o fabricante e encaminhadas para o Laboratório de Controle de Qualidade de Alimentos e Água da Universidade Federal do Maranhão - UFMA, sendo as análises realizadas em triplicata com o objetivo de se obter maior precisão e confiabilidade dos resultados, e ao final, foi realizada as médias dessas repetições para interpretação dos dados. Com os resultados das análises, foi feita a comparação com os padrões estabelecidos pelas legislações específicas vigente (Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do leite UHT (Brasil, 1997) e a Instrução Normativa nº 51 (Brasil, 2002).

2.1 Análises físico-químicas

Para a realização das análises físico-químicas, foi utilizado um analisador de leite ultrassônico portátil, denominado “EKOMILK M / Cap-Lab” (Figura 2) que possibilita análises com maior confiança, rapidez e precisão. O equipamento realiza através da sucção de uma alíquota de leite as análises de gordura, extrato seco desengordurado (ESD), proteína, densidade, ponto de congelamento e porcentagem de água num tempo de 90 segundos, podendo processar 150 análises por hora. O aparelho apresenta como uma das vantagens a economia, por reduzir gastos com reagentes, vidrarias, utensílios e custos diretos e suas especificações técnicas são apresentadas na Tabela 1.

Foram colocados 20 mL da amostra a ser avaliada em uma cubeta e inseriu-se a mesma no local de sucção. Sendo o procedimento realizado em triplicata em cada amostra, e dos resultados feito a média.

Parâmetros	Faixa de medida	Precisão
Gordura	de 0,5% a 9%	± 0,1%
Sólidos não gordurosos (SNF)	de 6% a 12%	± 0,2%
Densidade	de 1,0260g/cm ³ a 1,0330g/cm ³	± 0,0005g/cm
Proteína	de 2% a 6%	± 0,2%
Água adicionada ao leite	de 0% a 60%	± 5%

Tabela 1. Especificações Técnicas do Analisador de Leite por Ultrassom EKOMILK M.

Fonte: Cap-Lab (2013)

2.2 Análises microbiológicas

2.2.1 Preparo da diluição das amostras

Inicialmente foram feitos os mesmos procedimentos de diluição para todas as amostras, conforme Silva *et al.*, (2007) e segundo metodologia do MAPA (2003). Foram adicionados num Erlenmeyer 225 mL do diluente, que neste caso foi solução salina a 0,85% e 25 mL da amostra, obtendo assim a diluição 1:10 (10^{-1}). Para a segunda diluição (10^{-2}) foi transferido assepticamente para um tubo de ensaio 1 mL da diluição 10^{-1} para 9 mL de diluente. Para

o preparo da última diluição (10^{-3}) foi seguido como na segunda diluição (Brasil, 2003; Silva *et al.*, 2007).

2.3 Análise de coliformes a 35°C a 45°C

Combinação de tubos positivos das 3 diluições é transposta para a tabela estatística específica, que incluem os limites de confiança dos números mais prováveis dos microrganismos pesquisados.

Para coliformes totais foram utilizadas as diluições 10^{-1} , 10^{-2} e 10^{-3} da amostra, cada uma em triplicata. A técnica consiste em transferir 1 mL de cada uma das diluições decimais para 10 mL do meio de cultura Caldo Verde Brilhante Lactose Bile 2% (VB) com tubos de Durham invertidos. Depois foram incubados em estufa bacteriológica a 35°C/24 h e observou-se se houve o crescimento com produção de gás. Nos casos negativos, foram reincubados até 48h e repetiu-se a leitura, anotando o número de tubos de VB positivos, que confirma a presença de coliformes totais. Por fim foi determinado o número mais provável (NMP/mL).

A contagem de coliformes termotolerantes foi realizada a partir dos tubos com formação de gás, fazendo um repique da cultura para tubos com o Caldo *Escherichia coli* (EC) e incubou-se por 24h em banho-maria a 45°C/24h. Por fim anotou-se o número de tubos positivos confirmativos da presença de coliformes termotolerantes e foi determinado o NMP/mL (Brasil, 2003; Silva *et al.*, 2007).

Para confirmação da presença de enterobactérias na amostra contaminada, foram semeadas através da técnica de esgotamento por estrias, uma placa de Petri contendo Ágar MacConkey (MC) e uma com Ágar Eosina Azul de Metileno (EMB). As placas foram incubadas a 35°C por 24 horas.

Em MC as enterobactérias que fermentam a lactose, abaixam o pH por causa de seus produtos metabólicos (ácidos orgânicos), que é detectado pelo indicador (vermelho neutro) originando colônias vermelhas ou rosadas e as que não fermentam a lactose aparecem incolores ou transparentes. Já em EMB os microrganismos fermentadores de lactose, são visualizados como colônias na coloração azul-preta com ou sem brilho metálico, enquanto os não fermentadores de lactose, aparecerem incolores, transparentes ou na coloração âmbar.

Então, foram realizados os testes do Sistema BacTray (Laborclin®), conforme instruções do fabricante, destinado à identificação bioquímica de bacilos Gramnegativos para identificação da espécie. Utilizou-se o BacTray I e II. Para saber se a bactéria era fermentadora da glicose ou bactéria não fermentadora oxidase negativa, utilizou-se o BacTray I (ONPG, Arginina-ADH, Lisina-LDC, Ornitina-ODC, H_2S , Uréia-URE, Glicose-VP, L-fenilalanina-PD, Triptona-IND e Citrato de sódio-CIT) e o BacTray II que é um complemento do primeiro teste (Malonato, Rhamnose-RHA, Adonitol-ADO, Salicina- Sal, Arabinose-ARA, Inositol-INO, Sorbitol-SOR, SacaroseSAC, Manitol-MAN e Rafinose-RAF).

Cada conjunto do Sistema BacTray (Laborclin®) contém um suporte de poliestireno descartável com dez compartimentos para execução das provas bioquímicas. Colocou-se para incubar em estufa bacteriológica, à temperatura de 37°C por 24h. Foi então realizada a leitura dos compartimentos de reação por meio da mudança de cor. Os dados obtidos foram analisados através do manual para identificação da bactéria analisada pelo Sistema BacTray (Laborclin®), versão 2.4, disponibilizado em CD-ROM pelo fabricante dos testes.

2.4 Análise de microrganismos aeróbios mesófilos totais

Esta análise foi realizada pela técnica de plaqueamento em profundidade (*Pour Plaque*) em meio Ágar Padrão para Contagem (PCA), que permite a visualização de formação de colônias a partir de células viáveis, onde se obteve a contagem de unidades formadoras de colônias (UFC) presentes na amostra sob análise.

O fundamento desta técnica se baseia na transferência da amostra ou de suas diluições para uma placa de Petri seguida da adição do meio PCA com posterior incubação em temperatura de $36 \pm 1^\circ\text{C}$ por 48 horas.

Transferiu-se 1 mL de cada diluição para a superfície da placa de Petri esterilizada, adicionou-se a cada placa 20mL de PCA, previamente fundido e resfriado a temperatura de 45°C . Após a solidificação, incubaram-se as placas invertidas a $35^\circ\text{C}/ 48$ horas. Para a contagem das colônias e cálculo dos resultados foram selecionadas as placas com 30 a 300 colônias e estas foram contadas com o auxílio do contador de colônias. Portanto, foi calculado o número de unidades formadoras de colônia (UFC/ mL⁻¹) e multiplicado por 10, para levar em conta o volume dez vezes menor inoculado (Brasil, 2003; Silva *et al.*, 2007).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análises Físico-Químicas

Na Tabela 2 estão apresentadas as médias aritméticas dos resultados das análises físico-químicas das 21 amostras de leite UHT comercializadas no município de São Luís – MA. E na Figura 3 são expressas as percentagens das amostras que não corresponderam aos padrões estabelecidos pela legislação Brasileira, demonstrando um percentual variável de resultados em não conformidade, já que estas se apresentaram em desacordo com a maioria dos requisitos físico-químicos constantes nas legislações.

Amostra	Gordura (%)	ESD (%)	Densidade (g/ML)	Crioscopia (°H)	Proteína (%)
A1	2,51	7,6	1,027	-0,456	2,1
A2	2,74	7,3	1,026	-0,446	1,9
A3	2,53	7,3	1,026	-0,443	2,0
B1	2,87	7,9	1,028	-0,481	2,4
B2	2,62	7,6	1,028	-0,463	2,2
B3	2,67	7,5	1,027	-0,459	2,1
C1	2,31	7,3	1,026	-0,433	1,9
C2	2,50	7,3	1,026	-0,442	1,9
C3	3,20	7,2	1,025	-0,445	1,8
D1	2,37	6,8	1,024	-0,403	1,5
D2	2,38	6,9	1,025	-0,413	1,6
D3	4,15	7,0	1,023	-0,453	1,7
E1	2,34	7,6	1,027	-0,457	2,1
E2	2,54	7,7	1,028	-0,470	2,3
E3	3,05	7,8	1,028	-0,485	2,4
F1	1,86	7,1	1,027	-0,414	1,7
F2	2,46	7,3	1,026	-0,434	1,8

F3	2,54	7,2	1,026	-0,436	1,9
G1	2,45	7,1	1,025	-0,429	1,8
G2	3,26	7,3	1,026	-0,458	2,0
G3	2,86	7,4	1,026	-0,446	2,0
MÉDIA	2,7	7,3	1,026	-0,446	2,0
PADRÃO*	3	8,2	1,028 a 1,034	-0,512 a 0,530	2,9

Tabela 2. Valores médios da análise físico-química nas 21 amostras de leite UHT integral comercializados na cidade de São Luís, Maranhão. *(Portaria 146/1997; In/2002)

Nota: Apenas Os Resultados Em Azul Apresentaram-Se Dentro Dos Padrões Das Legislações. Fonte: Autoras (2024)

Na Tabela 2 são apresentadas as médias aritméticas das análises do teor de gordura dos leites, observa-se que apenas três marcas (um lote de cada, correspondendo a 14,3%) encontram-se dentro do padrão da legislação, e a média do teor de gordura foi 2,7% para as 21 amostras pesquisadas. Os resultados da amostra F1 indicam a menor percentagem de gordura, e da amostra D3 a maior, valor de 4,15%, estando fora dos padrões das legislações vigentes.

Os resultados obtidos nesse estudo mostraram-se semelhantes aos de Silva *et al.*, (2022), que, ao avaliarem a qualidade físico-química de 20 amostras de leites UHT comercializados no sertão da Paraíba, perceberam que o teor de gordura apresentou irregularidades em 16 das amostras analisadas, resultado que se aproxima aos obtidos nesse estudo em que 85,7% das amostras não atenderam aos requisitos da legislação no que se refere ao teor de gordura.

Como o teor de gordura apresentou valor médio abaixo do padrão, entende-se que isto altera significativamente os valores nutritivos e calóricos das amostras pesquisadas, indicando falha no processamento industrial ou desnate, o que explica a oscilação deste constituinte entre as amostras. Sabe-se ainda que as percentagens de gordura e proteína são importantes indicativos de possíveis ocorrências de fraudes, além de comprometer diretamente o rendimento industrial, principalmente em relação à produção de derivados.

De acordo com os valores apresentados na Tabela 2, as 21 amostras encontravam-se fora dos padrões estabelecidos pela IN 51/MAPA para proteínas, com valores abaixo de 2,9%. Do mesmo modo foram os achados de Henriques (2018), que encontrou valores de proteína abaixo desse valor em todas das amostras estudadas. Já Luz e Oliveira (2022), observam o contrário, todas as 30 amostras avaliadas estavam dentro dos padrões. O baixo valor de proteína obtido nas amostras analisadas indica que a elevada temperatura a que os leites foram submetidos, pode ter desnaturado demasiadamente as proteínas dos leites.

Assim como os parâmetros gordura e proteína, a determinação da densidade permite verificar a ocorrência de fraudes, como desnate prévio e adição de água, caracterizadas por densidades abaixo do intervalo de 1,028 a 1,034 (Mendes; Nardi, 2020). Interferências possíveis de terem ocorrido nesse trabalho, já que apenas 4 amostras estiveram com valores dentro do estabelecido pela legislação para leite UHT (Tab. 2).

O ESD corresponde à soma dos componentes do leite, excluindo-se a gordura e a água. A diminuição do ESD indica possível redução no teor dos sólidos do leite, principalmente proteínas e lactose (Santos, 2019). Na Tabela 2 observa-se que os leites de todas as marcas estão com valores abaixo do permitido e que a média encontrada para as 21 amostras foi de 7,3%, revelando assim que nenhuma das amostras apresentou resultados satisfatórios. Nesse caminhar, Santos *et al.*, (2022), ao analisarem 30 leites UHT integrais

comercializados em Janaúba – MG, obtiveram resultados dentro dos padrões para ESD em 100% das amostras.

Nesse caso, cabe ainda relacionar o valor abaixo do permitido do ESD com a crioscopia, que também apresentou resultados não conformes com as legislações, indicando-se que podem estar relacionados talvez à adição de água no leite, possivelmente por falhas no processamento, já que logo após o tratamento UHT direto, deve haver a retirada da água que condensou durante a injeção de vapor quente ao leite. Ainda, a determinação do ESD pode dar um indicativo da presença de fraudes, principalmente por aguagem (Santos *et al.* (2022).

A crioscopia do leite corresponde à medição do ponto de congelamento do leite em relação ao da água (0°C). É a característica mais constante do leite e é usada para detectar principalmente adulterações com água, já que, quanto maior o resultado da crioscopia, maiores são os indícios de fraude por aguagem (Panciere; Ribeiro, 2021). Em relação à média de crioscopia, todas as amostras encontram-se fora do limite estabelecido pela legislação, estando muito abaixo do padrão de crioscopia de -0,530 °H, por terem apresentado um índice crioscópico mais próximo de 0°C.

De forma geral, a maior parte dos resultados obtidos nesse experimento quanto aos parâmetros físico-químicos de gordura, ESD, densidade, crioscopia e teor de proteína encontraram-se fora do padrão estipulado pelas legislações vigentes (Brasil, 1997; Brasil, 2002). Embora o estudo tenha sido realizado com o número de amostra menor do que os estudos encontrados na literatura, obteve-se resultados relevantes, fato esse que mostra a necessidade constante de um melhor e mais rigoroso controle de qualidade de alimentos imprescindíveis à saúde, como é o caso do leite UHT integral.

De acordo com os resultados demonstrados na Figura 3, 100% das amostras estavam fora dos padrões estabelecidos pela Portaria 146/1997 e IN 51/2002, no que se refere a extra-seco desengordurado, crioscopia e teor de proteína. E com relação à gordura e densidade, foram registrados os percentuais de 85,7% e 80,9% respectivamente de amostras em não conformidades com a legislação.

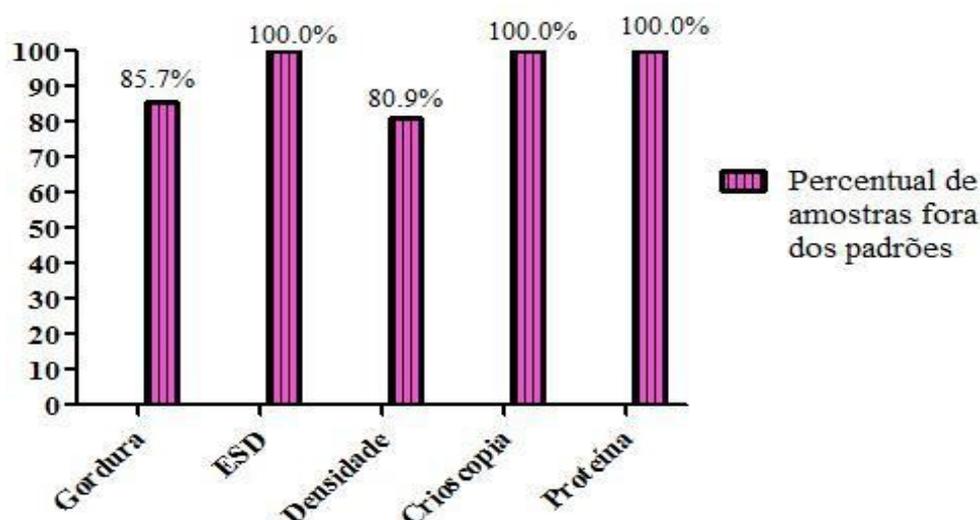


Figura 1. Percentagens de amostras de leite UHT integral que apresentaram os parâmetros físico-químicos fora dos padrões estabelecidos pelas legislações brasileiras

Fonte: Autores (2013)

3.2 Microbiológicos

Os resultados obtidos nas análises microbiológicas nas amostras dos diferentes lotes para as sete marcas analisadas estão descritos na Tabela 3 e nas Figuras 2, 3 e 4.

Os dados expressos na Tabela 3 mostram os valores e as percentagens obtidas nas 21 amostras de leite UHT analisadas, de acordo com os microrganismos pesquisados. A análise e dados da Figura 4 revela que as amostras de leite UHT apresentaram carga microbiana total elevada, já que 12 (57,2%) tiveram contagem de aeróbios mesófilos acima do padrão estabelecido pela RTIQ para leite UHT (10^2 UFC/mL), situando-se a maior ocorrência de contagem acima do padrão entre 10^5 e 10^6 UFC/mL.

Faixa de Contagem em NMP*/mL ou UFC**/mL	Coliformes				Bactérias Mesófilas	
	35°C		45°C		45°C	
	N	%	N	%	N	%
<3	20	95,2	20	95,2	-	-
3 + 10	-	-	-	-	9	42,8
10 + 10 ²	-	-	-	-	-	-
10 ² + 10 ³	-	-	-	-	1	4,8
10 ³ + 10 ⁴	1	4,8	1	4,8	-	-
10 ⁴ + 10 ⁵	-	-	-	-	5	23,8
10 ⁵ + 10 ⁶	-	-	-	-	6	28,6
TOTAL	21	100	21	100	21	100

Tabela 3. Distribuição das 21 amostras de leite UHT integral analisadas de acordo com o Número Mais Provável de coliformes a 35°C e coliformes a 45°C, e contagem de bactérias aeróbias mesófilas

* **NMPL/mL:** Número Mais Provável/mililitro

** **UFC/mL:** Unidade Formadora de Colônia/mililitro

Fonte: Autores (2013).

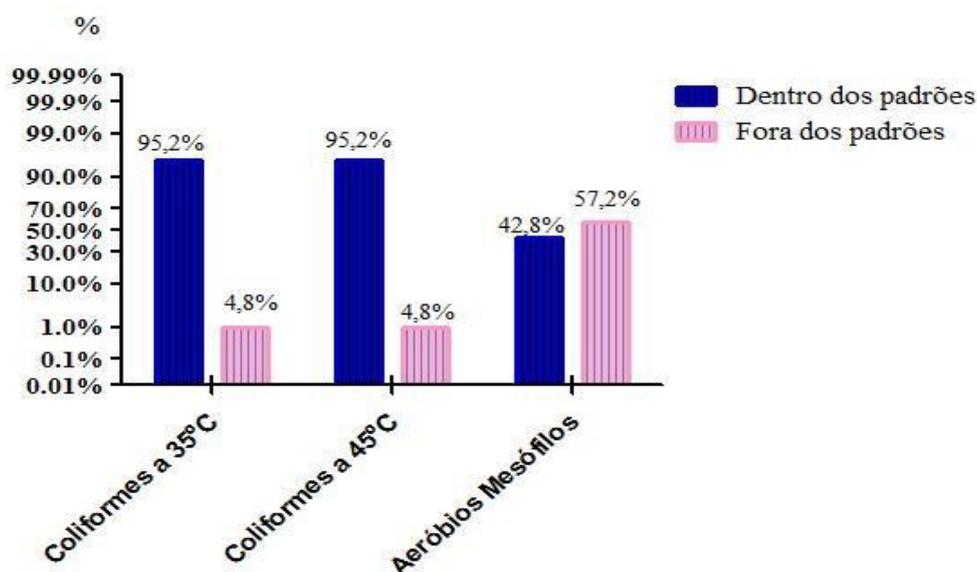


Figura 2. Percentagem de amostras de leite UHT integral dentro dos padrões e fora dos padrões microbiológicos estabelecidos pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento para leite UHT.

Fonte: Autores (2013)

De acordo com o RTIQ, o leite UHT não deve ter microrganismo capaz de proliferar em condições normais de armazenamento e distribuição após incubação na embalagem fechada a 35 - 37° C, durante 7 dias (Brasil, 1997). Fato ressaltado pela implantação da IN 51 pelo MAPA, que estabeleceu limites de contagem para microrganismos aeróbios mesófilos no leite *in natura*, refletindo assim na qualidade microbiológica do leite UHT processado (Brasil, 2002).

Nesse trabalho, das sete marcas investigadas a marca G foi a que apresentou nos três lotes resultados em divergência com a legislação para leite UHT (Brasil, 1997) (Fig. 3), onde eles registraram contagens na ordem de 10^5 , representando um total de 14,3% dos 57,2% das amostras em desacordo com os padrões. Vale ressaltar que todas as marcas apresentaram contaminação por microrganismos aeróbios mesófilos em pelo menos um dos lotes analisados. (Fig. 4).

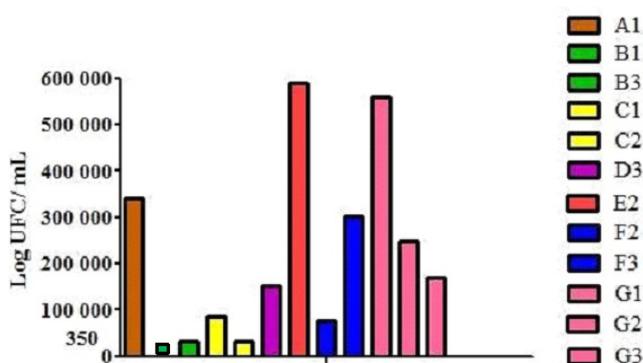


Figura 5. Amostras que apresentaram contagens de microrganismos aeróbios mesófilos nas sete marcas de leite UHT integral pesquisadas.

Fonte: Autores (2013)

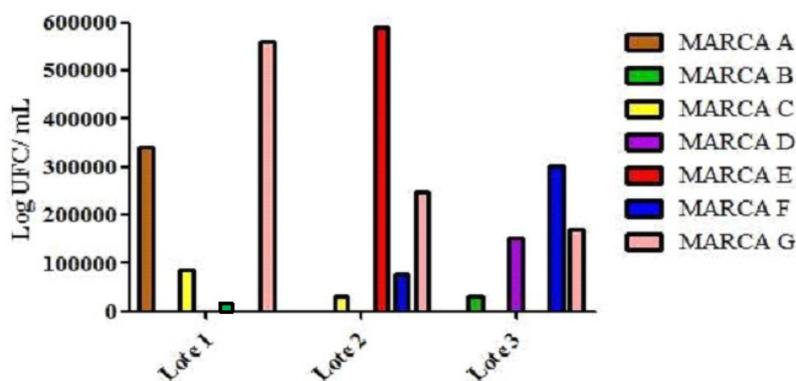


Figura 4. Lotes e marcas de leite UHT integral que apresentaram contagens de microrganismos aeróbios mesófilos.

Fonte: Autores (2013)

A microbiota mesófila compreende a maioria dos contaminantes do leite e tem faixa ótima de crescimento entre 20 e 40°C (Brasil, 1993). Concentrações elevadas desses microrganismos em leite UHT indicam que a matéria-prima utilizada foi de baixa qualidade higiênico-sanitária, e que condições inadequadas de armazenamento e processamento ou contaminação após o processamento ocorreram (Santos; Vieira, 2021), possível situação constatada nesse estudo.

Deve-se salientar que o processamento térmico empregado no leite UHT pode levar à redução, mas não à eliminação total da carga microbiana encontrada no leite *in natura*. Leite *et al.* (2024) apregoam que, apesar do tratamento UHT ser capaz de extinguir totalmente a forma vegetativa do microrganismo, pode ser que as formas esporuladas, altamente resistentes ao calor, persistam e germinem no produto. Assim, em virtude do elevado número de microrganismos mesófilos encontrados neste estudo, acredita-se que a matéria prima utilizada para obtenção do leite UHT poderia não possuir boa qualidade microbiológica, associando este fator a problemas no tratamento térmico, ou ainda a integridade das embalagens utilizadas no armazenamento desses leites.

No que se refere ao resultado da determinação do NMP de coliformes totais e coliformes termotolerantes nos leites analisados, observa-se uma percentagem de 4,8% desses microrganismos, ou seja, apenas uma amostra da marca “A” apresentou contaminação, com valores de NMP na faixa de 10^3 a 10^4 (Tab. 3). Embora não seja exigida pela legislação vigente para leite UHT, a pesquisa desses microrganismos representa uma forma simples para verificação das possíveis condições de crescimento de outros agentes patogênicos, além de indicarem condições sanitárias inadequadas durante o processamento, ou o armazenamento (Santos; Vieira, 2021).

Todavia no que diz respeito a coliformes totais, 18 dos 20 lotes analisados, acusaram pequena presença desse grupo de microrganismos, entre 1 e 7 UFC/mL, fator que não interfere na integridade, nem na qualidade do produto. Diferente do observado nesse trabalho que apresentou elevada contagem de coliformes a 35°C e coliformes a 45°C, no intervalo de 10^3 a 10^4 UFC/mL (Tab. 3).

A semeadura por esgotamento da amostra da marca “A” contaminada, em meio de cultura Ágar MacConkey (MC) e Ágar Eosina Azul de Metileno (EMB) na Figura 5 confirmou a presença de bactérias Gram-negativas utilizadoras da lactose como substrato, já que o meio MC se tornou rosa, e o meio EMB apresentou-se com centro escuro e brilho metálico esverdeado, características específicas para esses tipos de bactérias, confirmando assim que fazem parte da família *Enterobacteriaceae*.

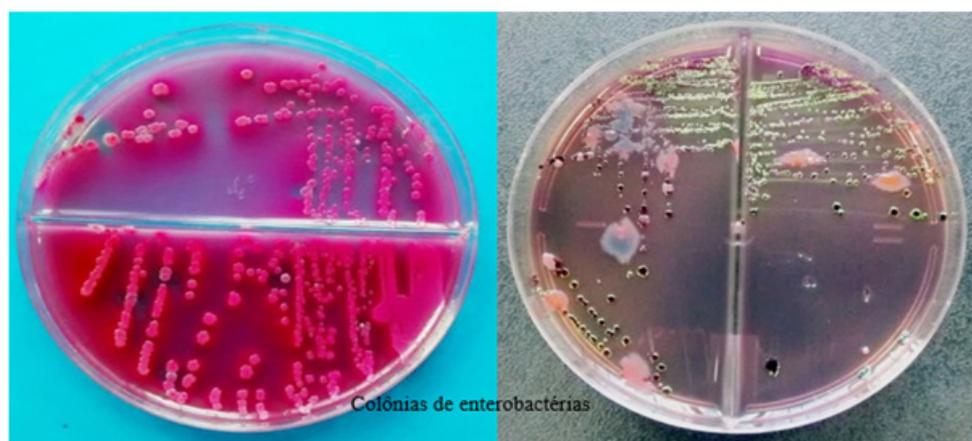


Figura 5. Colônias de enterobactérias em meio de cultura Ágar MacConkey e Ágar Azul de Metileno. Fonte: Autores (2013)

Na identificação da bactéria pelo Sistema Bactray I e II, conclui-se que a bactéria é um bacilo Gram-negativo, oxidase negativa, fermentadora da lactose, identificada como a espécie *Serratia odorífera*, confirmando os achados de um microrganismo pertencente ao grupo dos Coliformes e da família Enterobacteriaceae.

A *Serratia odorífera* produz odor acre, similar ao de batatas com casca, daí o nome. Podem estar presentes em amostras de urina, causando infecção urinária, e são isoladas predominantemente do escarro. Sua maior ocorrência está referenciada como causadora de septicemia. Embora a identificação da *S. odorífera* nesse estudo não estar consoante às referências registradas na literatura de leite UHT, sua presença ressalta a preocupação dos efeitos nocivos produzidos pelo grupo das enterobactérias.

A presença de bactérias da família *Enterobacteriaceae* em leite UHT é extremamente preocupante, haja vista que coliformes a 35°C indicam condições higiênicas inadequadas. Altas contagens como observado nesse estudo indicam contaminação pós processamento, limpezas e sanitificações deficientes, tratamentos térmicos ineficientes ou multiplicação durante o processamento ou estocagem. Já coliformes a 45°C são indicativos de contaminação fecal, ou seja, de condições higiênico-sanitárias, visto que a população deste grupo é constituída de uma alta população de *E. coli*, que tem seu habitat no trato intestinal do homem e de outros animais. Além de indicar possibilidade de presença de outros patógenos entéricos. Esse fato chama a atenção para a necessidade de monitoramento da qualidade microbiológica do leite na produção, pois, se não estiver em conformidade com a legislação vigente, poderão ocorrer graves prejuízos à saúde humana.

4. CONCLUSÃO

Das 21 amostras de leite UHT integral analisadas nos parâmetros físico-químicos (extrato seco desengordurado, crioscopia e teor de proteína), 100% das amostras estavam fora dos padrões estabelecidos pela Portaria 146/1997 e IN 51/2002. E dos resultados obtidos para gordura e densidade, foram registrados os percentuais de 85,7% e 80,9% respectivamente de amostras em não conformidade com a legislação.

Quanto aos parâmetros microbiológicos, as amostras apresentaram carga microbiana total elevada, já que 12 (57,2%) tiveram contagem de aeróbios mesófilos acima do padrão estabelecido (10^2 UFC/mL). E apenas uma amostra da marca “A” apresentou coliformes a 35°C e coliformes a 45°C.

Pode-se concluir nesse estudo que a qualidade das amostras de leite UHT pesquisado não apresentou resultados satisfatórios exigidos pelas legislações vigentes, registrando, em sua maioria, alterações tanto nas suas características físico-químicas quanto nas microbiológicas.

Referências

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Portaria N° 101, de 11 de agosto de 1993. Aprova e oficializa os métodos analíticos para controle de produtos de origem animal e seus ingredientes – métodos microbiológicos. **Diário Oficial da União**. Brasília, 17 ago.1993. Seção 1, p.11937.

BRASIL. Instrução Normativa n°. 62 de 26 de agosto de 2003. Análises microbiológicas para controle de produção de origem animal e água. **Diário Oficial da União**, Brasília, 18 set. 2003. Seção 1, p. 14.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n° 51, de 18 de setembro de 2002. Aprovar os Regulamentos Técnicos de Produção, Identidade e Qualidade do Leite tipo A, do Leite

tipo B, do Leite tipo C, do Leite Pasteurizado e do Leite Cru Resfriado e O regulamento Técnico da Coleta de Leite Cru Refrigerado e seu Transporte a Granel, em conformidade com os Anexos a esta Instrução Normativa. **Diário Oficial da União**: Brasília, 20 de setembro de 2002.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 76, de 26 de novembro de 2018. Disponível em: <https://www.in.gov.br>. Acesso em: 12 fev. 2021.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria 370 de 04 de setembro de 1997. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Leite UAT. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 1997.

BRASIL. Portaria nº 166, de 05 de maio de 1998. Cria grupo de trabalho para analisar e propor programa e medidas visando ao aumento da competitividade... **Diário Oficial da União**, Brasília, p.42, 06 maio 1998. Seção 1.

CASSOLI, L. D.; MACHADO, P. F. CBT - Contagem Bacteriana Total. Mapa da Qualidade do Leite. 1. ed., n. 2, 2016. Disponível em: https://www.embrapa.br/documents/1354377/39803784/CBT_MapadaQualidade_ClinLeite.pdf/ad95f20a-e103-d244-c394-e9e25e90dbf9?version=1.0. Acesso em: 9 jul. 2024

FERREIRA, A. P. D. **Produção, qualidade físico-química e microbiológica de leite pasteurizado comercializado no Brasil** - uma revisão. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Zootecnia), Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2020. Disponível em: <http://bdta.ufra.edu.br/jspui/handle/123456789/1678>. Acesso em: 9 jul. 2024.

HENRIQUES, I. P. de S. A. **Caracterização térmica de soro de leite caprino e bovino através de calorimetria diferencial de varredura (DSC) e análises termogravimétricas (TGA)**. 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/26548>. Acesso em: 21 out. 2024.

LEITE, B. J. N. R. *et al.* A influência dos microrganismos na produção e qualidade de leite e seus subprodutos. *Revista JRG de Estudos Acadêmicos*, v. 7, n. 15, p. 1-10, 2024. Disponível em: <https://www.revistajrg.com/index.php/jrg/article/view/1371/1155>. Acesso em: 21 out. 2024.

LIMA, L. *et al.* Evolução do marco legal do leite cru refrigerado no Brasil. **Revista Institucional Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, v. 75, n. 3, p. 190-203, jul/set, 2020. Disponível em: <https://www.revistadoilct.com.br/rilct/article/view/810>. Acesso em: 9 jul. 2024

LUZ, D. F; OLIVEIRA, M. V. M. de. Avaliação físico-química do leite pasteurizado e cru refrigerado na região do Alto Pantanal Sul-Mato-Grossense. **Revista Pantaneira**, Mato Grosso do Sul, v. 21, p. 79-89, 2022. Disponível em: <https://periodicos.ufms.br/index.php/revpan/article/view/17646>. Acesso em: 21 out. 2024.

MENDES, B.; NARDI, M. C. C. Análises físico-químicas aplicadas à avaliação da qualidade de amostras de leite tipo A integral pasteurizado e UHT disponíveis comercialmente. **Revista Tecnologia de Alimentos**, v. 1, p. 149-165, 2020. Disponível em: <https://downloads.editoracientifica.org/articles/200800851.pdf>. Acesso em: 21 out. 2024.

NEDER, M. de A. C. *et al.* Inspeção de leite com ênfase na contagem padrão de placas. **Revista de Trabalhos Acadêmicos**, Juiz de Fora, n. 18, p. 1-13, 2023. Disponível em: <http://revista.universo.edu.br/index.php?journal=1JUJZDEFORA2&page=article&op=view&path%5B%5D=11889>. Acesso em: 21 out. 2024.

PANCIERE, B. M.; RIBEIRO, L. F. Detecção e ocorrência de fraudes no leite fluido ou derivados. **Revista Gestão, Tecnologia e Ciências**, v. 10, n. 27, p. 1-17, 2021. Disponível em: <https://www.revistas.fucamp.edu.br/index.php/getec/article/view/2377>. Acesso em: 21 out. 2024.

PAZ, L. P. da S. da. **Contaminação química por antimicrobianos em leite e impactos na saúde pública: uma revisão**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Medicina Veterinária) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2019. Disponível em: <https://ri.ufrb.edu.br/handle/123456789/2058>. Acesso em: 21 out. 2024.

SANTOS, A. R. dos. **Qualidade do leite UAT sob diferentes condições de armazenamento**. 2019. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/30539/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O%20MESTRADO.pdf>. Acesso em: 21 out. 2024.

SANTOS, R. N. S. dos; VIEIRA, S. M. Avaliação da qualidade microbiológica do leite cru refrigerado por meio do teste de redutase / Evaluation of the microbiological quality of chilled raw milk by means of the reductase test. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 7, n.1, p. 2151-2157, 2021. Disponível em: <https://ojs.brazilian-journals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/22788>. Acesso em: 21 out. 2024.

SANTOS, T. B. dos *et al.* Investigação de fraudes e caracterização físico-química e microbiológica em leite cru

comercializado informalmente no município de Ariquemes – RO. **Revista EDUTEC – IFRO**, v. 3, n. 1, p. 66-76, jan./jun. 2022. Disponível em: <https://revistaedutec.ifro.edu.br/index.php/revistaedutec/article/view/97>. Acesso em: 21 out. 2024.

SILVA, J. *et al.* Qualidade físico-química do leite cru comercializado no sertão da Paraíba, Brasil. **Ciência e tecnologia de alimentos**, v. 16, n. 5, p. 1-8, 2022. Disponível em: <https://ojs.pubvet.com.br/index.php/revista/article/view/30>. Acesso em: 21 out. 2024.

SILVA, N. *et al.* **Manual de Métodos de Análise Microbiológica de Alimentos**. 3^a edição. São Paulo: Varela, 2007.



4

HOMICÍDIOS DE INDÍGENAS E DEGRADAÇÃO AMBIENTAL: UMA ANÁLISE DA VIOLÊNCIA E DA INVISIBILIDADE NO MARANHÃO (2010-2022)

HOMICIDES OF INDIGENOUS PEOPLE AND ENVIRONMENTAL DEGRADATION: AN ANALYSIS OF VIOLENCE AND INVISIBILITY IN MARANHÃO (2010-2022)

Maria Fabiana Neres Carvalho¹

Ester Sampaio Ribeiro¹

Carlos Henrique Brito Sá Barretto²

Airton Alves de Lima²

Flor de Maria Araujo Mendonça Silva³

Aruanã Joaquim Matheus Costa Rodrigues Pinheiro⁴

Maycon Henrique Franzoi Melo⁵

1 Discente Uniceuma, orientanda de iniciação científica, São Luis – MA

2 Mestrando em Meio Ambiente, Uniceuma, São Luís – MA

3 Docente em Medicina, Universidade CEUMA, São Luís, MA

4 Prof. Dr. Mestrado em Meio Ambiente

5 Professor do Mestrado em Direito e Afirmação de Vulneráveis, Uniceuma, São Luis – MA

Resumo

O artigo analisa os homicídios de indígenas no Maranhão entre 2010 e 2022, ressaltando a escalada da violência contra essas comunidades. A análise tem como objeto compreender as narrativas por trás dessas estatísticas e as realidades enfrentadas pelos povos indígenas no Maranhão. Pautaram-se em investigações, com análise quantitativa, em métodos empíricos, como a coleta e análise de casos concretos no relatório do Conselho Indigenista Missionário - CIMI na plataforma de Cartografia de Ataques Contra Indígenas – CACI. A degradação das terras indígenas na Amazônia, especialmente no Maranhão, resulta de desmatamento, exploração de recursos e falta de fiscalização, com um aumento de 139% no desmatamento entre 2013 e 2021. Entre 2010 e 2022, foram registradas em média 35 mortes, sendo que aproximadamente 48% dos homicídios de indígenas no Maranhão ocorreram com o uso de arma de fogo. Os municípios com uma média de 34 mortes entre eles, Amarante e Grajaú se destacam, ambos registrando 17,95% dos homicídios. Os dados registrados vão além de meros números, eles representam vidas perdidas e comunidades desestruturadas. Essa continuidade histórica de marginalização, tanto nas legislações quanto nas políticas ambientais atuais, reflete a omissão do Estado em proteger os direitos dos povos indígenas e a integridade de seus territórios. Portanto, para transformar essa realidade, é essencial reconhecer e respeitar os direitos dessas comunidades, integrando suas vozes e saberes na formulação de políticas públicas e na proteção de suas terras.

Palavras-chave: Brasil, Direitos, Homicídios, Indígenas.

Abstract

The article analyzes the homicides of indigenous people in Maranhão between 2010 and 2022, highlighting the escalation of violence against these communities. The analysis aims to understand the narratives behind these statistics and the realities faced by indigenous peoples in Maranhão. They were based on investigations, with quantitative analysis, on empirical methods, such as the collection and analysis of concrete cases in the report of the Missionary Indigenous Council - CIMI on the Cartography of Attacks Against Indigenous Peoples platform - CACI. The degradation of indigenous lands in the Amazon, especially in Maranhão, results from deforestation, resource exploitation and lack of supervision, with a 139% increase in deforestation between 2013 and 2021. Between 2010 and 2022, an average of 35 deaths were recorded, of which that approximately 48% of indigenous homicides in Maranhão occurred with the use of a firearm. The municipalities with an average of 34 deaths between them, Amarante and Grajaú stand out, both recording 17.95% of homicides. The recorded data goes beyond mere numbers, it represents lost lives and disrupted communities. This historical continuity of marginalization, both in legislation and in current environmental policies, reflects the State's failure to protect the rights of indigenous peoples and the integrity of their territories. Therefore, to transform this reality, it is essential to recognize and respect the rights of these communities, integrating their voices and knowledge in the formulation of public policies and the protection of their lands.

Keywords: Brazil, Rights, Homicides, Indigenous Peoples.



1. INTRODUÇÃO

Na primeira Constituição do Brasil independente, outorgada em 1824, não foi possível incluir nenhuma referência aos povos indígenas, em virtude das cobranças exercidas pela oligarquia agrária da época. Os oligarcas, defensores do mesmo pensamento dos atuais ruralistas, não admitiram englobar o tema indígena na Constituição pois não consideravam os indígenas humanos, não sendo, portanto, sujeitos de direitos. A ausência de referências aos indígenas na Constituição de 1824 não foi apenas uma falha legislativa, mas uma manifestação de um sistema político que priorizava os interesses das elites em detrimento dos direitos fundamentais de uma parte significativa da população. Isso teve repercussões duradouras, perpetuando um ciclo de marginalização e invisibilidade que persiste até hoje. A exclusão dos indígenas da esfera jurídica formal reflete um entendimento limitado sobre a diversidade cultural e social do Brasil. Ignorar a presença e a importância dos povos indígenas na formação da sociedade brasileira contribuiu para a continuidade de políticas que muitas vezes desconsideram suas vozes, conhecimentos e modos de vida (CUNHA, 1992).

A degradação das terras indígenas na Amazônia, particularmente na região maranhense, é um fenômeno que resulta de uma combinação de desmatamento, exploração de recursos naturais e uma preocupante falta de fiscalização. O cenário atual que alerta para um “colapso sem precedentes” na região, com índices de desmatamento e incêndios florestais que superam os níveis dos últimos dez anos. Essa crise ambiental não só compromete os recursos naturais, mas também afeta diretamente a vida de comunidades indígenas. Considerando que entre 2013 e 2021 houve um aumento de 139% no desmatamento dentro das Terras Indígenas da Amazônia, resultando na emissão de 96 toneladas de CO₂ (Silva Junior et al., 2023). Essa degradação ambiental tem consequências diretas para os povos indígenas que habitam essas áreas. Por exemplo, o povo Gavião, tem enfrentado uma intensificação de conflitos ambientais, culminando em tragédias, como a morte de indígenas que se opunham à exploração madeireira ilegal (MELO; MILANEZ, 2017).

A degradação das terras indígenas na Amazônia maranhense reflete um ciclo vicioso de exploração e destruição que requer atenção urgente. As altas taxas de desmatamento e os incêndios florestais não apenas destroem ecossistemas, mas também ameaçam a vida e a cultura dos povos indígenas. Para combater essa situação, é essencial fortalecer a fiscalização, implementar políticas de proteção efetivas e valorizar o conhecimento indígena na gestão ambiental.

O Relatório Violência contra os Povos Indígenas no Brasil: dados de 2022, do Conselho Indigenista Missionário (CIMI), caracteriza a violência a partir de diferentes dimensões e fontes. Segundo os dados do relatório, de 2019 a 2022, verifica-se o aumento constante e assustador da violência contra povos indígenas no Brasil. Além da violência contra pessoas - assassinatos, agressões físicas, violência sexual e ameaças, que houve um registro de 795 óbitos, existe a violência contra o patrimônio, relatado 1.133 casos; conflitos por direitos territoriais, ou seja, envolvendo ataques, pressões e disputas, foi relatado 407 casos; violência por omissão do poder público, foram registrados 3.552 crianças indígenas de até quatro anos de idade morreram nestes quatro anos (CIMI, 2022).

As denúncias de invasões por madeireiros e extração ilegal de madeira na TI são frequentes, e os casos envolvendo situações de mortes agudizam o contexto de violência no território. Em 2019, o agente florestal guardião Paulo Paulino Guajajara, foi morto por pistoleiros ligados a madeireiros que atuam na extração ilegal de madeira. O assassinato de Paulino, teve repercussões internacionais, o que mostra a força e a relevância da luta

indígena no Brasil. Depois de Paulino, em 3 de setembro de 2022, outro guardião foi assassinado em uma cidade próxima à TI Arariboia. Trata-se do caso de Janildo Guajajara, sobre o qual foi afirmado:

Mais um Guardião assassinado, é o sexto Guardião que foi morto e nenhum dos outros assassinos dos Guardiões da Floresta foram punidos (SILVA, 2023, p. 3).

A violência crescente e as invasões por madeireiros na Terra Indígena Arariboia refletem uma grave crise que afeta os povos indígenas e a preservação ambiental no Brasil. Entre setembro de 2022 e janeiro de 2023, o CIMI registrou seis ataques a indígenas Tenetehar na região da TI Arariboia, quatro deles tendo resultado em assassinatos (CIMI, 2023).

Os assassinatos de líderes como Paulo Paulino e Janildo Guajajara evidenciam a impunidade e a vulnerabilidade de quem defende suas terras. Portanto, somente por meio de um esforço conjunto poderemos construir um futuro em que a justiça, o respeito e a harmonia com a natureza prevaleçam, assegurando a sobrevivência e dignidade das comunidades indígenas e a integridade dos ecossistemas que habitam.

O presente estudo tem como objetivo realizar um levantamento e análise de casos de homicídios de indígenas no Maranhão, durante o período de 2010 a 2022. Essa investigação busca não apenas quantificar os casos ocorridos, mas também compreender os contextos sociais, culturais e políticos que cercam essas violências.

2. METODOLOGIA

Para melhor apreensão da temática, desenvolveu-se uma revisão de literatura, a partir de artigos, livros, dissertações e teses relativas ao tema, bem como documentos legais. Ademais, as investigações pautaram-se, concomitantemente, em métodos empíricos, como a coleta e análise de casos concretos no relatório do Conselho Indigenista Missionário - CIMI e na plataforma de Cartografia de Ataques Contra Indígenas – CACI.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para tal aparato foi estabelecido tabelas com análise quantitativa, na qual inclui dados de homicídios notificados no Maranhão durante o período de 2010 – 2022, através da plataforma de Cartografia de Ataques Contra Indígenas – CACI, que visa o georreferenciamento das informações sobre os casos de homicídios registrados pelo Conselho Indigenista Missionário (CIMI) e pela Comissão Pastoral da Terra (CPT).

A CACI, - Cartografia dos Ataques Contra Indígenas, é uma plataforma que mapeia os assassinatos de indígenas no Brasil nas últimas décadas. Possui como objetivo os registros de assassinatos sistematizados pelo CIMI e pela Comissão Pastoral da Terra (CPT).

Na primeira tabela, destaca aspectos significativos sobre os homicídios de indígenas no Maranhão. Com uma média de 35 mortes registradas, os dados indicam uma realidade brutal para os povos indígenas na região, que frequentemente enfrentam ameaças à sua segurança e à sua vida, o meio mais utilizado para os assassinatos aproximadamente 48% dos homicídios de indígenas no Maranhão foi cometidos com o uso de arma de fogo; outros meios utilizados não especificados 17,14%; instrumento contundente 20%; arma branca 14% das mortes acometidas.

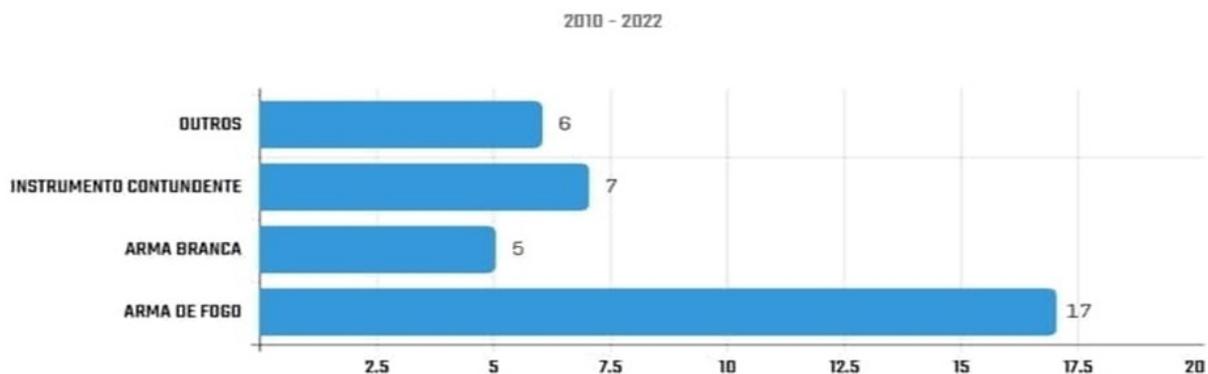


Figura 1. Meios utilizados para realizar os homicídios ocorridos no Maranhão.

Fonte – CACI/CIMI, compilado pelos Autores (2024)

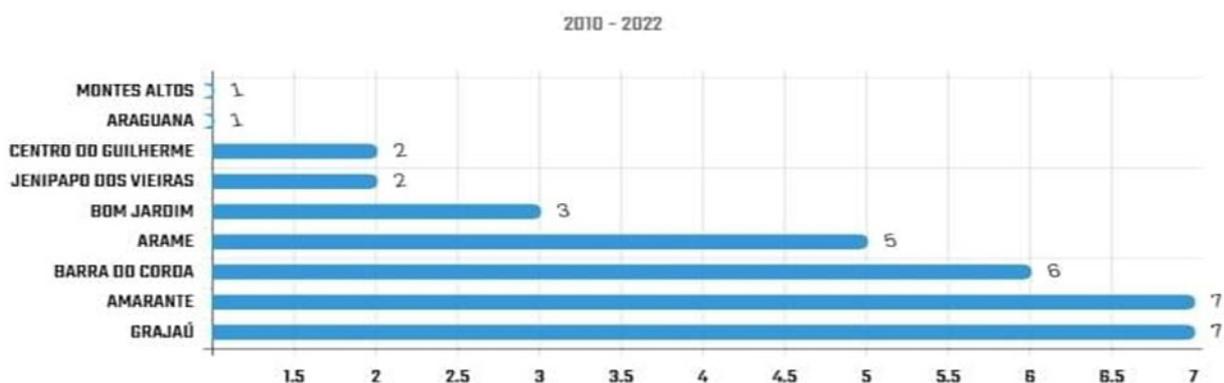


Figura 2. Municípios que ocorreram os homicídios no Maranhão.

Fonte – CACI/CIMI, compilado pelos Autores (2024).

A segunda tabela fornece evidências detalhadas dos municípios onde ocorreram os homicídios de indígenas no Maranhão, destacando aqueles com as maiores porcentagens de mortes. Entre eles, Amarante e Grajaú se destacam, ambos registrando 17,95% dos homicídios; Barra do Corda 15,38%; Arame 12,82%; Bom Jardim 7,69%; Centro do Guilherme e Jenipapo dos Vieiras 5,13%; Montes Altos e Araguana 2,56%. Esses números não apenas refletem a gravidade da violência enfrentada por essas comunidades, mas também evidenciam um padrão preocupante que requer atenção imediata.

Considerando a relevância das questões discutidas, é importante ressaltar uma breve reflexão sobre o livro “Banalidade do mal” (ARENDDT, 1999) que faz referência à recusa do caráter humano ao se abster da reflexão e evitar assumir responsabilidade por suas próprias ações. Ademais, esse fenômeno está ligado à violência, dominação social e política, assim como ao conceito de ética. Para combatermos essa violência, segundo Arendt, é de suma importância o esforço em conjunto da sociedade civil, organizações não governamentais e da comunidade internacional para impor mudanças significativas nas políticas públicas e práticas que perpetuam a violência dos povos indígenas evidenciados nos dados expostos anteriormente. Portanto, somente com uma abordagem holística e comprometida, podemos aspirar alcançar uma verdadeira justiça e respeito pelos direitos dessas comunidades

essenciais para a história e o futuro do Brasil (ARENDR, 1999).

Em uma análise social, a necropolítica evidencia uma precariedade constante da vida, tornando certos corpos e suas lideranças políticas mais suscetíveis às políticas de morte empregadas para controlar populações. Mbembe argumenta que para compreender as relações contemporâneas de hostilidade e perseguição, identificando a necropolítica como uma força que gera “mundos de morte”. Essa perspectiva é uma característica do capitalismo neoliberal, que prioriza interesses econômicos em detrimento dos direitos humanos e da dignidade dos povos tradicionais. A violência contra os indígenas não é apenas um fenômeno isolado, mas parte de um processo mais amplo de degradação social e de desumanização promovido por políticas que ignoram suas reivindicações e direitos. Portanto, nesse cenário, a falta de demarcações e a ausência de proteção às terras indígenas emergem como causas significativas uma das principais formas de violência contra os povos indígenas no Brasil, resultando em homicídios como mostram os dados evidenciados anteriormente. (MBEMBE, 2018, FOUCAULT, 1976).

4. CONCLUSÃO

A promulgação da Constituição Federal de 1988, representou um marco importante na defesa dos direitos dos povos indígenas no Brasil, ao reconhecer formalmente sua identidade cultural e seus direitos territoriais. No entanto, a realidade atual revela um cenário de violação desses direitos, manifestado através de ataques físicos, assassinatos, invasões de terras e destruição de recursos naturais. Os dados apresentados pelo Relatório do Conselho Indigenista Missionário (CIMI, 2022) evidenciam uma crise profunda, que demanda uma resposta imediata e eficaz das autoridades brasileiras. Esse contexto expõe as falhas do sistema de justiça na proteção e segurança dessas comunidades, ressaltando a urgência de ações concretas. É fundamental que o Estado assuma sua responsabilidade na proteção dos direitos humanos e no respeito à diversidade cultural, garantindo a segurança e o bem-estar das comunidades indígenas.

Portanto, de acordo com esses direitos fundamentais, para compreendermos essa violência que é histórica e contínua, faz-se necessário abordar que grande parte dessa, contendo destaque nos homicídios, grande medida são herdeiros da crueldade imposta pelo Estado pela ação e omissão. Os dados registrados, não são apenas números, eles representam vidas perdidas e comunidades desestruturadas. A análise quantitativa deve ser acompanhada de uma abordagem qualitativa que busque entender as narrativas por trás dessas estatísticas e as realidades enfrentadas pelos povos indígenas no Maranhão. Ademais, é notório como cada vez mais se expande esse contexto de violação dos direitos humanos, inúmeras populações desaparecem a face da terra em um morticínio fruto de um processo complexo alavancado pela ação humana, sobretudo pela ganância.

Referências

ALMEIDA, Emerson Rubens Mesquita; Martins, Larissa Santos. “Os brancos não sabem”: a ignorância branca cultivada e a sagacidade tentear nas relações interétnicas. **Espaço Ameríndio**, Porto Alegre, v. 16, n. 2, p. 33-57, maio/ago. 2022. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/EspacoAmerindio/article/view/126627>. Acesso em: 30 mai. 2024.

ARENDR, Hannah. **Eichmann em Jerusalém: um relato sobre a banalidade do mal**. 1ª ed. São Paulo: Companhia das Letras, 1999.

CIMI. **Relatório Violência Contra os Povos Indígenas no Brasil: dados 2019**. [São Luís]: Cimi, [2020]. Disponí-



vel em: <https://cimi.org.br/wp-content/uploads/2020/10/relatorio-violencia- contra-os-povos-indigenas-brasil-2019-cimi.pdf>. Acesso em: 30 mai 2024.

MBEMBE, Achille. **Necropolítica**: biopoder, soberania, estado de exceção, política da morte. Tradução de Renata Santini. São Paulo: N-1 edições, 2018.

MELO, M.; SILVA, F. B; SANTOS FILHO, O. Conhecimento indígena, sistema de manejo e mudanças ambientais na região de transição Amazônia-Cerrado. **Desenvolvimento e Meio ambiente**. 59:1-22, 2022. doi: <http://dx.doi.org/10.5380/dma.v59i0.72964>.

SILVA, junior, Oswaldo Rolim Da. “As notícias sobre os homicídios de indígenas em Mato Grosso do Sul: a cobertura nos jornais sul-mato-grossenses”/ Oswaldo Rolim da Silva Junior - Dourados, UFGD 2018: Disponível em: <https://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/bitstream/prefix/1453/1/OswaldoRolimdaSilvaJunior.pf>.

SILVA, Leandro Araújo da. Morte e luta, silêncio e voz: o caso do assassinato do guardião indígena Paulo Paulino Guajajara, no Maranhão, **Revista Antropolítica**, v. 56, n. 1, Niterói, e56278, 1. quadri., jan./abr., 2023-2024.

5

CEFALEIA E NÍVEIS DE POLUENTES DO AR E TEMPERATURA AMBIENTAL – REVISÃO INTEGRATIVA

**HEADACHE AND LEVELS OF AIR POLLUTANTS AND ENVIRONMENTAL TEMPERATURE
– INTEGRATIVE REVIEW**

Dheyse Moreira dos Santos¹

Camila Vitória de Moraes Costa²

Guilherme Gonçalves Silva Pinto²

Julieny Bastos dos Santos Soares²

Matheus Rafael Feques Ferreira Nogueira²

Rodrigo Sousa Andrade²

Ryan Pinheiro Castro²

Bruna Katarine Beserra Paz³

Fabricio Brito Silva⁴

Maria Claudia Gonçalves⁴

1 Discente do Mestrado em Meio Ambiente, Universidade CEUMA, São Luís- MA

2 Discente, Universidade CEUMA, São Luís- MA

3 Mestre em Meio Ambiente, Universidade CEUMA, São Luís- MA

4 Docente do Mestrado em Meio Ambiente, Universidade CEUMA, São Luís- MA

Resumo

Introdução: A cefaleia é uma das patologias mais prevalentes e que mais acarretam incapacidade para os indivíduos mundialmente, afetando aproximadamente 3 bilhões de pessoas. Objetivo: Realizar uma revisão bibliográfica sobre a associação entre o número de visitas ao pronto socorro devido ao sintoma cefaleia com os níveis de poluentes no ar e a variação de temperatura ambiental. Métodos: Trata-se de uma revisão de literatura, sendo realizada nas seguintes bases de dados: PubMed e Scielo, no período de 2009 a 2024. Os descritores utilizados para a busca dos artigos foram: “cefaleia”, “clima”, “temperatura”, “poluição”, e seus correspondentes na língua inglesa “*headache*”, “*temperature*”, “*climate*” e “*pollution*”, associados entre si pela junção do operador booleano *AND*. Resultados: 742 artigos foram encontrados, sendo 738 artigos encontrados no PubMed e 4 artigos no Scielo. Todos os artigos duplicados foram excluídos e ao realizar a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, 10 artigos foram selecionados, publicados em 2009 a 2019. Os artigos selecionados, avaliaram os níveis de poluentes do ar, variáveis climáticas e cefaleia, e sugerem que esses fatores podem favorecer crises de dores de cabeça, assim como, os valores elevados da umidade relativa, podem desencadear o início de cefaleia, especialmente em temperaturas mais elevadas. Conclusão: Pode-se observar que os níveis de poluentes do ar, as variáveis climáticas, como temperatura ambiental e umidade relativa do ar, parecem estar associadas as visitas ao pronto-socorro por pacientes com cefaleia.

Palavras-chave: Cefaleia, Poluição do ar, Temperatura.

Abstract

Introduction: Headache is one of the most prevalent and most disabling pathologies worldwide, affecting approximately 3 billion people. Objective: To conduct a literature review on the association between the number of emergency room visits due to headache and air pollutant levels and environmental temperature variations. Methods: This is a literature review, carried out in the following databases: PubMed and Scielo, from 2009 to 2024. The descriptors used to search for articles were: “cefaleia”, “clima”, “temperatura”, “poluição”, and their English counterparts “*headache*”, “*temperature*”, “*climate*” and “*pollution*”, associated with each other by the Boolean operator *AND*. Results: 742 articles were found, 738 articles found in PubMed and 4 articles in Scielo. All duplicate articles were excluded and, when applying the inclusion and exclusion criteria, 10 articles were selected, published between 2009 and 2019. The selected articles evaluated the levels of air pollutants, climate variables and headache, and suggest that these factors can favor headache attacks, as well as high values of relative humidity, which can trigger the onset of headache, especially at higher temperatures. Conclusion: It can be observed that the levels of air pollutants, climate variables, such as ambient temperature and relative humidity, seem to be associated with emergency room visits by patients with headache.

Keywords: Headache, Pollution, Temperature.

1. INTRODUÇÃO

De acordo com Stovner *et al.* (2022), a cefaleia é uma das patologias mais prevalentes e que mais acarretam incapacidade para os indivíduos mundialmente, afetando aproximadamente 3 bilhões de pessoas. Segundo o *Global Burden of Disease de 2019* (GBD2019), as disfunções da cefaleia ocuparam a 14^a posição entre as causas globais de anos vividos com incapacidade, sendo classificada como um grave problema de saúde pública no mundo (Steiner *et al.*, 2020).

A média da prevalência de cefaleia no Brasil corresponde a cerca de 70,64% , sendo formada em sua maior parte pela população feminina (77,8%) (Queiroz; Silva Júnior, 2015). Nota-se, que pode haver uma preponderância de acordo com o sexo e o tipo de cefaleia (FreitaS e Freitas, 2014), neste caso, a migrânea possui uma prevalência de 15,6% no Brasil, sendo mais encontrada nas mulheres (Queiroz *et al.*, 2009) e a cefaleia do tipo tensão é mais observada nos homens, com uma prevalência de 29,5%, segundo Queiroz *et al.* (2008).

De acordo com a Classificação Internacional das Cefaleias (ICHD-III 2018), a cefaleia pode ser classificada em primária ou secundária, onde a cefaleia primária constitui um grupo de dores de cabeça de origem genética, sendo a cefaleia a própria patologia (Santos *et al.*, 2022). Segundo Ahmed (2012), os tipos mais comuns de cefaleia primária são a migrânea, cefaleia do tipo tensão (CTT) e cefaleias trigêmino-autonômicas (CTA) (ICHD-III 2018).

A migrânea é caracterizada por crises de dor de cabeça unilateral, de qualidade pulsátil, com intensidade que varia de moderada a grave, que se acentua através de atividades físicas cotidianas, acompanhada de fotofobia, fonofobia, osmofobia, náuseas, vômitos e pode apresentar duração de 4 a 72 horas, conforme a ICHD-III (2018). Já a CTT, apresenta episódios de dor de cabeça bilateral, em pressão ou aperto, com intensidade de leve a moderada, sem piora com a prática de atividade física, com duração de 30 minutos a 7 dias, podendo ser acompanhada por fotofobia ou fonofobia; a CTA, é descrita como cefaleia unilateral, e possui características autonômicas cranianas lateralizadas e ipsilaterais (ICHD-III 2018; Burish; Rozen, 2019).

Conforme Filler, Akhter e Nimlos (2019), a cefaleia secundária se revela em decorrência de um fator causal, que pode ser uma patologia, trauma cervical, utilização de substâncias, dentre outras causas subjacentes; como exemplo deste tipo de cefaleia, cita-se a cervicogênica, que de acordo com a Classificação Internacional das Cefaleias (ICHD-III 2018), se caracteriza como uma dor crônica, unilateral, sediada na coluna cervical, sendo relacionada com a prática do movimento, que apresenta dor simultaneamente na cervical, ombro e braço.

Nas últimas duas décadas, diversas pesquisas epidemiológicas têm apresentado evidências positivas de conexão entre os níveis de poluição do ar no ambiente e o aumento na taxa diária de mortalidade (Dominici *et al.*, 2005; HOEK *et al.*, 2013), além de admissões hospitalares ou idas às salas de emergência devido a doenças cardiorrespiratórias (Brunekreef; Holgate, 2002; Yang *et al.*, 2004; CHIU *et al.*, 2013).

Sabendo que a cefaleia é uma questão clínica amplamente difundida, representando uma causa significativa de morbidade na sociedade contemporânea, de acordo com Stovner *et al.* (2007) e que diversos fatores desencadeadores de cefaleia são apontados pelos próprios pacientes, tais como condições climáticas, dieta, estresse, fadiga, ciclo menstrual e infecções (Chabriat *et al.*, 1999; Prince *et al.*, 2004).

O mesmo ocorre com respeito ao clima, pois de acordo com Lee *et al.* (2018), as con-

dições climáticas influenciam diretamente a vida humana, porém, suas repercussões na saúde, precisam ser mais investigadas. Contudo, ainda assim, há diversos relatos de indivíduos com cefaleia, que reiteram que o clima pode ser um fator estimulante para gerar crises de dores de cabeça (Yang *et al.*, 2015).

O objetivo deste trabalho é realizar uma revisão bibliográfica sobre a associação entre o número de visitas ao pronto socorro devido ao sintoma cefaleia com os níveis de poluentes no ar e a variação de temperatura ambiental.

2. MÉTODOS

Trata-se de uma revisão integrativa da literatura, que de acordo com Mendes, Silveira e Galvão (2008), é um tipo de pesquisa que permite a sintetização dos resultados de um conjunto de artigos relacionados ao mesmo tema examinado, favorecendo a aplicação desses resultados na prática clínica e gerando incentivos para a melhoria dos serviços de saúde.

A pesquisa foi desenvolvida de acordo com as seguintes etapas: identificação do tema e elaboração da questão norteadora da pesquisa; estabelecimento de critérios de inclusão e exclusão de estudos; realização de buscas na literatura científica; definição das informações a serem coletadas e avaliação dos estudos selecionados para a revisão; interpretação; e síntese do conhecimento.

A questão norteadora da pesquisa foi: “Os níveis de poluentes do ar e a alteração da temperatura ambiental, podem favorecer o aumento das visitas ao pronto-socorro em pacientes com cefaleia?” A pesquisa da literatura foi realizada nas seguintes bases de dados: PubMed e Scielo, no período de 2009 a 2024. Os descritores utilizados para a busca dos artigos foram: “cefaleia”, “clima”, “temperatura”, “poluição”, e seus correspondentes na língua inglesa “*headache*”, “*temperature*”, “*climate*” e “*pollution*”, associados entre si pela junção do operador booleano *AND*.

Os critérios de inclusão foram relatos de caso ou ensaios clínicos, publicados em português e inglês, com texto completo e disponível na íntegra nas bases de dados selecionadas. Os critérios de exclusão foram artigos duplicados nas bases de dados, os que não relacionavam a cefaleia com as alterações climáticas, os que apresentavam texto incompleto ou indisponível.

Para analisar os dados, foi realizada a avaliação inicial dos artigos selecionados e foram comparados entre si, buscando-se discutir as semelhanças e as diferenças. Posteriormente, os dados obtidos foram registrados na forma de quadro sinóptico, o que permitiu uma análise mais sintetizada e comparativa dos dados encontrados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A busca nos bancos de dados resultou em 742 artigos, sendo 738 artigos encontrados no PubMed e 4 artigos no Scielo. Todos os artigos duplicados foram excluídos e ao realizar a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, 10 artigos foram selecionados. Obteve-se um total de 10 artigos publicados em 2009 a 2019 abrangidos nesta revisão. Quatro são estudos do tipo Coorte retrospectivo, quatro são do tipo Ecológico e dois são estudos de caso cruzado. As características dos artigos selecionados estão descritos na Tabela 1.

Autor/Ano	Tipo de Estudo	Principais variáveis avaliadas	Principais Resultados	Conclusão
Dales, Cakmak e Vidal (2009)	Ecológico	Níveis de poluição do ar e nº de hospitalizações por cefaleia.	A maioria dos riscos relativos para cefaleia estavam relacionadas com o ozônio. Os riscos relativos foram maiores para enxaqueca	Os autores concluem que a poluição do ar parece aumentar o risco de dor de cabeça.
Mukamal et al. (2009)	Caso cruzado	Níveis de temperatura, pressão barométrica, umidade, material particulado fino, carbono preto e dióxidos de nitrogênio e enxofre.	Temperatura média mais alta aumentou o risco agudo de cefaleia e a Pressão barométrica mais baixa também aumentou o risco de casos.	Temperatura mais alta e, em menor grau, pressão barométrica mais baixa levaram a um aumento transitório no risco de dor de cabeça.
Larrieu et al. (2009)	Ecológico	Níveis diários de poluição do ar e visitas médicas domiciliares.	Associações positivas e significativas foram encontradas entre poluição do ar e a maioria dos indicadores de saúde, dentre eles, a cefaleia.	Sugerem uma associação entre os níveis de poluentes do ar e o número diário de consultas de clínicos gerais para várias síndromes.
Hoffmman et al. (2011)	Coorte retrospectivo	Componentes climáticos e o início e a gravidade das crises de cefaleia.	Foi encontrada uma associação altamente significativa entre as variáveis meteorológicas e a ocorrência de crises de enxaqueca.	Um grupo específico de pacientes com enxaqueca é altamente sensível a mudanças de certos componentes climáticos.
Hoffmman et al. (2015)	Coorte retrospectivo	Variáveis meteorológicas específicas e a prevalência e intensidade de crises de enxaqueca.	Em um grupo de pacientes com enxaqueca, uma sensibilidade climática significativa pôde ser observada, mas a análise conjunta de todos os pacientes não revelou uma associação significativa.	Os resultados sugerem que apenas um grupo de pacientes com enxaqueca é sensível a condições climáticas específicas.
Chiu et al. (2015)	Ecológico	Níveis de poluentes do ar e o nº de visitas diárias à clínica para cefaleia.	Os níveis de PM10, O3 e NO2 foram associados a aumento no nº de visitas por cefaleia em dias frios. Para dias quentes, as associações foram encontradas entre os níveis de CO.	Os autores concluem que pode haver associações entre a exposição de curto prazo a poluentes do ar, particularmente PM10, NO2, CO e O3, e visitas à clínica para cefaleia.

Chen et al. (2015)	Ecológico	Níveis de PM _{2,5} e visitas clínicas para enxaqueca	Em dias quentes, o aumento das visitas à clínica para enxaqueca foi altamente associado aos níveis de PM _{2,5} .	Fornecer evidências de associações entre exposição de curto prazo a PM _{2,5} e visitas clínicas para enxaqueca.
Vodonos et al. (2015)	Coorte retrospectivo	Poluição do ar, temperatura no e nº de visitas diárias ao pronto-socorro por dor de cabeça	Um aumento de 5°C na temperatura foi associado a um aumento nas visitas ao pronto-socorro, e o RR para dor de cabeça foi associado a um aumento de 10 unidades de (NO ₂).	Sugerem evidências de uma associação entre poluição do ar, clima e visitas ao pronto-socorro por dor de cabeça, especialmente para NO ₂ .
Lee et al. (2018)	Caso cruzado	A exposição de curto prazo à poluição do ar com a enxaqueca em conjunto com a temperatura.	Níveis mais altos de poluição do ar foram significativamente associados ao risco de enxaqueca e o efeito do PM foi significativamente mais forte em dias de alta temperatura.	A exposição à poluição do ar parece desencadear a enxaqueca, principalmente em dias mais quentes.
Li et al. (2019)	Coorte prospectivo	Temperatura, umidade relativa, pressão barométrica e poluentes do ar ambiente com início de cefaleia	A maior umidade relativa foi associada a maiores chances de enxaqueca, sendo observada apenas na estação quente.	Sugerem uma associação entre maior umidade relativa e início de cefaleia, especialmente na estação quente; e níveis mais altos de O ₃ ambiente podem estar associados a maior risco de ter enxaqueca, particularmente na estação fria.

Tabela 1. Principais características dos artigos selecionados.

Fonte: Autores (2024).

Observou-se que os artigos incluídos nesta pesquisa, avaliaram os níveis de poluentes do ar, variáveis climáticas e cefaleia, o que reiteram que esses fatores podem ser estimulantes para gerar crises de dores de cabeça (Larrieu *et al.* 2009; Yang *et al.*, 2015). Contudo, a associação entre a poluição do ar e os outros fatores ambientais e a ocorrência de cefaleia ainda necessita ser investigada, de acordo com os achados de Friedman e Dye (2009).

Ao analisar o número de visitas ao pronto-socorro de pacientes com cefaleia, expostos principalmente ao de níveis PM₁₀, NO₂, CO e O₃, vários estudos constataram geralmente associações positivas, pois esses poluentes vinculados às emissões de tráfego, apresentam potenciais associações entre poluentes veiculares e o surgimento de cefaleia (Chen *et al.* 2015; Chiu; Yang 2015; Vodonos *et al.* 2015; Lee *et al.* 2018). Entretanto, como os níveis de CO e NO₂ estão altamente correlacionados, é difícil discernir se o CO e o NO₂ contribuem diretamente para o desenvolvimento de cefaleias ou se eles apenas indicam a exposição a outros poluentes tóxicos, conforme os achados de Dales, Cakmak e Vidal (2009).

Verificou-se que há um subgrupo de pacientes com enxaqueca que apresentaram sensibilidade ao clima, principalmente entre temperaturas mais baixas e maior incidência

de migrânea nos pacientes (Hoffmann *et al.*, 2011; Hoffmann *et al.*, 2015; Yang *et al.*, 2015). Pesquisas epidemiológicas mais amplas, que incorporam dados de visitas a departamentos de emergência também evidenciaram associações, predominantemente positivas, entre a temperatura diária média e o número de visitas por conta de enxaqueca, segundo Mukamal *et al.* (2009); Vodonos *et al.* (2015); Yilmaz *et al.* (2015). Porém, nem todos os estudos corroboraram com esses achados (Villeneuve *et al.*, 2006).

Conforme os achados de Mukamal *et al.* (2009), Chen *et al.* (2015) e Vodonos *et al.* (2015), as temperaturas mais altas foram associadas a um aumento no número de visitas ao pronto-socorro, dados que se assemelham aos achados de Chaturvedi *et al.* (2022). Apesar disso, outros estudos relataram que as temperaturas mais baixas encontradas no inverno, também podem ser um gatilho para desencadear a cefaleia (Yang *et al.*, 2015, 2011).

Ao verificar a umidade relativa, percebe-se que valores elevados de umidade, podem desencadear o início de cefaleia, especialmente na estação quente; e níveis mais altos de O₃ ambiente podem estar associados a maior risco de ter enxaqueca, particularmente na estação fria, segundo os achados de Li *et al.* (2019). Entretanto, em um estudo de larga escala conduzido em Israel, os achados sugeriram que a maior umidade relativa diária estava associada a um menor número de visitas ao pronto-socorro (Yilmaz *et al.*, 2015).

4. CONCLUSÃO

Portanto, através dos achados explanados nesta revisão integrativa, pode-se observar que os níveis de poluentes do ar, as variáveis climáticas, como temperatura ambiental e umidade relativa do ar, parecem estar associadas as visitas ao pronto-socorro por pacientes com cefaleia.

A compreensão da influência de fatores climáticos na cefaleia ainda permanece um desafio, exigindo estudos mais aprofundados, pois essas questões ressaltam a necessidade de análises futuras para entender melhor a relação entre os poluentes, as variáveis climáticas e o número de visitas ao pronto-socorro por cefaleias, bem como os mecanismos subjacentes.

Percebe-se a necessidade de que mais estudos nessa área sejam realizados, para que se possam proporcionar medidas para melhorar a qualidade do ar e atenuar as alterações climáticas, buscando assim, contribuir para o fortalecimento de políticas públicas voltadas à prevenção e proteção a saúde de indivíduos acometidos com cefaleia e do meio ambiente.

Referências

- AHMED, F. Headache disorders: differentiating and managing the common subtypes. **Br J Pain**. v.6, n. 3, p.124-32, 2012.
- BRUNEKREEFF, B.; HOLGATE, S. T. Air pollution and health. **Lancet**. v. 360, n. 9341, 1233–42, 2002.
- BURISH, M. J.; ROZEN, T. D. Trigeminal Autonomic Cephalalgias. **Neurol Clin**. v. 37, n. 4, p.847-869, 2019.
- CHABRIAT, H.; DANCHOT, J.; MICHEL, P., et al. Precipitating factors of headaches. A perspective study in a national control-matched survey in migraineurs and non- migraineurs. **Headache**. v. 39, n. 5, p. 335–338, 1999.
- CHEN, C. C.; TSAI, S. S.; YANG, C. Y. Association between Fine Particulate Air Pollution and Daily Clinic Visits for Migraine in a Subtropical City: Taipei, Taiwan. **Int J Environ Res Public Health**. v. 12, n.5, p. 4697–4708, 2015.
- CHIU, H. F.; WENG, Y. H.; CHIU, Y. W., et al. Air pollution and daily clinic visits for headache in a subtropical city: Taipei, Taiwan. **Int J Environ Res Public Health**. v. 12, n. 2, p. 2277-88, 2015.



- CHIU, H. F.; YANG, C. Y. Air pollution and daily clinic visits for migraine in a subtropical city: Taipei, Taiwan. **J Toxicol Environ Health A**. v. 78, n. 9, p. 549–558, 2015.
- DALES, R. E.; CAKMAK, S.; VIDAL, C. B. Air pollution and hospitalization for headache in Chile. **Am. J. Epidemiol.** v. 170, n. 8, p. 1057–1066, 2009.
- DOMINICI, F.; MCDERMOTT, A.; DANIELS, M. et al. Revised analyses of the national morbidity, mortality, and air pollution study: Mortality among residents of 90 cities. **J. Toxicol. Environ. Health A**. v. 68, p. 1071–1092, 2005.
- FILLER, L.; AKHTER, M.; NIMLOS, P. Evaluation and Management of the Emergency Department Headache. **Semin Neurol.** v.39, n.1, p.20-26, 2019.
- FREITAS, F. L.; FREITAS, T. G. Cefaleia. IN: **Eventos agudos em situações clínicas**. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis: UFSC, p. 16-18, 2014.
- FRIEDMAN, D. I.; DYE, T. D. V. Migraine and environment. **Headache**. v. 49, n. 6, p. 941–952, 2009.
- HOFFMANN, J.; LO, H.; NEEB, L., et al. Weather sensitivity in migraineurs. **J Neurol**. v. 258, n. 4, p. 596–602, 2011.
- HOFFMANN, J.; SCHIRRA, T.; LO, H., et al. The influence of weather on migraine - are migraine attacks predictable? **Ann Clin Transl Neurol**. v. 2, n. 1, 22–28, 2015.
- ICHD-III **Classificação Internacional das Cefaleias / Comitê de Classificação das Cefaleias da Sociedade Internacional de Cefaleia**. KOWACS, F.; MACEDO, D. D. P. D.; SILVA-NÉTO, R. P. D. 3. ed. São Paulo: OMNIFARMA, p. 23-153, 2018.
- LARRIEU, S.; LEFRANC, A.; GAULT, G. Are the short-term effects of air pollution restricted to cardiorespiratory diseases? **Am. J. Epidemiol.** v. 169, n. 10, p. 1201–08, 2009.
- LEE, M.; OHDE, S.; URAYAMA, K.Y., et al. Weather and Health Symptoms. **Int J Environ Res Public Health**. v.15, n.8, p. 1-15, 2018.
- LI, W.; BERTISCH, S. M.; MOSTOFISKY, E., et al. Weather, ambient air pollution, and risk of migraine headache onset among patients with migraine. **Environ Int**. v. 132, p. 1-23, 2019.
- MENDES, K. D. S.; SILVEIRA, R. C. C. P.; GALVÃO, C. M. Revisão integrativa: método de pesquisa para a incorporação de evidências na saúde e na enfermagem. **Texto Contexto Enferm**. v.17, n.4, p. 758-64, 2008.
- MUKAMAL, K. J.; WELLENIUS, G. A.; SUH, H. H., et al. Weather and air pollution as triggers of severe headaches. **Neurology**. v. 72, n. 10, p. 922–927, 2009.
- PRINCE, P. B.; RAPOPORT, A. M.; SHEFTELL, F. D., et al. The effect of weather on headache. **Headache**. v. 44, n. 6, p. 596–602, 2004.
- QUEIROZ, L. P.; PERES, M. F. P.; PIOVESAN, E. J., et al. A nationwide population-based study of migraine in Brazil. **Cephalalgia**. v. 29, p. 642-649, 2009.
- QUEIROZ, L. P.; SILVA JÚNIOR, A. A. The Prevalence and Impact of Headache in Brazil. **Headache**. v. 55, n.1, p. 32-38, 2015.
- STEINER, T. J.; STOVNER, L. J.; JENSEN, R. et al. Migraine remains second among the world's causes of disability, and first among young women: findings from GBD2019. **J Headache Pain**. v. 21, n. 137, 2020.
- STOVNER, L. J.; HAGEN, K.; LINDE, M., et al. The global prevalence of headache: an update, with analysis of the influences of methodological factors on prevalence estimates. **J Headache Pain**. v. 23, n. 34, 2022.
- VILLENEUVE, P. J.; SZYSZKOWICZ, M.; STIEB, D., et al. Weather and emergency room visits for migraine headaches in Ottawa, Canada. **Headache**. v. 46, n. 1, p. 64–72, 2006.
- VODONOS, A.; NOVACK, V.; ZLOTNIK, Y. et al. Ambient air pollution, weather and daily emergency department visits for headache. **Cephalalgia**. v. 35, n. 12, p. 1085–1091, 2015.
- YANG, A. C.; FUH, J. L.; HUANG, N. E., et al. Patients with migraine are right about their perception of temperature as a trigger: time series analysis of headache diary data. **J Headache Pain**. v. 16, n. 49, p. 1-20, 2015.
- YANG, A.C.; FUH, J.L.; HUANG, N.E., Temporal associations between weather and headache: analysis by empirical mode decomposition. **PLoS One**. v.6, n.1, p. 14612, 2011.
- YILMAZ, M.; GURGER, M.; ATESCELIK, M., et al. Meteorologic parameters and migraine headache: ED study. **Am J Emerg Med**. v. 33, n. 3, p. 409–413, 2015.

6

POTENCIAL BIOENERGÉTICO DA BIOMASSA DE BACURI (*Platonia insignis* MART.): AVALIAÇÃO DA BLEND (ENDOCARPO E EPICARPO) PARA APLICAÇÕES SUSTENTÁVEIS EM TERMOCONVERSÃO

BIOENERGETIC POTENTIAL OF BACURI BIOMASS (*Platonia insignis* MART.): EVALUATION OF THE BLEND (ENDOCARP AND PICARP) FOR SUSTAINABLE APPLICATIONS IN THERMOCONVERSION

Paulo Leonardo Santos Gouveia¹

Arthur Vinicius Sousa Silva²

Glauber Cruz³

Wolia Costa Gomes⁴

1 Mestre em Meio Ambiente, Universidade CEUMA, São Luís/MA

2 Mestre em Engenharia Mecânica, Universidade de Campinas, São Paulo/SP

3 Doutor em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Maranhão, São Luís/MA

4 Doutora em Engenharia de Processos, Universidade CEUMA, São Luís/MA

Resumo

O bacuri (*Platonia insignis* Mart.), típico da Amazônia Oriental, especialmente no Pará e Maranhão, possui grande potencial de aproveitamento, desde a polpa até as cascas e sementes, sendo uma alternativa promissora para geração de energia limpa. Este estudo avalia o potencial da biomassa do bacuri como fonte sustentável de energia. Foram realizadas análises da *blend* (endocarpo e epicarpo), incluindo análises imediata e elementar, microscopia eletrônica de varredura (MEV), espectroscopia de energia dispersiva (EDS), poderes caloríficos (superior, inferior e útil), densidades aparente e energética, além de termogravimetria (TG/DTG) e calorimetria exploratória diferencial (DSC). A análise imediata indicou teores de umidade (4,25%), matéria volátil (90,17%), carbono fixo (4,18%) e cinzas (1,38%). A análise elementar revelou 67,12% de carbono, 10,96% de hidrogênio e 20,18% de oxigênio. Embora o MEV não tenha mostrado grandes diferenças entre epicarpo e endocarpo, o EDS evidenciou a predominância de carbono (76,4%) e oxigênio (17,1%), indicando alto potencial energético. Os valores de PCS, PCI e PCU foram de 27,37; 25,29; e 23,12 MJ kg⁻¹, respectivamente. As densidades aparente (503,80 kg m⁻³) e energética (11,64 GJ m⁻³) reforçaram a adequação da biomassa para processos termoquímicos. A análise térmica indicou etapas de decomposição entre 120 e 800 °C, sugerindo um promissor potencial bioenergético para geração de energia renovável.

Palavras-chave: Biomassa do bacuri, potencial energético, fontes renováveis.

Abstract

Bacuri (*Platonia insignis* Mart.), a fruit native to the Eastern Amazon, particularly found in Pará and Maranhão, has great potential for utilization, from its pulp to the peel and seeds, making it a promising alternative for clean energy generation. This study evaluates the biomass potential of bacuri as a sustainable energy source. Analyses were conducted on the *blend* (endocarp and epicarp), including proximate and elemental analysis, scanning electron microscopy (SEM), energy dispersive spectroscopy (EDS), heating values (higher, lower, and useful), apparent and energy densities, as well as thermogravimetry (TG/DTG) and differential scanning calorimetry (DSC). The proximate analysis indicated moisture content (4.25%), volatile matter (90.17%), fixed carbon (4.18%), and ash (1.38%). Elemental analysis revealed 67.12% carbon, 10.96% hydrogen, and 20.18% oxygen. Although SEM showed no significant differences between the epicarp and endocarp, EDS demonstrated the predominance of carbon (76.4%) and oxygen (17.1%), indicating high energy potential. The HHV, LHV, and UHV were 27.37, 25.29, and 23.12 MJ kg⁻¹, respectively. The apparent density (503.80 kg m⁻³) and energy density (11.64 GJ m⁻³) further support the biomass's suitability for thermochemical processes. Thermal analysis indicated decomposition stages between 120 and 800 °C, suggesting a promising bioenergy potential for renewable energy generation.

Keywords: Bacuri biomass, energy potential, renewable sources.

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, tem sido cada vez mais evidente o impacto significativo do aumento da temperatura global e do efeito estufa, atribuído principalmente à intensificação da industrialização e à emissão crescente de gases poluentes na atmosfera (Ferreira, 2017). Este fenômeno é diretamente correlacionado ao consumo exacerbado de combustíveis fósseis em diversas regiões do globo (Menezes *et al.* 2024), estabelecendo um ciclo complexo de demanda industrial, poluição ambiental e mudanças climáticas adversas. A consequência direta dessas alterações incluem perturbações nos ecossistemas naturais e o aumento da frequência de desastres naturais (Pereira *et al.*, 2023).

Conceitualmente, a biomassa engloba todos os recursos de origem orgânica, tanto animal quanto vegetal, que podem ser utilizados na produção de energia sustentável, sem comprometer a integridade dos ecossistemas (Santos, 2020). Como fonte de carbono neutro, a biomassa libera durante sua combustão a mesma quantidade de CO₂ que absorve durante seu crescimento através da fotossíntese (Costa, 2018). Essa característica faz da biomassa uma aliada crucial na mitigação das emissões de gases de efeito estufa, contribuindo significativamente para o combate ao aquecimento global e às mudanças climáticas (Figueiredo, 2021).

Portanto, é claro que diversos setores da economia podem se beneficiar substancialmente do uso da biomassa como fonte de energia limpa e renovável. Além da geração de energia, a biomassa é utilizada na produção de biocombustíveis, biogás, materiais biodegradáveis, alimentação animal, fertilizantes orgânicos, produtos químicos sustentáveis e bioplásticos, além do tratamento eficiente de resíduos sólidos (Gonçalves, 2019).

Considerando a abundância do bacuri na Amazônia Oriental, investimentos em pesquisa são essenciais para explorar seu potencial como fonte de energia renovável e sustentável, especialmente diante da urgência em encontrar alternativas viáveis aos combustíveis fósseis, cuja queima é um dos principais impulsionadores do aquecimento global (Almeida, 2022). O bacuri não apenas possui relevância socioeconômica significativa para comunidades locais, que dependem da atividade extrativista para subsistência e geração de renda, mas também representa um recurso promissor para o desenvolvimento regional sustentável (Silva, 2020).

Destarte, este trabalho científico tem como objetivo principal realizar uma avaliação energética da *Blend* (endocarpo e epicarpo) dos frutos de bacuri (*Platonia insignis* Mart.) para uma aplicação sustentável em sistemas de termoconversão.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Coleta, preparação e caracterização das amostras dos resíduos do bacuri (*Blend*).

O material de estudo, isto é, a *blend* do bacuri (mistura de 50% epicarpo e 50% endocarpo) foram coletados e fornecidos pela Fazenda Dois Irmãos. A propriedade encontra-se situada no povoado Baías, localizado no município de Viana, no Estado do Maranhão, com as coordenadas geográficas - Latitude: 03°06'31,66" Sul e Longitude: 45°06'38,12" Oeste.

Para este estudo inicial, as amostras foram compostas exclusivamente pela *Blend* de bacuri, a qual passou por algumas etapas de preparação. Essa preparação foi iniciada pelo

processo de lavagem em água corrente para a remoção de impurezas, posteriormente, foram levadas a uma estufa (marca *Tecnal* e modelo TE-393/80L) por um período de 48 horas à temperatura de 60 °C, para retirar os vestígios de umidade (Silva, 2022).

Ainda na etapa de preparação, os endocarpos e epicarpos secos dos bacuris que iriam compor a *blend* foram levados para um processo de moagem adicional no moinho de facas (marca *Tecnal* e modelo TE-648). Esse processo teve como objetivo a obtenção das partículas que foram utilizadas nas análises posteriores, por fim, essas amostras passaram por uma seleção granulométrica em peneiras da série ASTM (meshes 45 e 50) para determinação do tamanho médio de partículas ($\approx 300 \mu\text{m}$).

Após toda a etapa de preparação das amostras, é de extrema relevância conhecer as principais propriedades físico-químicas, morfológicas, estruturais e o comportamento térmico desta biomassa, buscando desta forma, instrumentos para que haja uma ampliação e diversificação de matéria-prima bioenergética no País, mas especificamente, no Estado do Maranhão, o que a tornará uma candidata com potencial para a geração de energia limpa, renovável e sustentável, e todas estas caracterizações serão descritas nos próximos tópicos.

2.2 Análise Imediata

A análise imediata consiste em um conjunto de métodos para determinar os teores de umidade, materiais voláteis, carbono fixo e cinzas das amostras utilizadas neste estudo. Os subtópicos 2.2.1 a 2.2.4 demonstram essa metodologia, bem como as equações empregadas para o cálculo dos parâmetros de análise imediata, sendo uma adaptação do que foi desenvolvido por Narita (2021), em diferentes faixas de temperatura.

2.2.1 Umidade (U): Consiste na medida da quantidade de umidade livre na amostra, calculada a partir da perda de massa (m_{110}) depois que a amostra é submetida a temperatura de aproximadamente 110 °C. O cálculo foi realizado utilizando a Equação 1:

$$\% \text{ Umidade} = \left(m_i - \frac{m_{110}}{m_i} \right) \times 100 \quad (1)$$

2.2.2 Materiais Voláteis (MV): É a quantidade de produtos gasosos (condensáveis e não condensáveis) que são produzidos, sendo aquecida a amostra até 600 °C (m_{600}) em atmosfera inerte. O cálculo é realizado por meio da Equação 2:

$$\% \text{ Material Volátil} = \left(\frac{m_i - m_{600}}{m_i} \right) \times 100 - \% \text{ Umidade} \quad (2)$$

2.2.3 Cinzas: É a quantidade residual da biomassa após a queima completa (m_{cinzas}) desta em atmosfera oxidante (ar sintético) a 900 °C. O cálculo é feito com base na Equação 3:

$$\% \text{ Cinzas} = \left(\frac{m_{\text{cinzas}}}{m_i} \right) \times 100 \quad (3)$$

2.2.4 Carbono fixo (CF): É a quantidade de carbono remanescente na amostra. É calculada pela diferença em 100% entre a soma das porcentagens de umidade, materiais voláteis e cinzas. O cálculo será realizado pela Equação 4:

$$\% \text{ Carbono Fixo} = 100 - (\% \text{ Umidade} + \% \text{ Material Volátil} + \% \text{ Cinzas}) \quad (4)$$

Para a realização do controle de temperatura para cada uma das etapas da análise imediata foi utilizado um forno do tipo mufla à vácuo da marca INTI e modelo MLVC 1300/7 (220 V, 4.000 W, 18 A, temperatura máxima de 1800 °C), o qual é manuseado por um controlador eletrônico da marca Flyever e modelo FE50RPN (90-240 VAC, 9 W, 50/60 Hz). Os experimentos foram realizados em triplicata para uma maior precisão e os valores médios das composições imediatas serão apresentados com o intuito de confiabilidade e reprodutibilidade.

2.3 Análise Elementar

A análise elementar foi utilizada neste estudo para avaliar, de uma forma quantitativa e qualitativa por meio da medição dos respectivos teores de carbono (C), hidrogênio (H), nitrogênio (N) e enxofre (S), que influenciam diretamente nas propriedades físico-químicas das mesmas (Cruz *et al.*, 2020). Contudo, neste experimento, o teor de oxigênio (O) não foi obtido analiticamente, sendo necessário este ser calculado pela diferença em 100% dos demais teores elementares como mostrado na Equação 5 (Silva; Torquato; Cruz, 2019).

$$\%O = 100\% - (\%C + \%H + \%N + \%S) \quad (5)$$

2.4 Análise Calorimétrica (PCS, PCI e PCU)

O Poder Calorífico Superior (PCS) experimental foi medido em uma bomba calorimétrica (IKA C200).

Por outro lado, o Poder Calorífico Inferior (PCI) trata de um valor com base no PCS subtraindo o teor de energia gasto para a transformação de hidrogênio e oxigênio em umidade (Silva *et al.*, 2021). O PCI pode ser calculado com base nos resultados da análise elementar por meio da Equação 6 deduzida por Cortez, Lora e Gomez (2008).

$$PCI = [(PCS - \lambda \cdot (r + 0,09 \cdot H)) \cdot (100 - W/100)] \quad (6)$$

onde W é a umidade da biomassa, λ (2,31 MJ kg⁻¹) é calor latente de evaporação da água a 25 °C, e r é a razão de umidade $r = W/(100 - W)$.

O PCU é calculado pela Equação 7 (Silva; Torquato; Cruz, 2019). Todos os experimentos foram conduzidos em triplicata, enfatizando a robustez e a confiabilidade dos resultados obtidos.

$$PCU = [PCS - 0,212H - 0,0008(O + N)] \cdot \left[\left(\frac{100 - W}{100}\right) - 0,0245W\right] \quad (7)$$

onde O, H e N são os teores de oxigênio, hidrogênio e nitrogênio, respectivamente, obtidos por análise elementar; e W é o teor de umidade obtido por análise imediata (Silva; Torquato; Cruz, 2019).

2.3 Densidade Aparente e Densidade Energética (DA/DE)

A densidade aparente resultante para a biomassa desse estudo foi obtida de acordo com a norma ASTM E873-82. Contudo, o recipiente de medição de volume padrão de $28.372.625 \text{ mm}^3$ (305 mm x 305 mm x 305 mm) foi substituído por um recipiente de 50 mL (50.000 mm^3) de volume. A densidade aparente (DA) foi calculada por meio da razão entre a massa e o volume (50 mL) medidos, e este procedimento foi realizado em triplicata visando diagnosticar a reprodutibilidade. A densidade energética (DE) é o produto entre a densidade aparente e o PCU (Poder Calorífico Útil) da biomassa (silva, 2022).

2.4 Espectroscopia de Energia Dispersiva (EED)

Essa técnica foi usada para qualificar e quantificar a presença de elementos inorgânicos e metálicos nas amostras *in natura* dos resíduos do bacuri (*Blend*). Nesta etapa, foram feitas pastilhas das amostras em prensa hidráulica e estas fixadas em suporte de alumínio, sem nenhum processo de metalização adicional.

2.5 Microscopia Eletrônica de Varredura (Imagem MEV)

Por meio da Microscopia Eletrônica de Varredura foi possível visualizar o formato da estrutura morfológica e o tamanho médio dos grãos e cristais que compõem a microestrutura das amostras de resíduos do bacuri (*blend*) (Fernandes, 2019). As imagens foram obtidas por meio de um *Scanning Eletronic Microscopic*, marca LEO440 (com metalização em banho de ouro). As imagens obtidas nesta análise tiveram ampliações de 500, 1000 e 3000 vezes.

2.6 Análise Térmica (curvas TG/DTG/DSC)

Para os ensaios em TG/DTG e DSC foi utilizado um analisador termogravimétrico simultâneo, da marca *Netzsch* e modelo STA449C. A faixa de temperatura utilizada para esse experimento foi da temperatura ambiente ($\approx 25 \text{ }^\circ\text{C}$) a $800 \text{ }^\circ\text{C}$, o gás de arraste utilizado foi produzido pelo nitrogênio (atmosfera inerte) e ar sintético (atmosfera oxidante) a 100 mL min^{-1} , com massa de amostra de 10 mg e uma razão de aquecimento de $10 \text{ }^\circ\text{C min}^{-1}$.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análises Elementar, Imediata e Calorimétrica (PCS, PCI e PCU), e Densidades Aparente e Energética

A Tabela 1 apresenta as Análises Elementar, Imediata, Calorimétrica, Densidades Aparente e Energética dos resíduos dos frutos do bacuri (*blend*).

Análise Elementar (%)				
Carbono	Hidrogênio	Oxigênio	Nitrogênio	Enxofre
67,12±0,00	10,06±0,00	20,18±0,00	Não detectado	Não detectado
Análise Imediata (%)				
Umidade	Materiais Voláteis	Carbono Fixo	Cinzas	
4,25±0,00	90,17±0,00	4,18±0,00	1,38±0,03	
Análise Calorimétrica (MJ kg ⁻¹)				
PCS experimental		PCS teórico	PCI	PCU
33,06±0,1272		27,37±0,00	25,29±0,00	23,12±0,00
Densidades Aparente e Energética				
Densidade Aparente (kg m ⁻³)			Densidade Energética (GJ m ⁻³)	
503,8			11,64	

Tabela 1 - Resultados encontrados para a análises Elementar, Imediata, Calorimétrica, Densidades Aparente e Energética dos resíduos dos frutos do bacuri (*blend*).

Fonte: Próprio Autor (2024)

Considerando a análise imediata, observa-se que para a *blend* de bacuri, foi identificado teores de umidade de 4,25%, matéria volátil de 90,17%, carbono fixo de 4,18% e cinzas de 1,38%. Esses resultados corroboram com os obtidos por Oliveira *et al.*, (2021) em resíduos de açaí para produção de biomassa, onde foram registrados teores de umidade de 10,00%, matéria volátil de 63,00%, carbono fixo de 26,00% e cinzas de 1,00%. Neste contexto, a biomassa analisada demonstra alta concentração de materiais energéticos, especialmente, materiais voláteis, com baixa propensão à corrosão e ao entupimento em sistemas de termoconversão, devido ao baixo teor de cinzas. A baixa umidade das biomassas também contribui significativamente para a eficiência energética, otimizando o processo de conversão térmica e tornando-as opções viáveis e eficientes para a produção de energia sustentável. Valores elevados de material volátil e baixo teor de carbono fixo estão associados a uma queima rápida e menor demanda energética no processo (Paz *et al.*, 2017).

A análise elementar da *blend* de bacuri revelou teores médios de carbono (67,12%), hidrogênio (10,06%) e oxigênio (20,18%), com ausência de nitrogênio e enxofre. Silva (2022) reportou teores de 41,86% de carbono, 5,28% de hidrogênio e 52,08% de oxigênio na *blend* de milho (sabugo e palhas), sem detecção de enxofre. Rodrigues *et al.* (2020), menciona que baixos índices de nitrogênio e a ausência de enxofre sugerem que essas biomassas são menos poluentes, pois têm uma menor propensão à formação de SO_x (óxidos de enxofre) ou produção de escórias reduzidas durante os processos de combustão.

No que diz respeito aos poderes caloríficos superiores, a *blend* de bacuri, composta pelo endocarpo e epicarpo, apresentou um PCS de 33,06 MJ kg⁻¹ (experimental) e 27,37 MJ kg⁻¹ (teórico), com um PCI de 25,29 MJ kg⁻¹ e um PCU de 23,12 MJ kg⁻¹. Carvalho (2022),

ao estudar uma *blend* composta por 60,0% de carnaúba e 40,0% de epicarpo de castanha, encontrou um PCS de $19,04 \text{ MJ kg}^{-1}$, 42,41% inferior ao observado para a *blend* do bacuri ($33,06 \text{ MJ kg}^{-1}$). O autor destacou o bom potencial de combustão da *blend* de carnaúba e castanha, sugerindo que a *blend* de bacuri possui um potencial ainda maior. Vieira (2012) corroborou essa informação, afirmando que o PCS é um indicador direto da eficiência do processo de combustão, sendo que valores mais altos refletem processos mais eficientes.

Silva (2022), ao analisar PCI das cascas de soja e das cascas de buriti, encontrou $10,26 \text{ MJ kg}^{-1}$ e $9,62 \text{ MJ kg}^{-1}$, respectivamente, ou seja, valores são 59,25% e 61,67% inferiores ao encontrado para a *blend* do bacuri. Posom *et al.* (2016) enfatizaram que o PCU é determinado a partir do material úmido, o que tende a reduzir o valor devido ao alto teor de umidade que é eliminado no início da combustão, diminuindo a quantidade de energia liberada. No presente estudo, o PCU obtido para a *blend* foi de $23,12 \text{ MJ kg}^{-1}$, respectivamente.

Os resíduos da *Blend* do bacuri exibiram uma alta densidade aparente, da ordem de $503,8 \text{ kg m}^{-3}$, o que tem um impacto direto na densidade energética e que foi estimada em $\approx 11,64 \text{ GJ m}^{-3}$. Silva (2022), ao analisar o endocarpo de buriti, identificou uma densidade de $482,8 \text{ kg m}^{-3}$, próxima à do endocarpo do bacuri. Além disso, a autora encontrou uma densidade aparente de $197,03 \text{ kg m}^{-3}$ para uma *blend* de milho, valor 2,55 vezes inferior ao da *blend* de bacuri. Mumbach *et al.* (2023) mencionaram que a alta densidade aparente em biomassas resulta em gerenciamento econômico para aplicações de bioenergia, oferecendo uma maior eficiência de armazenamento, requisitos de espaço reduzidos e custos de transporte mais baixos. Bernardo (2023) relatou uma densidade energética de cerca de $5,10 \text{ GJ m}^{-3}$ para resíduos de Oiti (*Licania tomentosa*). No entanto, os valores para a *blend* foram substancialmente maiores, em $11,64 \text{ GJ m}^{-3}$, respectivamente. Esse valor indica uma superioridade percentual de aproximadamente 128,24% para o *blend* em relação ao valor encontrado por Bernardo.

3.2 Espectroscopia de Energia Dispersiva

A Figura 1 apresenta a Espectroscopia de Energia Dispersiva para os resíduos do fruto do bacuri (*blend*).

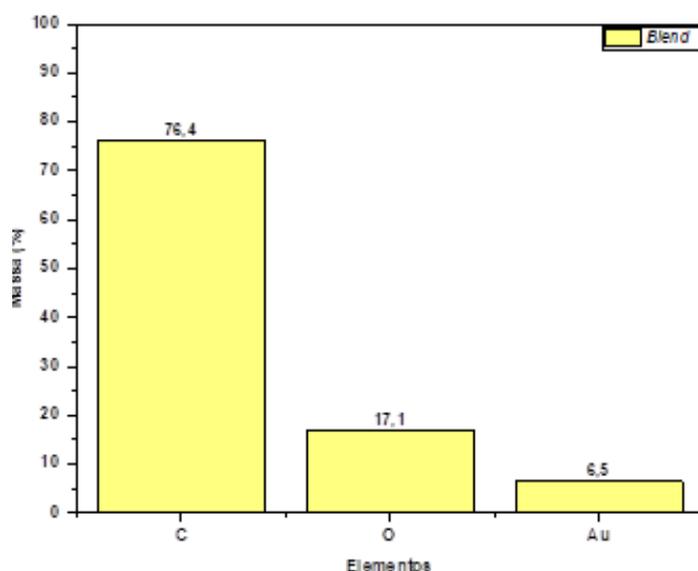


Figura 1. Composição química da biomassa *in natura* da *blend* do bacuri obtida por meio da espectrometria de energia dispersiva (EED).

Fonte: Próprio Autor (2024).

Quando analisado a *blend* do bacuri, composto por endocarpo e epicarpo, observou-se uma composição similar, com 76,4% de carbono, 17,1% de oxigênio e 6,5% de ouro. Esses resultados foram consistentes com os do endocarpo, destacando semelhanças morfológicas e térmicas entre as amostras. A EED confirmou a análise elementar, mostrando os percentuais aproximados de carbono (67,12%) e oxigênio (20,18%).

De acordo com Telmo *et al.* (2010), uma biomassa lignocelulósica ao ser submetida a EED pode obter os elementos: carbono (C), hidrogênio (H), oxigênio (O), nitrogênio (N), ouro (Au) e enxofre (S). Para este autor, a análise de uma biomassa lignocelulósica revela valores de carbono entre 47,0 e 54,0%; hidrogênio de 5,6 a 7,0%; oxigênio entre 40,0 e 44,0%; nitrogênio de 0,1 a 0,5% e enxofre próximo a 0,1%. Outros estudos corroboram esses valores, destacando o carbono como o componente predominante em biomassas lignocelulósicas, essencial para processos de termoconversão (Bridwater, 2012).

3.3 Microscopia Eletrônica de Varredura (Imagens MEV)

A Figura 2 (a-c) apresenta a Microscopia Eletrônica de Varredura para os resíduos dos frutos do bacuri (*blend*).

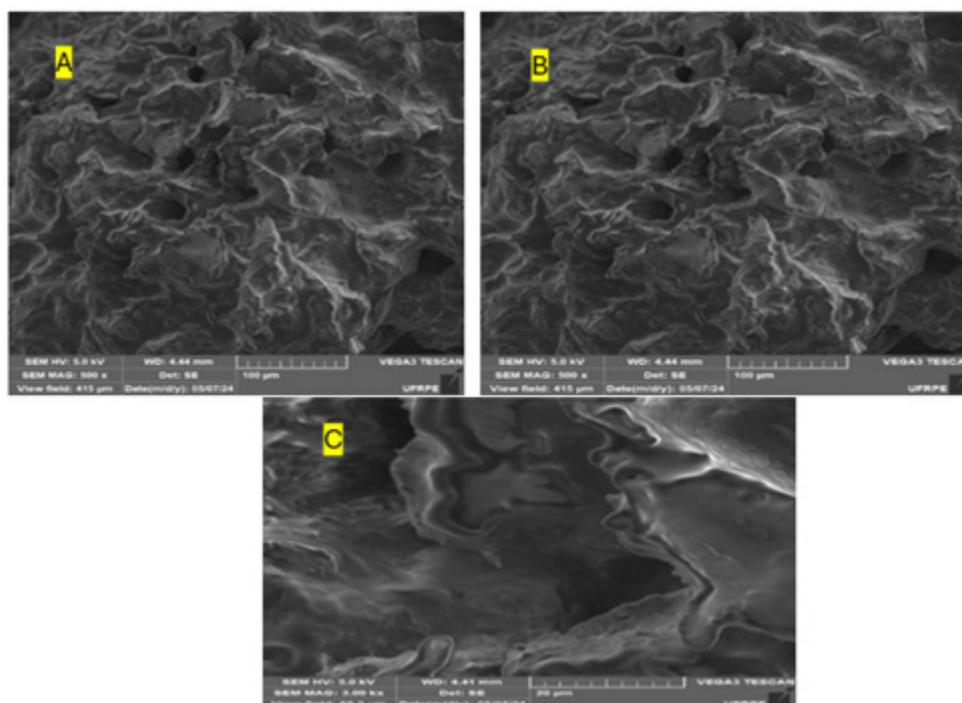


Figura 2. Micrográficos de MEV para a *blend* de bacuri *in natura* ampliados em (a) 500, (b) 1000 e (c) 3000 vezes.

Fonte: Autores (2024).

Do MEV (Figura 2, a-c), a *blend* formada por endocarpo e epicarpo dos frutos de bacuri apresentou as mesmas estruturas observadas em cada componente isoladamente. Devido à semelhança morfológica dessas biomassas, não foi possível exibir uma diferença específica entre as partículas de endocarpo e epicarpo de bacuri.

A análise de *blends* de biomassas pode fornecer informações valiosas para otimizar a aplicação destas em sistemas de conversão termoquímica, permitindo a escolha da proporção ideal para alcançar objetivos específicos, como reduzir o teor de cinzas ou aumentar o rendimento de biocarvão ou bio-óleo, entre outros subprodutos (Graham Allison *et al.* 2018).

3.4 Análise Térmica (curvas TG/DTG/DSC)

Este estudo empregou a Termogravimetria (TG), Derivada Termogravimétrica (DTG) e Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC), para avaliar o comportamento térmico da *blend* do bacuri, a fim de melhor compreender o mecanismo físico de degradação térmica da referida amostra. As curvas resultantes para a análise térmica simultânea para os resíduos da colheita de bacuri estão apresentadas na Figura 3.

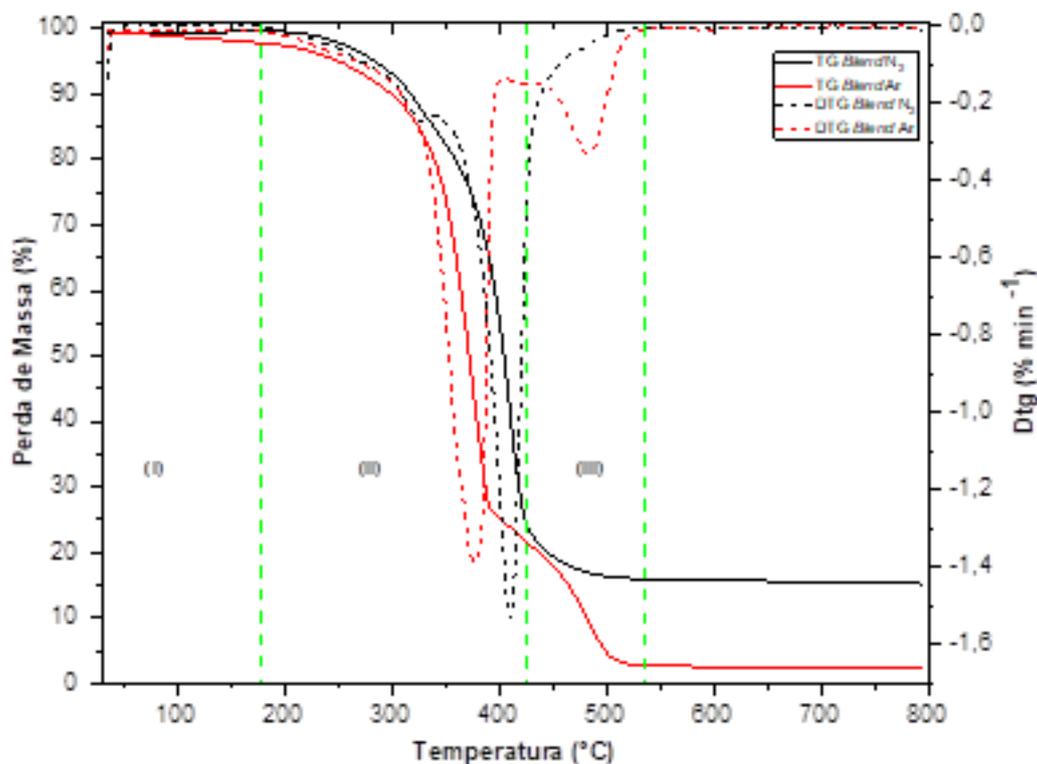


Figura 3 - Curvas TG/DTG da amostra da *blend* de bacuri em atmosferas oxidante (ar sintético) e inerte (nitrogênio).

Fonte: Próprio Autor (2024).

É importante destacar que as análises de termogravimetria (TG) e derivada de termogravimetria (DTG) foram conduzidas sob atmosfera oxidante e inerte, utilizando ar sintético e nitrogênio, respectivamente, para simular condições de combustão e pirólise. As curvas TG/DTG da *blend* de bacuri foram subdivididas em três estágios distintos de perda de massa tanto na atmosfera inerte quanto na oxidante. A delimitação de cada estágio foi realizada utilizando o método de separação de picos, baseado nas inflexões observadas nas respectivas curvas termogravimétricas (Cruz *et al.*, 2016), conforme ilustrado na Figura 3.

Essas inflexões ocorreram em faixas de temperatura bem definidas: 25 a 179 °C (estágio 1), 179 a 421 °C (estágio 2) e 421 a 540 °C (estágio 3).

No primeiro estágio (25 a 179 °C em atmosfera oxidante e 25 a 179 °C em atmosfera inerte), ocorre a eliminação da umidade residual das amostras, conforme demonstrado na Figura 3. De acordo com Caillat e Vakkilainen (2013), a presença de umidade não desempenha um papel significativo na conversão energética da biomassa, uma vez que a energia necessária para remover essa água é dissipada no processo de termoconversão. Outros estudos confirmam que a remoção de umidade, apesar de ser um estágio preliminar, não contribui diretamente para o rendimento energético, mas é essencial para preparar a biomassa para os estágios subsequentes. Por exemplo, Cao *et al.* (2017) indicam que a umidade presente na biomassa precisa ser eliminada antes da pirólise ou combustão, uma vez

que a presença de água reduz a eficiência térmica do processo, mas não interfere diretamente na geração de energia dos componentes voláteis e fixos da biomassa.

No segundo estágio (179 a 421 °C em atmosfera oxidante e 179 a 421 °C em atmosfera inerte), inicia-se a degradação térmica dos componentes voláteis da biomassa. Segundo Kasmiarno *et al.* (2021), esse estágio envolve a perda de massa resultante da liberação de compostos voláteis, como ácidos orgânicos, álcoois e aldeídos. Complementando essa visão, Yang *et al.* (2007) observaram que, nesse intervalo de temperatura, a decomposição de hemicelulose e parte da celulose é dominante, resultando na maior parte da volatilização de materiais leves.

O terceiro estágio (421 a 540 °C em atmosfera oxidante e 409 a 540 °C em atmosfera inerte) é caracterizado pela devolatilização e degradação dos principais componentes estruturais da biomassa, como a celulose e lignina. Rodrigues *et al.* (2022) mencionam que esse estágio é fundamental para a quebra dos polímeros mais resistentes, como a lignina, cuja degradação completa pode se estender até 600 °C. Em concordância, Van de Velden *et al.* (2010) indicam que, em temperaturas superiores a 400 °C, a decomposição da lignina e da celulose gera resíduos sólidos carbonáceos, contribuindo para a formação de carvão e outros subprodutos termicamente estáveis.

Algumas biomassas oleaginosas exibem um comportamento altamente exotérmico, caracterizado por sucessivas decomposições oxidativas durante os processos de termoconversão. De acordo com Li *et al.* (2020), esse comportamento ocorre principalmente devido à alta concentração de lipídios e óleos nas biomassas oleaginosas, que promovem reações exotérmicas intensas quando submetidas à oxidação em temperaturas elevadas.

A Figura 4 apresenta as curvas DSC para a *blend* do bacuri sob atmosferas oxidante e inerte.

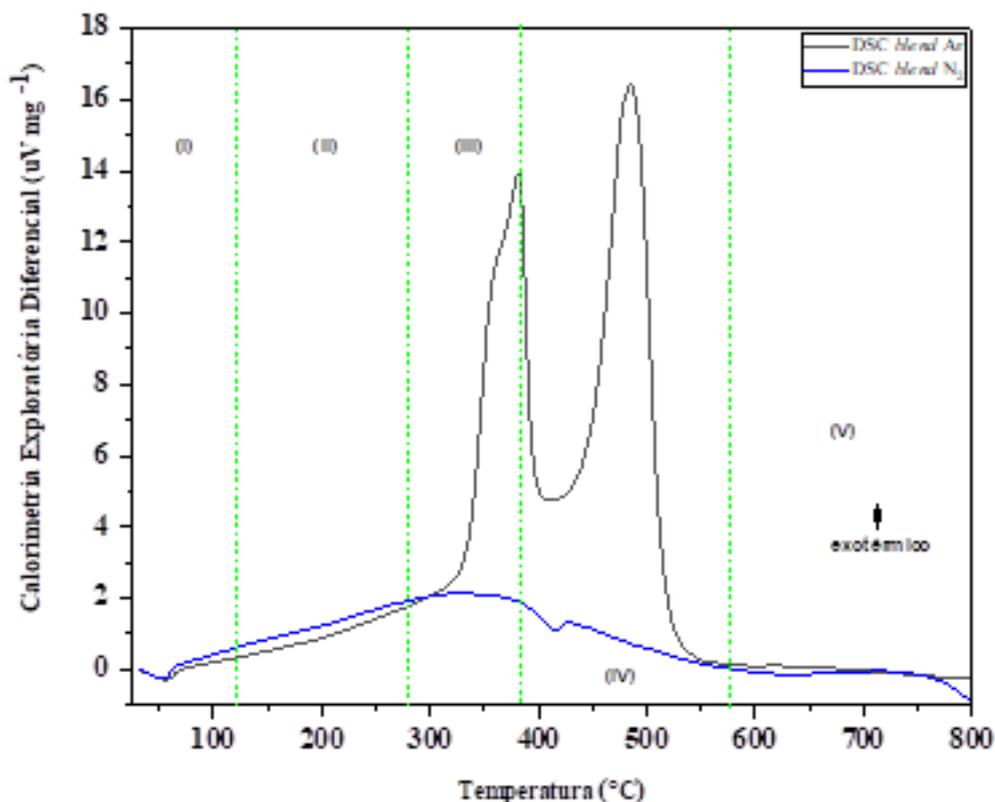


Figura 4. Curvas DSC para biomassa da *blend* do bacuri.

Fonte: Próprio Autor (2024).

Por meio das curvas DSC, foi notado que tanto em ambiente oxidante (linha preta) quanto em inerte (linha azul), a degradação térmica apresentou predominantemente picos de fluxo de calor (exotérmicos).

As curvas de DSC apresentadas na Figura 4 indicam que as amostras da *blend* dos frutos de bacuri passaram por processos de termoconversão bastante semelhantes. Em atmosfera oxidante, observou-se inicialmente, um ganho de calor associado à perda de umidade (processo endotérmico) nas amostras, ocorrendo em torno de 125 a 135 °C. Subsequentemente, duas reações exotérmicas complexas foram identificadas: a primeira na faixa de 379 °C (na atmosfera oxidante) e a segunda na faixa de 427 °C (em atmosfera inerte), para todas as amostras analisadas. Em atmosfera inerte, as curvas DSC das amostras de *blend* apresentaram padrões similares entre si, com estágios de termoconversão e temperaturas distintas nas faixas de 100, 400 e 500 °C, respectivamente.

Em termos de fluxo de calor, os picos observados para a *blend* três amostras em atmosfera oxidante variaram entre -0,27 e $\approx 16,41 \mu\text{V mg}^{-1}$, enquanto em atmosfera inerte os valores oscilaram entre -0,78 e $\approx 5,40 \mu\text{V mg}^{-1}$.

4. CONCLUSÃO

Com base nos resultados desta pesquisa, concluiu-se que a *blend* do bacuri possui características promissoras para o desenvolvimento de uma biomassa viável na produção de energia renovável. A utilização desta se apresenta como uma alternativa relevante diante da necessidade urgente de reduzir a dependência de combustíveis fósseis e os impactos negativos sobre o meio ambiente.

A biomassa do bacuri, além de ser um recurso renovável, surge como uma oportunidade estratégica para a diversificação da matriz energética, alinhada aos princípios da sustentabilidade. A abundância natural do bacuri nos estados da Amazônia Legal, combinada com o rápido ciclo de crescimento e composição química favorável, proporciona vantagens logísticas e econômicas para a produção em larga escala. Esse cenário favorece não apenas a redução de custos operacionais, mas também o fortalecimento socioeconômico das comunidades extrativistas locais, gerando emprego e renda de forma sustentável.

Ademais, o uso do bacuri como fonte de energia renovável contribui para a preservação da Floresta Amazônica, ao valorizar os próprios recursos naturais e promover práticas extrativistas responsáveis. Dessa forma, o bacuri se posiciona como uma alternativa viável e sustentável no contexto energético brasileiro, oferecendo um caminho promissor para a mitigação dos impactos ambientais e a promoção de um desenvolvimento regional equilibrado e duradouro.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao apoio financeiro da FAPEMA (Fundação de Apoio para Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão) por meio dos Processos BM- nº 11847/22, UNIVERSAL-06776/22 e BEPP-01661/21, além do apoio profissional e técnico das Universidades CEUMA, Federal do Maranhão, Estadual de Campinas, Federal Rural de Pernambuco, e Federal de São Carlos.

Referências

- ALMEIDA, R. Sustainable biomass resources: potential and challenges. **Journal of Renewable Energy**, v. 15, n. 3, p. 112-125, 2022.
- BERNARDO, P. A. et al. **Aproveitamento de resíduos de poda de árvores para produção de briquetes**. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.55449/conresol.6.23.1-019>. Acesso em: 29 dez. 2023.
- BRIDGWATER, A. V. Review of fast pyrolysis of biomass and product upgrading. **Biomass and Bioenergy**, v. 38, p. 68-94, 2012.
- CAILLAT, Sébastien; VAKKILAINEN, Esa K. **Large-scale biomass combustion plants: an overview**. [s.l.]: Woodhead Publishing Limited, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1533/9780857097439.3.189>. Acesso em: 22 abr. 2023.
- CARVALHO, Jéssica de Sousa. **Análise Imediata e Avaliação do Poder Calorífico Superior da Biomassa de Carnaúba com Diferentes Aglutinantes para Uso em Forno Industrial**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Russas.
- CAO, Y. et al. Impact of moisture on biomass pyrolysis characteristics: a critical review. **Energy & Fuels**, v. 31, n. 9, p. 9411-9426, 2017.
- COSTA, A. Carbon neutrality in biomass energy: a critical review. **Environmental Science & Technology**, v. 20, n. 4, p. 305-317, 2018.
- CRUZ, Glauber et al. Thermal and Morphological Evaluation of Chemically Pretreated Sugarcane Bagasse. **Renewable Energy**, v. 43, p. 101-110, 2016.
- FERNANDES, Marcos V. C. **Mineralizações pulpares: análise morfológica através de microscopia eletrônica de varredura e quantificação química através de espectroscopia de energia dispersiva de raios X**. 2019. Dissertação (Mestrado em Odontologia) – Escola Bahiana de Medicina e Saúde Pública, Salvador/BA.
- FIGUEIREDO, L. Biomass as a tool for climate change mitigation: current trends and future prospects. **Energy Reports**, v. 25, n. 2, p. 210-225, 2021.
- GONÇALVES, C. Sustainable applications of biomass: from energy to bioproducts. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 18, n. 1, p. 45-58, 2019.
- GRAHAM, A. G. et al. Blended feedstocks for thermochemical conversion: biomass characterization and bio-oil production from switchgrass-pine residues blends. **Frontiers in Energy Research**, v. 1, p. 79, 2018. DOI: 10.3389/fenrg.2018.00079. Disponível em: <www.frontiersin.org>.
- KASMIARNO, L. D. et al. Kinetic studies and performance analysis of Indonesian rice husk pyrolysis. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, v. 1143, n. 1, p. 012067, 2021.
- LI, Q. et al. Pyrolysis and combustion characteristics of oil-bearing biomass: a review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 133, p. 110209, 2020.
- MENEZES, E. et al. Fossil fuels and their environmental impacts: a global perspective. **Environmental Pollution Review**, v. 28, n. 3, p. 305-320, 2024.
- MUMBACH, G. D. et al. Unlocking the potential of pequi (*Caryocar brasiliense*) waste for bioenergy and renewable chemicals: multicomponent kinetic modeling, estimation of thermodynamic parameters and characterization of volatile products through TGA and Py-GC/MS experiments. **Elsevier Magazine**, 0926-6690, 2023.
- OLIVEIRA, Luciano S. dos. et al. Degradação térmica de açaís/sementes e aplicação potencial em processos termoquímicos. **Revista Produção & Desenvolvimento**, v. 27, n. 31, p. 1-18, 2021.
- PAZ, E. da C. S. et al. **Estudo do potencial de adsorção do carvão e poder calorífico obtido a partir da biomassa do coco da baía**. Instituto Federal do Tocantins, 2017.
- PEREIRA, S. et al. Global warming impacts on ecosystems: a comprehensive review. **Nature Climate Change**, v. 30, n. 5, p. 780-795, 2023.
- POSOM, J. et al. Rapid non-destructive evaluation of moisture content and higher heating value of *Leucaena leucocephala* pellets using near infrared spectroscopy. **Energy**, v. 107, p. 464-472, 2016.
- RODRIGUES, A. L. P. et al. Physical-chemical characterization and thermal behavior of cassava harvest waste for application in thermochemical processes. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, v. XX, p. 1-15, 2020.

SANTOS, P. Biomass utilization: sustainable practices and innovations. **International Journal of Sustainable Development & World Ecology**, v. 12, n. 6, p. 220-235, 2020.

SILVA, J. B. S. et al. Buriti (*Mauritia flexuosa L.*) resíduos como potencial matéria-prima para produção de bioenergia: propriedades físico-químicas, comportamento térmico e fatores de emissão. **Revista Produção & Desenvolvimento**, 2023.

TELMO, C.; LOUSADA, J.; MOREIRA, N. Proximate analysis, backwards stepwise regression between gross calorific value, ultimate and chemical analysis of wood. **Bioresource Technology**, v. 101, n. 11, p. 3808-3815, 2010.

VAN DE VELDEN, M. et al. Fundamentals, kinetics and endothermicity of the biomass pyrolysis. **Progress in Energy and Combustion Science**, v. 36, n. 6, p. 755-776, 2010.

VIEIRA, A. C. **Caracterização da biomassa proveniente de resíduos agrícolas**. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, PR.

YANG, H. et al. Characteristics of hemicellulose, cellulose and lignin pyrolysis. **Fuel**, v. 86, n. 12-13, p. 1781-1788, 2007.

7

CONFECÇÃO DE CARTILHA EDUCATIVA SOBRE O REGANHO DE PESO EM PACIENTES PÓS CIRURGIA BARIÁTRICA

ELABORATION OF NA EDUCATIONAL BROCHURE ON WEIGHT GAINING PATIENTS AFTER BARIATRIC SURGERY

Júlia Marques Oliveira¹

Ângela Tâmara Souza Barroqueiro²

Lívia Muritiba Pereira de Lima Coimbra³

Luiz Eduardo de Andrade Sodré⁴

Rosângela Maria Lopes de Sousa⁵

Taylanna Muniz Martins Diniz⁶

Sílvia Raimunda Costa Leite⁷

Janaina Maiana Abreu Barbosa⁸

Antonia Caroline Diniz Brito⁹

Alexsandro Ferreira dos Santos¹⁰

- 1 Curso de Nutrição, Universidade CEUMA, São Luís-MA
- 2 Dra. em Ciências da Saúde, Docente do Curso de Nutrição, Universidade CEUMA, São Luís-MA
- 3 Dra. em Biotecnologia, Docente do Curso de Nutrição, Universidade CEUMA, São Luís-MA
- 4 Me. em Saúde Coletiva, Docente do Curso de Nutrição, Universidade CEUMA, São Luís-MA
- 5 Dra. em Ciências da Saúde, Docente do Curso de Nutrição, Universidade CEUMA, São Luís-MA
- 6 Esp. em Nutrição Clínica Enteral e Parenteral, Preceptora de Estágio do Curso de Nutrição, Universidade CEUMA, São Luís-MA
- 7 Docente do Curso de Medicina Universidade CEUMA, São Luís-MA
- 8 Dr. em Saúde Coletiva, Docente do Curso de Nutrição, Universidade CEUMA, São Luís-MA
- 9 Ma. em Ciências da Saúde, Docente do Curso de Nutrição, Universidade CEUMA, São Luís-MA
- 10 Dr. em Ciências da Saúde, Universidade CEUMA, São Luís-MA

Resumo

A cirurgia bariátrica é o procedimento mais eficaz para o tratamento da obesidade grave, e para obter sucesso, de forma duradoura é preciso estímulo à mudanças no estilo de vida, acompanhamento nutricional e multidisciplinar persistente e eficiente, durante o processo, que pode contar com apoio de material educativo, que levem informações para o entendimento de orientações educativas. Teve como objetivo confeccionar cartilha educativa sobre reganho de peso no pós-operatório de cirurgia bariátrica. Foi realizado um estudo qualitativo, de fevereiro a junho de 2023 para adultos, independente do sexo e que passaram ou pretendem passar pela cirurgia bariátrica. Inicialmente procedeu-se busca por literatura científica em bases de dados, (2019 à 2023), com os termos: “cirurgia bariátrica”, “educação nutricional”, “reganho de peso” e “material didático”. Foram consideradas pesquisas contendo apenas seres humanos, adultos, independente do gênero, que tenham realizado cirurgia bariátrica, e que tiveram abordagem sobre reganho de peso. A partir dos achados, fez-se um fichamento de citação, onde as imagens selecionadas e a produção do material foram feitas pelo Canva® Pro (versão 2.217.0). Resultados: Produziu-se um material, contendo 16 páginas impressas em frente e verso, intitulado “Reganho de peso & cirurgia bariátrica: o que pode causar e como evitar?”; composta pelo reforço do “conceito da cirurgia bariátrica” e os “fatores envolvidos no pós-operatório”, como “fatores que levam ao reganho de peso”, “síndrome de Dumping”, “compulsão alimentar” e “recomendações alimentares”. Construiu-se uma cartilha educativa sobre o reganho de peso direcionada à pacientes bariátricos, visando demonstrar os fatores relacionados a alimentação que geram esse reganho de peso.

Palavras-chave: Obesidade. Reganho de Peso. Cirurgia bariátrica. Período pós-operatório. Educação alimentar nutricional. Material didático.

Abstract

Bariatric surgery is the most effective procedure for the treatment of severe obesity, and to achieve lasting success it is necessary to encourage changes in lifestyle, persistent and efficient nutritional and multidisciplinary monitoring during the process, which can count on the support of educational material, which provides information for understanding educational guidelines. The objective was to create an educational booklet on weight regain after bariatric surgery. A qualitative study was carried out from February to June 2023 for adults, regardless of gender, who have undergone or intend to undergo bariatric surgery. Initially, a search for scientific literature was carried out in databases (2019 to 2023), with the terms: “bariatric surgery”, “nutritional education”, “weight regain” and “teaching material”. Research containing only human beings, adults, regardless of gender, who had undergone bariatric surgery, and who had an approach to weight regain, were considered. Based on the findings, a citation sheet was created, where the selected images and the production of the material were made using Canva® Pro (version 2.217.0). Results: A material was produced, containing 16 pages printed on both sides, entitled “Weight regain & bariatric surgery: what can cause it and how to avoid it?”; composed of the reinforcement of the “concept of bariatric surgery” and the “factors involved in the postoperative period”, such as “factors that lead to weight regain”, “Dumping syndrome”, “binge eating” and “dietary recommendations”. An educational booklet on weight regain was created aimed at bariatric patients, aiming to demonstrate the factors related to diet that generate this weight regain.

Keywords: Obesity. Weight regain. Bariatric Surgery. Postoperative Period. Food and Nutrition Education. Teaching Materials.

1. INTRODUÇÃO

A obesidade é determinada como um distúrbio metabólico e nutricional, em que a porcentagem de gordura corporal do indivíduo se encontra elevada pelo desequilíbrio entre a ingestão e o gasto de energia no organismo, podendo contribuir para o aparecimento de diversas doenças, como diabetes, hipertensão arterial, doenças cardiovasculares, dislipidemia, e dentre outras. Sua origem é multifatorial e pode ter relação com fatores emocionais, genéticos e estilos de vida, nos quais estão associados a gênese ou manutenção do excesso de tecido gorduroso (Neves *et al.*, 2021; Mayoral *et al.*, 2020).

A cirurgia bariátrica é o procedimento mais eficaz para o tratamento da obesidade grave, ou caracterizada como mórbida. Com isso, a perda de peso e a manutenção dessa perda são mais duradouros com esse tipo de intervenção, podendo ocorrer também a melhoria no controle de comorbidades como dislipidemia, hipertensão, apneia do sono e diabetes mellitus tipo 2 (Istfan *et al.*, 2020).

A fim de assegurar sucesso no pós-operatório de cirurgia bariátrica, de forma duradoura, os pacientes precisam estar instruídos em assumir mudanças ao estilo de vida, e possuírem acompanhamento nutricional e multidisciplinar persistente e eficiente, durante todo o processo. A assistência em saúde permitirá reconhecer erros, deficiências nutricionais, transtornos alimentares, alinhar as expectativas da perda de peso e reeducar o paciente no pós-operatório (Moura; Sousa; Lima, 2021).

O ganho de peso é certamente uma dificuldade que cirurgiões e equipes multiprofissionais enfrentam em pacientes após uma cirurgia bariátrica. Mudanças nos hábitos alimentares e no estilo de vida são alguns dos motivos que levam ao reganho de peso (Nery; Camera; Silveira, 2020).

O acompanhamento nutricional no pré-operatório, e no pós-operatório são importantes para um resultado positivo para o indivíduo. A educação alimentar e nutricional deverão ser a parte principal nessa fase de acompanhamento, onde a incorporação de mudanças nos hábitos alimentares do paciente na pós cirurgia bariátrica, devem ser o foco para maximização dos resultados (Pedrosa; Medeiros, 2019).

A vista disso, diversos métodos podem ser introduzidos para a melhoria e atenção a problemática, como a utilização de ferramentas e materiais didáticos, que buscam instruir tais indivíduos. Por exemplo, pode-se produzir folhetos, cartilhas, livretos, cartazes entre outros (Carvalho *et al.*, 2022).

Ao longo do desenvolvimento da educação em saúde, a equipe multidisciplinar pode aplicar o material educativo, onde a junção dessas informações ajudará no entendimento dessas orientações educativas. Entre os materiais existentes, pode-se frisar a cartilha como equipamento vantajoso e prático, e que permite o conhecimento não só para profissionais, mas para a população de modo geral (Ximenes *et al.*, 2019; Rodrigues *et al.*, 2020).

Com isso, a proposta deste estudo é confeccionar um material didático com objetivo de informar pacientes sobre o reganho de peso pós cirurgia bariátrica, e como minimizar o risco do mesmo.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Caracterização da área de estudo

Este foi um estudo do tipo qualitativo, de desenvolvimento. O local de realização foi o Núcleo de Estudos em Alimentação e Nutrição da Universidade CEUMA em São Luís, Maranhão, Brasil. O núcleo é composto de mesas, computadores e acesso à internet. O período de estudo foi de fevereiro a junho de 2023.

3.2 Período de estudo

2.2 Seleção da literatura

A confecção do material se iniciou por uma pesquisa de artigos sobre o tema determinado. As informações encontradas foram organizadas em uma tabela, contendo informações como: autor/ano, título, tipo de estudo objetivo do estudo e resultados.

Logo, foi realizado um fichamento de citação, e com as informações organizadas, foram transformadas em um material didático, onde as imagens selecionadas e a produção do material pelo Canva® Pro (versão 2.217.0), utilizando o papel couchê brilhoso colorido e/ou branco no formato A4 (com dimensões: 210mm x 297mm com gramatura de 170g).

Utilizado uma linguagem formal, já que o material poderá servir de apoio para profissionais da saúde e por ter um público-alvo caracterizado por adultos.

Os critérios de inclusão tiveram pesquisas contendo seres humanos, adultos, independentes do gênero, que tenham realizado cirurgia bariátrica e que tiveram reganho de peso. Já os excluídos foram estudos com crianças, adolescentes, idosos e modelos animais.

Esse projeto não incluiu seres humanos, logo, não necessitou de apreciação e aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa, nesta etapa de estudo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os artigos selecionados foram sintetizados em um quadro resumo, descritos de forma individual, conforme apresentado no Quadro 1. Com informações do autor/ano, título, tipo de estudo objetivo do estudo e resultados.

Diante disso, se produziu um material educativo contendo 16 páginas impressas em frente e verso em formato A4 utilizando papel couchê brilhoso colorido e/ou branco. A cartilha é composta pelo reforço do conceito da cirurgia bariátrica e os fatores envolvidos no pós-operatório, como fatores que levam ao reganho de peso, síndrome de Dumping, compulsão alimentar e recomendações alimentares. A capa do instrumento pode ser observada na Figura 1, e a Cartilha completa pode ser observada em link de acesso à drive (Figura 2).

Quadro 1. Resumo das informações extraídas da literatura científica. São Luís, Maranhão, Brasil, 2023.

AUTOR/ANO	OBJETIVO	TIPO DE ESTUDO	RESULTADOS
Althumiri et al. (2021)	Descrever as mudanças de percepção relatadas pelos pacientes submetidos à cirurgia bariátrica	Transversal	Houve associação significativa entre consumir mais carne vermelha, frango e bebidas energéticas e diminuição do consumo de grãos e arroz entre aqueles que fizeram a cirurgia bariátrica em comparação com aqueles que não fizeram.
Assakran et al. (2020)	Avaliar os padrões alimentares e identificar as razões da má adesão à dieta	Transversal e retrospectivo	As principais razões para a não adesão do paciente à alimentação saudável foram baixa autodisciplina, falta de motivação e disponibilidade de alimentos saudáveis e estar muito ocupado para preparar refeições saudáveis
Biberoğlu e Taşkın (2022)	Avaliar como o cumprimento da pirâmide afeta a alteração antropométrica	Transversal	Alimentos açucarados são altamente osmóticos e podem causar síndrome de dumping
Fink et al. (2022)	Avaliar a causar da deficiência de vitaminas, complicações cirúrgicas, refluxo gastroesofágico e síndrome de dumping	Transversal	A operação pode causar deficiência de vitaminas, complicações cirúrgicas, refluxo gastroesofágico e síndrome de dumping. Portanto, é necessário um acompanhamento ao longo da vida.

Figura 1. Capa do material didático construído. São Luís, Maranhão, Brasil, 2023.



Figura 2. Link de acesso (QR Code) à cartilha completa. São Luís, Maranhão, Brasil, 2023.



A cirurgia bariátrica, tal como outros meios de emagrecimento, tem inúmeros casos de indivíduos que se submetem ao procedimento e voltam a ganhar peso. Isso geralmente acontece após um período da cirurgia, que são os primeiros meses, onde o paciente está realizado positivamente pelo procedimento e conduz o tratamento “à risca”. Após esse tempo, muitas vezes o paciente regride nas dietas, o que acaba em promover o reganho de peso o desmotivando (Souza-Neta, 2022).

Os motivos que levam a este reganho são descritos na literatura principalmente em relação à: permanência de hábitos alimentares antigos, como o consumo elevado de calorias, a compulsão alimentar, o consumo excessivo de álcool, de alimentos ricos em açúcar e a menor prática de atividade física.

A não procura do acompanhamento nutricional pode estar relacionado com o reaparecimento do peso perdido, onde acabará sendo necessária a abordagem da equipe multidisciplinar, incluindo profissionais da saúde (Nery; Camera; Silveira, 2020).

Sendo assim, a disponibilidade e o desenvolvimento de materiais educativos podem favorecer o acesso a informação de forma objetiva e clara, e tem o potencial de promover o processo educativo para um determinado público (Soares; Souza, 2022).

Diante disso, este material é composto por imagens ilustrativas que tem o objetivo de estabelecer uma leitura atrativa e de fácil compreensão para o público-alvo.

O material possui tópicos como o conceito da cirurgia bariátrica sintetizado, os fatores associados ao reganho de peso, sobre a síndrome de Dumping e dicas para evitar, suplementação de micronutrientes, compulsão alimentar, importância da atividade física, sobre como funciona a pirâmide alimentar pós cirurgia bariátrica, recomendações e dicas sobre a alimentação e referências. Pacientes submetidos a cirurgia bariátrica podem ter o reganho de peso por diversos fatores como o sedentarismo, hábitos alimentares inadequados, consumo excessivo de álcool, alimentos ricos em açúcar (Nóbrega *et al.*, 2020).

Com isso, construiu-se um material educativo tem com o intuito de informar pacientes sobre o reganho de peso pós cirurgia bariátrica e como minimizar o risco de tal.

O material pode ser utilizado por profissionais da saúde na prática clínica e para pacientes no período pós-operatório que tenham tido reganho de peso. Alguns pacientes acabam tendo sintomas que acabam que não entendem de onde vem e por isso a cartilha é tão importante, para auxiliar eles nesse momento e orientando sobre as escolhas alimentares.

4. CONCLUSÃO

Criou-se um material de propagação de informações de forma simples e didática que poderá ser aplicado a pacientes de tiveram ganho de peso, na função de auxiliar o seu pós-operatório.

Sendo assim, o presente estudo poderá auxiliar significativamente na aprendizagem e favorecendo positivamente nas escolhas alimentares e em um estilo de vida mais saudável nos indivíduos submetidos ao procedimento.

Referências

AĞBABA, Neslihan; ÖZCAN, Burcu Ateş; ÖREN, Gürdal. Determinar la relación de la calidad de la dieta con el cambio de peso, el índice de masa corporal y la depresión en mujeres sometidas a una gastrectomía en manga: un estudio descriptivo transversal. **Revista Española de Nutrición Humana y Dietética**, v. 25, n. 3, p. 269-278, 2021.

ALTHUMIRI, Nora A. et al. Food taste, dietary consumption, and food preference perception of changes following bariatric surgery in the saudi population: a cross-sectional study. **Nutrients**, v. 13, n. 10, p. 3401, 2021.

ASSAKRAN, Bandar Saad et al. Dietary assessment and patient-perspective reasons for poor adherence to diet and exercise post bariatric surgery. **BMC Research Notes**, v. 13, p. 1-7, 2020.

BETTINI, Silvia et al. Diet approach before and after bariatric surgery. *Reviews in Endocrine and Metabolic Disorders*, v. 21, p. 297-306, 2020.

DA MATA, Sara Pedrosa; DIAS, Daniela de Araujo Medeiros. Educação alimentar e nutricional em indivíduos submetidos a cirurgia bariátrica. **RBONE-Revista Brasileira de Obesidade, Nutrição e Emagrecimento**, v. 13, n. 77, p. 28-39, 2019.

DE CARVALHO, Douglas Sousa et al. Construção e validação de uma cartilha educativa sobre a alimentação complementar de lactentes. **Revista Enfermagem Atual In Derme**, v. 96, n. 38, 2022.

DE MOURA, Gisele Viana; DE SOUSA, Mateus Cunha; LIMA, Carlos Henrique Ribeiro. Pós-Operatório De Cirurgia Bariátrica-Uma Revisão Integrativa Da Literatura. **RECIMA21-Revista Científica Multidisciplinar-ISSN 2675-6218**, v. 2, n. 4, p. e24267-e24267, 2021.

DE SOUZA-NETA, Marta Batista. REGANHO DE PESO: FATORES EMOCIONAIS QUE INFLUENCIAM PÓS CIRURGIA BARIÁTRICA. **REVISTA PSIPRO**, v. 1, n. 3, p. 70-88, 2022.

ISTFAN, Nawfal W. et al. Approach to the patient: management of the post-bariatric surgery patient with weight regain. **The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism**, v. 106, n. 1, p. 251-263, 2021.

ERDEM, Nihal Zekiye; MERT-BIBEROĞLU, Fatma; TAŞKIN, Halit Eren. The Relationship between Bariatric Food Pyramid and Long-Term Anthropometric Measurements of Patients Undergoing Bariatric Surgery. **International Journal of Clinical Practice**, v. 2022, 2022.

FINK, Jodok et al. Obesity Surgery: Weight Loss, Metabolic Changes, Oncological Effects, and Follow-Up. **Deutsches Ärzteblatt international**, v. 119, n. 5, p. 70, 2022.

FU, Rongrong et al. Bariatric surgery alleviates depression in obese patients: A systematic review and meta-analysis. **Obesity research & clinical practice**, v. 16, n. 1, p. 10-16, 2022.

MAYORAL, Laura Perez-Campos et al. Obesity subtypes, related biomarkers & heterogeneity. **The Indian journal of medical research**, v. 151, n. 1, p. 11, 2020.

MOHAPATRA, Sonmoon; GANGADHARAN, Keerthana; PITCHUMONI, Capecomorin S. Malnutrition in obesity before and after bariatric surgery. **Disease-a-month**, v. 66, n. 2, p. 100866, 2020.

NERY, Mirela De Almeida; CÂMERA, Vanessa De Jesus; SILVEIRA, Matheus Sobral. Reganho de Peso Pós Cirurgia Bariátrica. Uma revisão de literatura. **Revista Ciência (In) Cena**, v. 1, n. 11, p. 40-52, 2020.

NEVES, Simone Carvalho et al. Os fatores de risco envolvidos na obesidade no adolescente: uma revisão integrativa. **Ciência & saúde coletiva**, v. 26, p. 4871-4884, 2021.

NÓBREGA, M. P. et al. Food profile and weight regain of patients submitted to bariatric surgery in an university hospital. **Braz J Develop**, v. 6, n. 12, p. 94771-85, 2020.



NICOLETTI, Carolina Ferreira et al. Nutritional inadequacies among post-bariatric patients during COVID-19 quarantine in Sao Paulo, Brazil. **Obesity Surgery**, v. 31, p. 2330-2334, 2021.

8

DIVERSIDADE FILOGENÉTICA E ATIVIDADE BIOLÓGICA DE COMPOSTOS BIOATIVOS PRODUZIDOS POR *Streptomyces spp.* ISOLADOS DO AMBIENTE

PHYLOGENETIC DIVERSITY AND BIOLOGICAL ACTIVITY OF BIOACTIVE COMPOUNDS PRODUCED BY *Streptomyces spp.* ISOLATED FROM THE ENVIRONMENT

Emanuelle Kethhlen Nunes Araújo¹

Elian Chaves Ribeiro¹

Raul da Cruz Texeira²

Rosa Amélia Mendonça Sátiro Pinheiro³

João Guilherme Santos Pereira³

Domendes José Silva Machado⁴

Fernanda Costa Rosa⁵

Rafaela Lobato da Silva⁶

Ronald da Silva de Jesus⁷

Rita de Cássia Mendonça de Miranda⁸

1 Mestranda em Biociências aplicada à Saúde, Universidade CEUMA, São Luís – MA

2 Graduando em Enfermagem, Universidade CEUMA, São Luís – MA

3 Graduando(a) em Biomedicina, Universidade CEUMA, São Luís – MA

4 Graduando em Farmácia, Universidade CEUMA, São Luís – MA

5 Mestre em Biologia Parasitária, Universidade CEUMA, São Luís – MA

6 Mestranda em Biociências aplicada à Saúde, Universidade CEUMA, São Luís – MA

7 Mestrando em Meio Ambiente, Universidade CEUMA, São Luís – MA

8 Doutora em Biologia dos Fungos, Universidade CEUMA, São Luís - MA

Resumo

O Brasil é reconhecido pela ampla biodiversidade que abriga em seu território, sendo considerado o país com a maior diversidade biológica do mundo. O ecossistema marinho possui uma fonte rica de diversidade biológica, com grande potencial para a descoberta de novos metabólitos secundários biologicamente ativos. Destaca-se, nesse ambiente, a presença de actinobactérias que possuem capacidade de produzir compostos bioativos microbianos fazendo com que sejam um dos microrganismos mais explorados entre os procariontes. Os metabólitos secundários das actinobactérias são reconhecidos pelo seu papel em diversos processos biológicos, fisiológicos e celulares. Eles formam um grupo de microrganismos que mais se destaca quanto à produção de compostos bioativos e estão sendo o alvo da indústria biotecnológica por serem estimadas como fonte abundante desses compostos bioativos com estrutura química e ação farmacológica bastante diversificada. Os compostos bioativos naturais de origem microbiana são as principais fontes de antimicrobianos utilizados na atualidade, por outro lado, o rápido aumento da carga global de resistência a antimicrobianos, com o declínio concomitante na descoberta de novas moléculas antimicrobianas, a partir de nichos ecológicos ainda inexplorados, exige a busca de novos e eficazes metabólitos secundários, com propriedade antimicrobiana.

Palavras chave: Bioprospecção; Antimicrobiano; Metabólitos secundários; Actinobactéria.

Abstract

Brazil is recognized for the vast biodiversity it harbors, and is considered to be the country with the greatest biological diversity in the world. The marine ecosystem is a rich source of biological diversity, with great potential for the discovery of new biologically active secondary metabolites. Of particular note in this environment is the presence of actinobacteria, which have the capacity to produce bioactive microbial compounds, making them one of the most explored microorganisms among prokaryotes. The secondary metabolites of actinobacteria are recognized for their role in various biological, physiological and cellular processes. They form a group of micro-organisms that stands out in terms of the production of bioactive compounds and are being targeted by the biotechnology industry because they are estimated to be an abundant source of these bioactive compounds with a very diverse chemical structure and pharmacological action. Natural bioactive compounds of microbial origin are the main sources of antimicrobials used today. On the other hand, the rapid increase in the global burden of antimicrobial resistance, with a concomitant decline in the discovery of new antimicrobial molecules from unexplored ecological niches, requires the search for new and effective secondary metabolites with antimicrobial properties.

Keywords: Bioprospecting; Antimicrobial; Secondary metabolites; Actinobacterium.

1. INTRODUÇÃO

A resistência antimicrobiana (AMR, sigla em inglês para *antimicrobial resistance*) é atualmente considerada um dos maiores desafios para a saúde pública à nível global. De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), a resistência aos antimicrobianos está associada com a capacidade dos microrganismos (bactérias, fungos, vírus e parasitas) de se modificarem quando expostos a antimicrobianos e de desenvolverem resistência a eles, tornando-os ineficazes (Silva *et al.*, 2020). Os agentes antimicrobianos são uma das classes de medicamentos mais comumente prescritos e amplamente utilizados para fins terapêuticos e profiláticos (Coelho, 2022).

As bactérias Gram positivas, incluindo *Staphylococcus aureus* e *Streptococcus pneumoniae*, além das bactérias Gram negativas, como *Escherichia coli* e *Klebsiella pneumoniae* e a levedura *Candida albicans* são micro-organismos de grande relevância na área médica, pois estão relacionados a infecções no trato urinário, pneumonias, meningite, septicemias, endocardites, conjuntivite e otite média. Frequentemente, esses agentes patogênicos têm a capacidade de levar o paciente à morte devido à sua habilidade de desenvolver resistência aos antibióticos comumente utilizados. Este fator tem impulsionado a necessidade de procurar por novas classes de antibióticos (Oliveira, 2018).

Hodiernamente, tem-se observado um aumento da resistência de agente patogênico a múltiplas drogas, o que tem impulsionado a exploração de novos antimicrobianos. Portanto, bactérias, fungos e actinobactérias que são grandes produtores de metabólitos secundários, estão sendo estudados com o objetivo de combater patógenos infecciosos aos seres humanos. De fato, embora o solo sejam os locais mais explorados para a bioprospecção de antimicrobianos, as bactérias marinhas têm sido alvos significativos de pesquisas para novos produtos naturais (Santos, 2018).

O Brasil é um país com uma vasta diversidade biológica ainda inexplorada, com grande potencial para pesquisas sobre endófitos produtores de determinadas substâncias, até então pouco conhecidas. Essa característica desperta interesse por parte da comunidade científica, devido à relação entre a biodiversidade microbiana e a produção de vários compostos utilizados nas indústrias farmacêuticas. Essa biodiversidade é considerada uma fonte inigualável de substâncias bioativas com uma grande diversidade funcional e estrutural, sendo extremamente útil na busca por novos medicamentos e outros bioprodutos (Jamshidi *et al.*, 2018; Fernandes *et al.*, 2021).

Dentre as fontes promissoras para a descoberta de novos antibióticos, destaca-se o potencial dos produtos naturais microbianos, especialmente os provenientes de actinomicetos. Esta bactéria Gram-positiva é amplamente estudada quando a capacidade de produzir compostos bioativos e possuem um DNA rico em guanina e citosina. Além disso, são capazes de formar esporos e são amplamente encontrados na natureza. São adaptados a se desenvolverem com maior frequência em substratos sólidos, desempenham um papel fundamental na decomposição de compostos orgânicos. São nesses ambientes, onde ocorre a decomposição de matéria orgânica, que eles ocorrem com maior frequência (Santos, 2018; Oliveira, 2018; Saygin *et al.*, 2020).

Dentre as fontes promissoras para a descoberta de novos antibióticos, destaca-se o potencial dos produtos naturais microbianos, especialmente os provenientes de actinomicetos. Esta bactéria Gram-positiva é amplamente estudada quando a capacidade de produzir compostos bioativos e possuem um DNA rico em guanina e citosina. Além disso, são capazes de formar esporos e são amplamente encontrados na natureza. São adap-

tados a se desenvolverem com maior frequência em substratos sólidos, desempenham um papel fundamental na decomposição de compostos orgânicos. São nesses ambientes, onde ocorre a decomposição de matéria orgânica, que eles ocorrem com maior frequência (Santos, 2018; Oliveira, 2018; Saygin *et al.*, 2020).

Conhecidos pela sua habilidade de produzir compostos naturais com múltiplas atividades biológicas, tais como moléculas bioativas que atuam como antagonistas contra diversos microrganismos, especialmente aqueles do gênero *Streptomyces*, são responsáveis pela maioria dos compostos naturais isolados e identificados, tais como antibióticos, que são produzidos através do metabolismo secundário desses microrganismos (Abdelmohsen *et al.*, 2015; Saygin *et al.*, 2020).

Diante desse quadro, torna-se evidente a importância de descobrir novos antimicrobianos para o tratamento de infecções humanas, visto que, os compostos naturais tem sido cada vez mais utilizados para aplicações biotecnológicas, sendo uma grande parcela dessas substâncias direcionadas para indústria farmacêutica.

2. ACTINOBACTÉRIAS: CARACTERÍSTICAS GERAIS

As actinobactérias ou actinomycetota representam um dos maiores filos dentro do domínio das bactérias, formadas por bactérias filamentosas gram-positivas, conhecidas também como actinomycetos ou actinobactérias. O termo “Actinobactérias” antes denominado actinomycetos, origina-se do grego “aktin” (raio) e “mukês” (fungos) que é usado para denominar bactérias filamentosas que possuem ramificações a qual formam hifas. As hifas se organizam-se em micélios e possuem estruturas semelhantes às dos fungos (Salam *et al.*, 2020; Cavalcante *et al.*, 2022).

O filo das actinobactérias representam uma das maiores unidades taxômicas do domínio das bactérias, composto por 6 classes, 46 ordens, 79 famílias e 425 gêneros; abrange o maior grupo de procariotos, possuem em seu genoma uma alta concentração das bases nitrogenadas citosina e guanina (C+G) formando hifas multinucleadas filamentosas. São bactérias aeróbicas e anaeróbicas filamentosas, formadores de esporos assexuais, encontrados em ambientes aquáticos e terrestres, principalmente, no solo; são microrganismos procarióticos cosmopolitas possuindo alta diversidade morfológica (Figura 1), podendo variar entre bastões pleomórficos e micrococos, bactérias com filamentos ramificados ou não ramificados cuja estratégia está relacionada com a função reprodutiva (Kumar *et al.*, 2018; Cavalcante *et al.*, 2022).

A organização celular das actinobactérias é composta por uma camada espessa de peptidoglicano em sua parede celular, sendo uma característica de organismos procarióticos.

Eles possuem um núcleo fibrilar em uma região do citoplasmática granular onde estão presentes os ribossomos. O citoplasma é envolto por uma membrana única típica que pode conter diversas inclusões dependendo da espécie e do ambiente onde se desenvolvem. A colônia dessas bactérias pode ter uma variedades de formas, desde uma estrutura micelial complexa, semelhante ao observado em alguns eucariotos ou até estruturas fragmentadas como os bastonetes ou cocos (Marques, 2022).

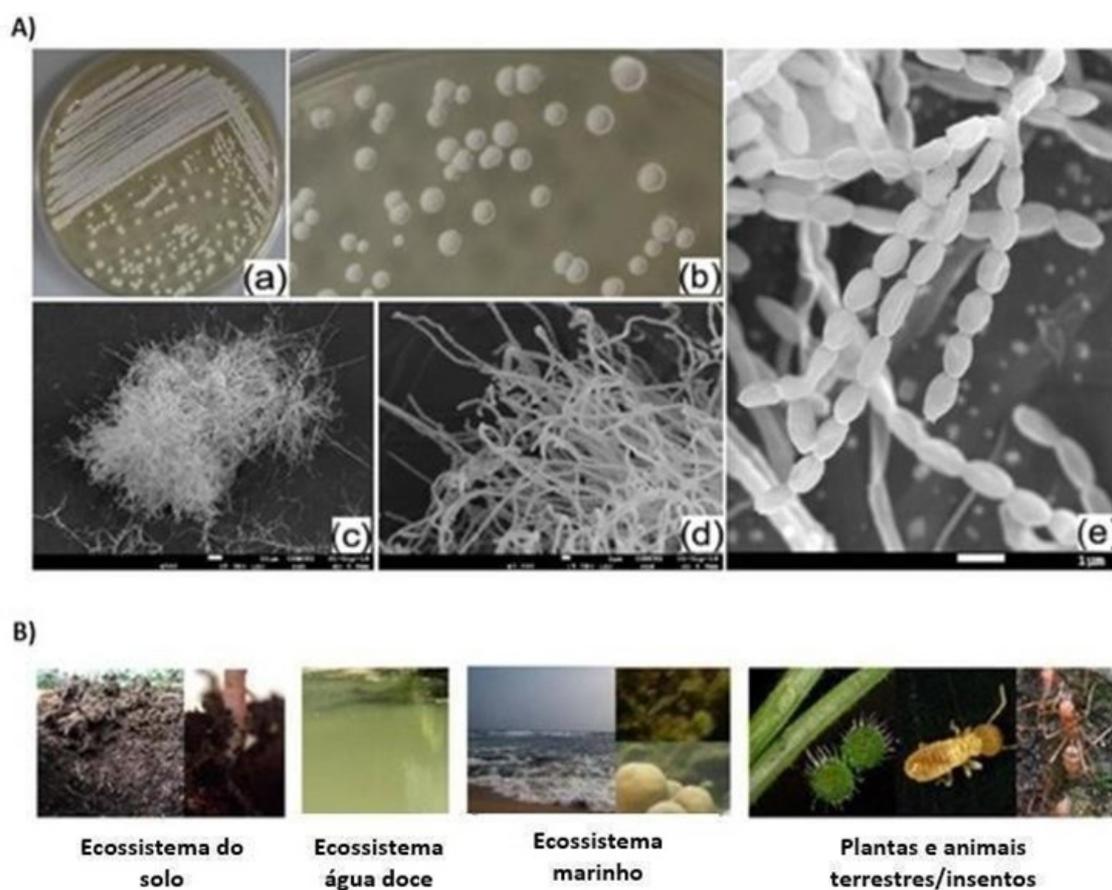


Figura 1. Panorama geral do aspecto biológico das Actinobactérias

Legenda: A: (a/b) Morfologia macroscópica das actinobactérias – (c/d) Visão sem mostrar o crescimento filamentososo – (e) Visualização sem mostrar esporos. **Fonte:** José; Maharshi e Jha, 2021.

Devido ampla diversidade metabólica, apresentam grande importância nas indústrias médicas e farmacêuticas, como a produção de compostos bioativos com atividades antimicrobiana, antitumoral, herbicidas, anti-inflamatória, antioxidante, antibacteriana e produtos naturais como fármacos, fragrâncias e corantes. Além disso, este grupo também possui ampla diversidade morfológica, apresentando diversas formas, tais como coco-bacilos (*Arthrobacter*), cocos (*Micrococcus*), hifas curtas e rudimentares (*Nocardia spp.*) e micélio ramificado (*Streptomyces spp.*). Essas características morfológicas, assim como a capacidade de produzir esporos, têm sido utilizadas há mais de cem anos para a identificação e há estudos mais aprofundados em nível de gênero desse grupo (Oliveira, 2020; Santos, 2020; Selim *et al.*, 2021).

Diante disso, é fundamental ressaltar a importância dos serviços ecossistêmicos prestados por esses organismos. Eles desempenham um papel essencial na regulação, manutenção e ecologia do solo, pois contribuem para a ciclagem de nutrientes, tornando-os disponíveis para serem rapidamente absorvidos pelas plantas por meio da degradação enzimática de substâncias orgânicas complexas. Também atuam na biorremediação, atenuando elementos tóxicos, e na compostagem (Bhatti *et al.*, 2017; Oliveira, 2020).

2.1 Ecologia Microbiana das Actinobactérias

A diversidade das actinobactérias tem sido investigada em diversos ambientes extremos e intrínsecos; são amplamente distribuídos em diversos ecossistemas e habitats, incluindo o solo, ambientes terrestres e marinhos. São considerados saprófitos de vida li-

vre podendo viver em plantas como seres endofíticos. As espécies de *Micromonospora*, *Rhodococcus*, *Streptomyces*, e *Salinispora* vivem em ambientes terrestres ou ambientes aquáticos. Simbiose de plantas (por exemplo, *Frankia spp.*) e patógenos plantas ou animais (por exemplo, *Mycobacterium*, *Corynebacterium* ou *Nocardia* (Al-Shaibani *et al.*, 2021; Ngmcharungchit *et al.*, 2023).

2.1.1 Actinobactérias em ambientes terrestres

As actinobactérias executam um papel ecológico essencial como seres saprófitos participando ativamente em diversos processos ecológicos, como biorremediação, reciclagem de matéria orgânica e promoção no crescimento das plantas. Esses microrganismos crescem como fungos se semelhamo a hifas para formar micélio que se expande em busca de nutrientes. Logo após, espalham-se gerando hifas áreas a qual produziram esporos, que serão facialmente dispersos para novos ambientes (Laskaris; Karagouni, 2021).

Estes microrganismo são principalmente mesófilos, evoluindo em ótimas temperaturas entre 25°C e 30°C. Além disso, são sensíveis à acidez (pH baixo entre 6,5 – 8,0) e as condições de solo; também estão presentes em raízes de plantas atuando como promotores de crescimento vegetal, especialmente o trigo (PGRR) ou como patógenos de tomate e tubérculos, como por exemplo, a batata. As actinobactérias terrestres possuem inúmeras habilidades antimicrobianas e as enzimas produzidas por esse microrganismo estão envolvidas em processos de decomposição de moléculas orgânicas, inclusive substâncias húmicas (degradação de resíduos de plantas, animais e outros microrganismos) e na mineralização de nutrientes (Torres, 2015; Medeiros, 2017; Ngmcharungchit *et al.*, 2023).

2.1.2 Actinobactérias em ambiente aquáticos e marinho

O ecossistema marinho são fontes ricos de actinobactérias e, em sua maioria, não são caracterizados. As actinobactérias em ambientes aquáticos desempenham uma função importante no ciclo do carbono, favorecendo suas habilidades de crescimento em baixas concentrações de substâncias carbônicas e capacidade de degradar matérias orgânica resistente. Muitas actinobactérias marinhas são capazes de produzir enzimas que são responsáveis pela biossíntese de produtos naturais, as enzimas hidrolíticas advindas das actinobactérias são capazes de degradar vários biopolímeros, como celulose, quitina e xilana (Zhao; Xu; Chen, 2015; Medeiros, 2017).

Os habitats marinhos incluem água do mar, sedimentos costeiros de águas profundas e florestas de manguezais. As florestas de manguezais são ambientes únicos porque variam em salinidade e gradientes de maré, favorecendo a produção de metabólitos secundários pelo microrganismo. Desde 1980, estudos para afins biotecnológicos com uso de microrganismos marinhos foram usados para diversas aplicações, inclusive para desenvolvimento de medicamentos (Khalifa *et al.*, 2019; Setyati *et al.*, 2021).

As actinobactérias marinhas são microorganismo que tem o potencial de produzir agentes anticancerígenos eficientes, como Actinomicina D (*Streptomyces parvulus*), Mitromicina C (*Strepytomyces caespitosus*), Rakacidina D (*Streptomyces sp*) e Salinosporamida A (*S.tropical*). Tanto *Streptomyces* quanto *Micromonospora* de habitats marinhos são bons candidatos para isolar potentes compostos inibidores de crescimento e de agentes antitumorais. Seus metabólitos secundários apresentam diversas bioatividades, como ação antibacterianas, antifúngicas e antitumorais (Xu *et al.*, 2018; Ngmcharungchit *et al.*, 2023).

2.2 Gênero *Streptomyces*

O gênero *Streptomyces* são bactérias gram-positivas quimioorganotróficas, filamentosas e formadoras de esporos, é considerado o maior grupo do filo Actinobacteria; pertencentes à ordem Actinomycetales, família Streptomycetaceae, inserida dentro da classe Actinobacteria; formada por cerca de 972 espécie. Estes gênero levou à descoberta de centenas de medicamentos e produtos químicos comercializados, incluindo alguns cujas estruturas são aproximadamente dois terços derivados de antibióticos (Ichiwaki, 2017; Quinn et al., 2020; Parte et al., 2022; Moore et al., 2023).

Streptomyces são bactérias aeróbicas, não álcool-ácido resistentes, catalase positiva, multicelulares, imóveis e miceliais que se espalham produzindo hifas filiformes que se penetram em superfícies em busca de nutrientes e são considerados seres saprófitos. Possuem um genoma com alto conteúdo das bases nitrogenadas (citosina e guanina) superior a 70%, geralmente, são mesófilos apresentando crescimento ótimo em temperaturas entre 25°C e 35°C, porém em algumas espécies como *Streptomyces thermotrophicus*, *S. thermovulgaris* e *S. thermoflavus* são termófilas e crescem em temperaturas de 45°C e 55°C (Witusk, 2018; Junior, 2020).

O ciclo de vida do *Streptomyces* é complexo, inicia-se com a germinação dos esporos sob os níveis adequados para absorção de nutrientes e metabolização de compostos como lipídeos, proteínas e polissacarídeos; os filamentos alongam-se pelo crescimento apical no tubo germinativo, dando origem a um micélio vegetativo, que é formado por hifas ramificadas e áreas que penetram em um micélio de substrato que é formado a partir de uma rede de filamentos que crescem dentro e através da superfície de uma placa de ágar. Estas estruturas ao decorrer do tempo fragmentam-se formando esporos durante o processo de diferenciação celular constituindo o micélio aéreo que é observado em condições ambientais adversas, em condições de depleção de nutrientes e em outras características no meio de cultura (Figura 2). Durante o ciclo de vida do *Streptomyces* normalmente ocorre ativação das vias metabólicas associadas à produção de metabólitos secundários (Torres, 2015; Salwn; Sharma, 2020).

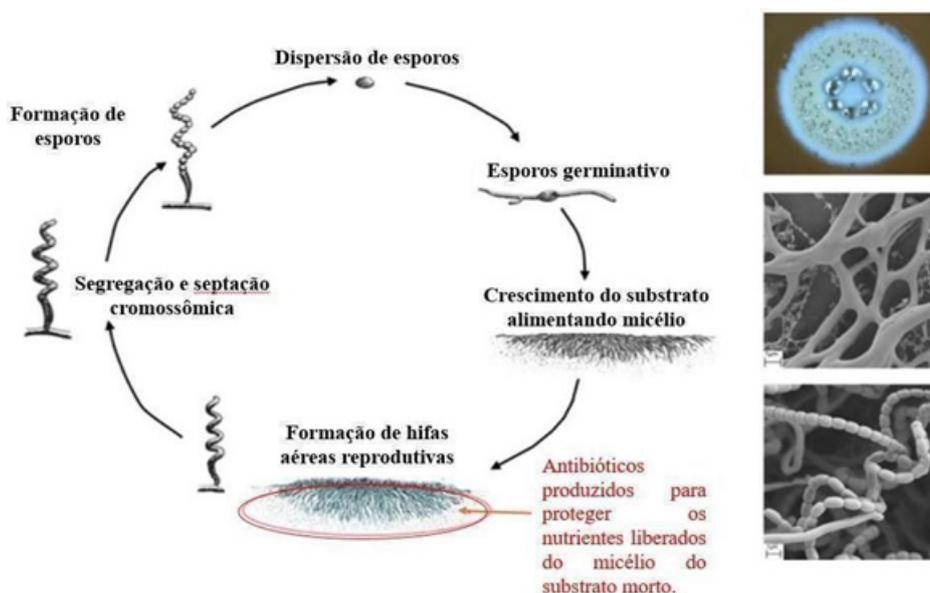


Figura 2. Representação esquemática do ciclo de vida *Streptomyces spp*

Fonte: Torres, 2015.

Este gênero possui um crescimento complexo com a capacidade de produzir diversos metabólitos secundários, onde estreptomicina, gentamicina, rifamicina, cloranfenicol e eritromicina são antibióticos produzidos pelo gênero microbiano *Streptomyces*. Devido ao seu potencial para produção de antibióticos, cerca de 85% dos antibióticos atualmente comercializados foram isolado deste gênero para uso clínico (Quinn *et al.*, 2020; Al-Shaibani *et al.*, 2021; Donald *et al.*, 2022).

2.3 Fenômeno de Resistência Microbiana

A resistência bacteriana é um desafio global e resulta na interação entre diferentes organismos e o ambiente. A principal causa desse cenário alarmante é o uso inadequado de antibióticos nas últimas décadas, o qual é responsável pela emergência de cepas bacterianas resistente a múltiplos fármacos, uma situação que compromete severamente o tratamento de doenças infecciosas (Torre, 2020). No entanto, a resistência bacteriana surgiu a partir das linhagens de bactérias permitindo o seu crescimento mesmo na presença de concentrações de antibióticos nas quais eram inicialmente sensíveis, isso certamente contribuiu para potencializar a resistência de bactérias patogênicas e desencadear um problema de saúde pública mundial (Saldanha; Souza; Ribeiro, 2018).

Para Garcia e Comarella (2021) o uso indiscriminado de antimicrobianos é caracterizado pela falha na prescrição, automedicação, o tempo de uso, além da questão dos erros de dosagem ministrada. Nesse contexto, ressalta-se os inúmeros casos prevalentes de infecções devido ao uso descontrolado e indiscriminado de antibióticos, causados por bactérias multiresistentes como *Klebsiella pneumoniae*, *Staphylococcus aureus* e *Pseudomonas aeruginosa* entre outras bactérias que causam infecções em pacientes internados em Unidades de Terapia Intensiva e outras infecções hospitalares.

Diante disto, os antimicrobianos têm alcançado uma vendagem significativa nos últimos anos. Dentro desse filo, destacam-se os microrganismos do gênero *Streptomyces*. Eles desempenham funções como a fixação de nitrogênio e fósforo, a liberação de fatores reguladores de crescimento nas plantas e a decomposição da matéria orgânica (Bhatti *et al.*, 2017). Além disso, esses microrganismos também são responsáveis pela produção de uma variedade de metabólitos ativos, como enzimas, inibidores enzimáticos, agentes antitumorais e compostos antibacterianos (Zhao, 2019). São considerados a maior fonte natural de antibióticos capazes de inibir o crescimento de bactérias multiresistentes (Yushchuk, 2020).

2.4 Metabólitos Secundários de microrganismos

As actinobactérias sintetizam uma variedade de moléculas de metabólitos que desempenham papéis essenciais em seus microambientes diversificados e complexos. Os produtos naturais provenientes deles, são conhecidos como metabólitos secundários. Entretanto, desempenham uma função crucial na capacidade de sobrevivência e defesa dos organismos produtores, permitindo-lhes competir efetivamente em um ambiente estressante com grande quantidade de outras bactérias metabolicamente ativas (Ichiwaki, 2017; Nobre, 2022).

Os metabólitos produzidos por actinobactérias exibem efeitos inibitórios contra diferentes patógenos. São produzidos durante a fase germinativa quando ocorre o processo de esporulação, isso se dá devido a resposta à perda de nutrientes ou sinais ambientais

de estresse, onde é possível observar em maior produção na fase exponencial e na fase estacionária. A maior parte desses compostos bioativos é produzido por actinomicetos isolados do solo, principalmente do gênero *Streptomyces*, que abriga a maior diversidade de espécies dentro desse grupo e é responsável por 50% dos produtos naturais derivados desses microrganismos (Carneiro, 2022; Ferraiuolo *et al.*, 2021; Menezes, 2015).

Em geral, os metabólitos secundários exercem principalmente funções defensivas, regulatórias e de comunicação, agindo como toxinas reguladoras, moléculas sinalizadoras, antibióticos e outras substâncias com diferentes papéis. Os compostos bioativos (Tabela 1) produzidos por este gênero, em sua maioria, tem atividade antimicrobiana, antioxidante, antiparasitária, citotoxinas, inibidores de enzimas, imunossupressoras, agentes tumorais e imunomoduladores, pesticidas, hipocolesterolêmicos, antivirais, reguladores do crescimento vegetal e atualmente têm-se estudado o uso para tratamentos contra obesidade e enfermidades causadas por diabetes, hiperlipoproteínas e úlceras gástricas. Por essa razão, inúmeras pesquisas já relataram várias atividades atribuídas aos microrganismos endofíticos produtores de metabólitos secundários (Menezes, 2015; Torres, 2015; Rosa *et al.*, 2023).

ESPÉCIE	COMPOSTO	ATIVIDADEBIOLÓGICA
<i>Streptomyces galileu</i>	Antraciclínas	Anti-tumoral
<i>Streptomyces avermitilis</i>	Avermectina	Anti-parasitário
<i>Streptomyces spp.</i>	Bis-antraquinona	Anti-microbiano
<i>S. hygroscopicus</i>	Higromicina	Anti-microbiano; imunossupressor
<i>Marinispora</i>	Marinomicina A–D	Anti-microbiano; anti-tumoral
<i>Streptomyces lavendulae</i>	Mitomicina C	Anti-tumoral
<i>Salinospira pacifica</i>	Pacificanonas A &	Anti-microbiano
<i>Streptomyces hygroscopicus</i>	Rapamicina	Imunossupressor; Anti-fúngico
<i>Salinospira tropica</i>	Salinosporamida B & C	Anti-tumoral
<i>Streptomyces griseus</i>	Estreptomicina	Anti-microbiano
<i>Streptomyces achromogenes</i> ; <i>Streptomyces rimosus</i>	Tetraciclínas	Anti-microbiano

Tabela 1. Exemplos de Metabólitos Secundários

Fonte: Fernandes, 2016.

3. METODOLOGIA

Trata-se de um estudo com dados qualitativos e descritivos com base na avaliação de títulos, resumos e leitura completa de artigos provenientes dos bancos de dados Scielo, Pubmed e LILACS. Foram usados os seguintes descritores: Bioprospecting; Antimicrobial; Secondary metabolites; Actinobacterium. A coleta de dados resultou em 215 publicações científicas encontradas, entretanto, apenas 10 atenderam aos critérios de inclusão do estudo, contudo, após a leitura apenas 07 artigos foram selecionado para estudo, excluindo 210 artigos da amostra final, dos quais 63 artigos eram duplicados, 68 eram de revisão sistemática e 79 não atendiam a finalidade do objetivo proposto e por não terem a relação com o tema. Foram encontrados 134 resultados no Scielo, 32 no Pubmed e 48 no Literatura

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seleção das bases considerou a relevância e abrangência dos artigos, buscando abranger uma ampla gama de publicações e perspectivas acerca do tema. A análise dos dados encontrados nas bases científicas consultadas permitiu a identificação de informações relevantes sobre os metabólitos secundários a partir da cepa *Streptomyces spp.* com propriedades antibacterianas, antifúngicas, antiparasitárias, antitumoral e antioxidantes.

Para melhor compreensão e análise, os 10 artigos foram organizados através de uma tabela, onde os anos foram colocados em ordem decrescentes. Os resultados foram produzidos por meio da análise dos artigos selecionados que se encontram sintetizados na Tabela 2.

Nº	TÍTULO	AUTORES	OBJETIVO	ATIVIDADE	PRINCIPAIS RESULTADOS
I	A new bioactive compound from the marine sponge-derived <i>Streptomyces</i> sp. SBT348 inhibits staphylococcal growth and biofilm formation.	BALASUBRAMANIAN, Srikanth <i>et al.</i>	Descrever a atividade biológica de um extrato de <i>Streptomyces</i> sp. SBT348 derivado de esponja marinha na restrição do crescimento estafilocóccico e da formação de biofilme.	Atividade Antimicrobiana	Isolaram cepas de <i>Streptomyces</i> spp. isoladas de esponjas marinhas em Milos, Grécia, demonstraram atividade antibiótica. A cepa SBT345 produziu fenazina, que apresenta eficácia contra bactérias Gram-positivas. As cepas SBT343 e SBT348 sintetizaram o composto SKC3, com potencial para inibir a formação de biofilmes de <i>Staphylococcus</i> .
II	An Evaluation of the Antibacterial, Antileishmanial, and Cytotoxic Potential of the Secondary Metabolites of <i>Streptomyces</i> sp. ARH (A3)	AZEVEDO, Virianna Larissa Santos <i>et al.</i>	Avaliar o potencial antibacteriano, leishmanicida e citotóxico de metabólitos produzidos por bactérias isoladas de amostras de solo da rizosfera.	Atividade Antimicrobiana Antiparasitária Antitumoral	Isolaram cepas de <i>Streptomyces</i> spp. denominada ARH (A3), isolada do solo da rizosfera, mostrou atividade antibacteriana contra <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Corynebacterium diphtheriae</i> e <i>Mycobacterium abscessus</i> , além de atividade antiparasitária contra <i>Leishmania amazonensis</i> e ação atóxica em células a baixas concentrações.
III	Antimicrobial potential of <i>Streptomyces ansochromogenes</i> (PB3) isolated from a plant native to the Amazon against <i>Pseudomonas aeruginosa</i> .	AMORIM, Erika Alves da Fonseca <i>et al.</i>	Avaliar a ação antibacteriana de bactérias filamentosas isoladas da folha de <i>Byrsonima crassifolia</i> .	Atividade Antimicrobiana Atividade Antiparasitária	Isolada a partir da folha de <i>Byrsonima crassifolia</i> , <i>Streptomyces ansochromogene</i> , produziu metabólitos com potencial antimicrobiano e atividade antibiofilme contra <i>Pseudomonas aeruginosa</i> e <i>Leishmania amazonensis</i> na forma promastigota.
IV	Potencial antimicrobiano de metabólitos secundários de <i>Streptomyces</i> sp. isolados de impactado.	SANTOS, Danyelle Cristina Pereira	Avaliar o potencial antimicrobiano de metabólitos secundários de <i>Streptomyces</i> isolados do solo de lixão da cidade de Apicum-Açu, estado Maranhão, Brasil.	Atividade Antimicrobiana Atividade Antifúngica	Dois cepas de <i>Streptomyces</i> spp., SLA1 e SLA3, isoladas do solo de um lixão no Maranhão, mostraram atividade antimicrobiana. O extrato da cepa SLA3 inibiu <i>Candida albicans</i> (17 mm) e <i>Staphylococcus aureus</i> (28 mm), com CIM de 1.000 µg/mL para ambos.
V	<i>Candida auris</i> – fungo emergente que ameaça a saúde global	MACHADO, Gabrielly Silva; DALMOLIN, Tanise Vendruscolo; BRANDÃO, Fabiana	Avaliar a ação antifúngica de fungos isolados da corrente sanguínea, em feridas e otites.	Atividade Antifúngica	Isolada de ambientes marinhos, a espécie <i>Micromonospora</i> sp. produz a turbinamicina, composta uma promessa no combate a patógenos fúngicos resistentes. Este exibe atividade antifúngica de amplo espectro contra <i>Aspergillus fumigatus</i> e <i>Candida auris</i> , entre outros patógenos que infectam humanos.

VI	Produtos naturais envolvidos na simbiose entre <i>Streptomyces</i> spp. e informações sociais.	MEGATTI, Carla	Isolar e identificar os produtos naturais produzidos por actinobactérias associadas a insetos sociais e correlacionar estes compostos químicos a possíveis funções ecológicas e biológicas.	Atividade Antiparasitária	A cepa <i>Streptomyces</i> sp. ICBG171 mostrou atividade contra <i>Escovopsis</i> e produziu os compostos elaiofilina e 11-O,O-dimetilelaiofilina, com ação leishmanicida, protegendo o nicho das formigas <i>Acromyrmex</i> sp. contra esse fungo.
VII	Therapeutic Potential of Marine-Derived Cyclic Peptides as Antiparasitic Agents	RIBEIRO, Ricardo <i>et al.</i>	identificar classes de compostos de origem natural, com intenção de combater agentes antiparasitários, incluindo os peptídeos cíclicos de origem marinha.	Atividade Antiparasitária	Isolados de <i>Streptomyces</i> sp. de esponjas do Mediterrâneo, foram produzidas metabólitos secundários para combater infecções. Entre eles, a valinomicina, extraída de uma fonte marinha, declarou atividade antiparasitária contra <i>Leishmania major</i> e <i>Trypanosoma brucei</i> .
VIII	Produção de antitumorais a partir de bactérias actinomicetos do gênero <i>Streptomyces</i> e <i>Micromonospora</i> .	BOSSO, Marina; PINHEIRO, Ivanei Ferreira.	Buscar uma resposta de menor toxicidade em tratamentos antineoplásicos através da produção de substâncias antitumorais por actinomicetos, mais especificamente dos gêneros <i>Streptomyces</i> e <i>Micromonospora</i> .	Atividade Antitumoral	Isolou-se a espécie <i>Micromonospora</i> TU6368, que produziu os compostos Galtamicina B, Retimicina e Saquaamicina Z. Esses compostos desenvolveram atividade inibitória contra carcinoma de mama (linhagem MCF-07), adenocarcinoma gástrico (linhagem HMO2) e hepatocarcinoma (linhagem HepG2).
IX	Bioactive Metabolites from Terrestrial and Marine Actinomycetes	NGAMCHARUNGHIT, Chananan <i>et al.</i>	Explorar estratégias promissoras para revelar e investigar novos metabólitos bioativos, abrangendo mineração de genoma, ativação de genes silenciosos por meio de moléculas de sinalização e abordagens de cocultivo.	Atividade Antitumoral	A cepa <i>Streptomyces</i> spp. SBT345, isolada de uma esponja marinha, produzida estreproxazina A, com atividade citotóxica contra células leucêmicas HL-60. A cepa SBT348 gerou petrocidina A, citotóxica para células HL-60 e HT-29.
	Antioxidant and antimicrobial activity of <i>Streptomyces hygrosopicus</i>	OLIVEIRA, Jackelly Felipe	Analisar a bioatividade especificamente a capacidade antioxidante e antifúngica do extrato oriundo da bactéria <i>Streptomyces hygrosopicus</i> .	Atividade Antioxidante	A espécie <i>Streptomyces hygrosopicus</i> foi isolada e seu extrato, combinado com acetato de etila, mostrou atividade antioxidante e antimicrobiana contra fungos fitopatogênicos.

Tabela 2. Seleção dos estudos

Fonte: Autores, 2024.

Antimicrobianos são fármacos sintéticos ou naturais capazes de inibir o crescimento, ou causar destruição de bactérias, causando um efeito bacteriostático e bactericida. Os antimicrobianos podem ser agrupados em diversas classes sendo: aminoglicosídeos, beta-lactâmicos, cloranfenicol, macrolídeos, metronidazol, quimolônicos, rimfamincinas, sulfonamidas, traciclinas e trimetropim (Melo *et al.*, 2023).

Atualmente, cerca de 22.500 compostos ativos biológicos produzidos por microrganismos. Sendo 80% são oriundos de actinobactérias, os antibióticos advindo do gênero *Streptomyces* são muito relevantes no ponto de vista médico. Essa classe de microrganismo tornou-se indispensável na produção de medicamentos, visto que o aumento da resistência bacteriana entre patógenos tem estimulado descobertas de novos fármacos para combater infecções adquiridas de cunho hospitalar e em ambientes privados (Amaral *et al.*, 2023).

Os antifúngicos são substâncias usadas no tratamento de infecções fúngicas, que podem afetar tantos os tecidos superficiais da pele como também, as mucosas (Lopes, 2022). Desde 1965 foram isoladas classes de antifúngicos naturais a partir de *Streptomyces*, a exemplo são as polioxinas B e D, que atuam na síntese da parede celular, a candidicina produzida por *Streptomyces griseus* utilizado no tratamento da candidíase vulvovaginal (Amaral *et al.*, 2023).

Antitumorais são substâncias que interferem na estrutura celular que tem o DNA (material genético) como modelador para o RNA mensageiro, transportador e ribossômico determinando qual substância enzimática será sintetizada. Estas enzimas são responsáveis pela maioria das funções celulares apresentando capacidade de inibir a multiplicação e proliferação de células normais e neoplásicas, regular a função imunológica e provocar apoptose celular (Bosso; Pinheiro, 2021; Law *et al.*, 2020).

Durante a década de 40 potencializaram a utilização de substâncias produzidas por *Streptomyces sp* para tratamento do câncer, após a descoberta de actinomicina D, sendo ela utilizada nos dias atuais para tumores malignos. Mas de 50% dos compostos citotóxicos de origem microbiana aprovados na terapia do câncer são derivados de actinobactérias. Medicamentos produzidos por actinomicetos tornaram-se promissores, várias classes de compostos anticancerígenos são usados nos dias atuais para afins clínicos como: antraciclina, antimetabólitos, carzinofilina, enediinas, indóis, mitomicinas, peptídeos e policetídeos (Alves, 2022).

Antiparasitários são complexos usados para tratar infecções por helmintos e protozoários incluindo leishmaniose, tripanossomíase, toxoplasmose e malária. Contudo, há diversos antiparasitários derivados de actinomicetos de uso universal, como a ivermectina produzido por *Streptomyces avermitilis*, usada para tratar infecções por parasitoses intestinais; os milbemicinas, utilizados como anti-helmínticos, inseticidas e acaricidas e as avermectina, usados contra parasitas artrópodes (Ngmcharungchit *et al.*, 2023; Amaral, 2023).

Os antioxidantes são substâncias que tem o objetivo de tardar e inibir as taxas de oxidação. Encontram-se divididos em duas classes, os enzimáticos, que são compostos oriundos do próprio organismo e os não enzimáticos, que são provenientes de substâncias produzidas através do metabólitos secundário como por exemplo a bilirrubina, flavonóides e licopenos (Oliveira *et al.*, 2020).

A atividade antioxidantes exercem uma ação afim de proteger a saúde humana contra o estresse oxidativo causado por espécies reativas do oxigênio (ERO). O estresse oxidativo é provocado pelo desequilíbrio entre a produção de compostos oxidantes sob a influência do sistema de defesa antioxidantes (Alves, 2022).

4. CONCLUSÃO

Este estudo confirmou que os *Streptomyces* são capazes de produzir uma ampla variedade de biomoléculas com atividade antimicrobiana. A partir dos resultados obtidos nesta revisão os microrganismos isolados produziram metabólitos secundários bioativos com grande atividade biológica e que apresentaram ação antimicrobiana contra as linhagens bacterianas e fúngicas patogênicas à humanos de interesse clínico. Além de serem capazes de interferir nas propriedades de virulência dos patógenos.

Este estudo resultará em novas ferramentas que oferecerão novos mecanismos de pesquisa na área da biotecnologia para o desenvolvimento de novos medicamentos e moléculas, a identificação destes compostos bioativos serão de grande relevância para o progresso de novos produtos biotecnológicos, culminando em uma previsão de resposta terapêutica eficaz, capaz de atender às necessidades da população.

Referências

- ABDELMOHSEN, U.R et al. Elicitation of secondary metabolism in actinomycetes. **Biotechnology advances**, v. 33, n. 6, p. 798-811, 2015.
- AL-SHAIBANI, M.M et al. Biodiversity of secondary metabolites compounds isolated from phylum actinobacteria and its therapeutic applications. **Molecules**, v. 26, n. 15, p. 4504, 2021.
- ALVES, M. S. **Atividade antimicrobiana de metabólitos secundários de Streptomyces spp, isolados de cultura de soja do sul do estado do Maranhão**, 2021. 77p. (Tese de Doutorado),2021.
- AMARAL, S. S et al. Potencial da atividade biológica de actinomicetos contra o fungo *Cryptococcus gattii*. **Interfaces Científicas-Saúde e Ambiente**, v. 8, n. 2, p. 95-104, 2020.
- AMORIM, E. A. F et al. Antimicrobial Potential of *Streptomyces ansochromogenes* (PB3) Isolated From a Plant Native to the Amazon Against *Pseudomonas aeruginosa*. **Front Microbiol.** 2020.
- AZEVEDO, V. L. S et al. An Evaluation of the Antibacterial, Antileishmanial, and Cytotoxic Potential of the Secondary Metabolites of *Streptomyces* sp. ARH (A3). **Microorganisms**, v. 12, n. 3, p. 476, 2024.
- BALASUBRAMANIAN, S et al. Um novo composto bioativo da esponja marinha *Streptomyces* sp. SBT348 inibe o crescimento estafilocócico e a formação de biofilme. **Fronteiras em Microbiologia**, v. 9, p. 1473, 2018.
- BOSSO, M; PINHEIRO, I. F. Produção de antitumorais a partir de bactérias actinomicetos do gênero *Streptomyces* e *Micromonospora*. **Revista Científica da FHO|Uniararas**, v. 9, n. 1, p. 90-100, 2021.
- CAVALCANTE, F et al. Actinobactérias benéficas do solo: potencialidades de usocomo promotores de crescimento vegetal. **Enciclopédia Biosfera**, v. 19, n. 40, 2022.
- JOSÉ, P. A; MAHARSHI, A; JHA, B. Actinobactérias na pesquisa de produtos naturais: avanços e perspectivas. **Pesquisa Microbiológica** , v. 246, p. 126708, 2021.
- MACHADO, G. S; DALMOLIN, T. V; BRANDÃO, F. *Candida auris*–fungo emergente que ameaça a saúde global. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 1, p. 9673-9681, 2021.
- MARQUES, J da S. **Caracterização cultural, morfológica e enzimática de actinobactérias de áreas cultivadas de Ubajara**, 2022.
- MEDEIROS, E. J. T. **Registro fotográfico de cepas de actinobactérias do semiárido**. 2017. 60 f. TCC (*Graduação em Ciências Biológicas*) –Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/61671>. Acesso em: 15 Abr. 2024.
- MELO, J. G. et al. Bactérias Gram-negativas colonizadoras do trato gastrointestinal de animais domésticos e seus fenótipos de resistência aos beta-lactâmicos. 2023.
- MENEGATTI, C. **Produtos naturais envolvidos na simbiose entre Streptomyces spp. insetos sociais**. 2021. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2021.
- MOREIRA, L. B. Princípios para uso racional de antimicrobianos. **Revista AMRIGS**, Porto Alegre, v. 48, n. 2, p. 118-120, abr./jun. 2014.

- MURRAY, C.J.L. et al. Global burden of bacterial antimicrobial resistance in 2019: a systematic analysis. **The Lancet**, v. 399, n. 10325, p. 629-655, 2022.
- NGAMCHARUNGCHIT, C et al. Bioactive metabolites from terrestrial and marine actinomycetes. **Molecules**, v. 28, n. 15, p. 5915, 2023.
- OLIVEIRA, J. F et al. Atividade antioxidante e antimicrobiana de *Streptomyceshygroscopicus*. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 8, p. 55097- 55106, 2020.
- OLIVEIRA, Raimundo Carmo de Oliveira. **Potencial antimicrobiano de actinomicetos de solos Amazônicos**. 2018. 63p. Dissertação (Mestrado em Ciências e Inovação Tecnológica). Programa de pós-graduação em Ciência, Inovação e Tecnologia para a Amazônia. Universidade Federal do Acre, 2018.
- PARTE, Aidan C. et al. List of Prokaryotic names with Standing in Nomenclature (LPSN) moves to the DSMZ. **International journal of systematic and evolutionary microbiology**, v.70, n. 11, p. 5607-5612, 2020.
- QUINN, Gerry A. et al. *Streptomyces* da medicina tradicional: Fontes de inovações na descoberta de antibióticos. **Revista de microbiologia médica**, v. 69, n. 8, pág. 1040, 2020.
- RIBEIRO, R et al. Therapeutic Potential of Marine-Derived Cyclic Peptides as Antiparasitic Agents. **Marine Drugs**, v. 21, n. 12, p. 609, 2023.
- ROSA, Fernanda Costa et al. Evaluation of the Antibacterial, Antileishmanial, and Cytotoxic Potential of Secondary Metabolites of *Streptomyces Kronopolitis*, 2023. **Research Square**, 2023.
- ROSA, F. C et al. Importância dos metabólitos secundários produzidos por actinobactérias. **Revista Ciências da Saúde CEUMA**, v. 1, n. 1, p. 72-87, 2023.
- SALAM, N.; JIAO, J. Y.; ZHANG, X. T.; LI, W. J. Update on the classification of higher ranks in the phylum Actinobacteria. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**, v. 70, n. 2, p. 1331-1355, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1099/ijsem.0.003920>.
- SALWAN, Richa; SHARMA, Vivek. Molecular and biotechnological aspects of secondary metabolites in actinobacteria. **Microbiological research**, v. 231, p. 126374, 2020.
- SANTOS, S. P. **Bioprospecção de antibióticos em bactérias do mar da Praia Grande**. Dissertação (Tese de Doutorado). Universidade Paulista, 2018.
- SANTOS, D. C. P et al. Potencial antimicrobiano de metabólitos secundários de *Streptomyces* sp. isolados de solo impactado. **Peer Review**, v. 6, n. 5, p. 233-245, 2024.
- TORRES, M A. F. Análise genômica de *Streptomyces olindensis* DAUFPE 5622 e de suas **vias crípticas para a obtenção de novos metabólitos secundários de interesse biotecnológico**. 104p. Dissertação (Tese de Doutorado). Universidade de São Paulo, 2015.
- TRISUWAN, K., Rukachaisirikul, V., Sukpondma, Y., Preedanon, S., Phongpaichit, S. Rungjindamai, N., et al. Epoxydons e uma pirona do fungo de origem marinha *Nigrospora* sp. PSU-F5. **J.Nat. Prod.** 71, 1323-1326, 2008.
- XU, Dongbo et al. Bioprospecting deep-sea actinobacteria for novel anti-infective natural products. **Frontiers in Microbiology**, v. 9, p. 787, 2018.
- WITUSK, João Paulo Duarte. Efeito da modificação do meio de cultivo frente à produção de compostos antimicrobianos por *Streptomyces* sp. oriundo de solo antártico. 2018.
- YUSHCHUK, O. et al. Glycopeptide Antibiotic Resistance Genes: Distribution and Function in the Producer Actinomycetes. **Frontiers in Microbiology**, v. 11, 1173. 2020.
- ZGODA, JR e PORTER, JR. Um método conveniente de microdiluição para triagem de produtos naturais contra bactérias e fungos. **Farmacêutico. Biol.** 39, 221-225, 2001.
- ZHANG, Fan et al. A marine microbiome antifungal targets urgent-threat drug-resistant fungi. **Science**, v. 370, n. 6519, p. 974-978, 2020.
- ZHAO, J., et al. Characterization of *Streptomyces sporangiiformans* sp. nov., a Novel Soil Actinomycete with Antibacterial Activity against *Ralstonia solanacearum*. **Microorganisms**, vol. 7. 2019.
- ZHAO, X. Q.; XU, X. N.; CHEN, L. Y. Production of enzymes from marine actinobacteria. **Advances in Food and Nutrition Research**, vol. 78, p. 137-151, 2016.

9

OTIMIZAÇÃO DE MEIO DE CULTURA PARA ISOLAMENTO E PRODUÇÃO DE METABÓLITOS SECUNDÁRIOS POR ACTINOBACTÉRIAS

OPTIMIZATION OF CULTURE MEDIA FOR ISOLATION AND PRODUCTION OF SECONDARY
METABOLITES BY ACTINOBACTERIA

Elian Chaves Ribeiro¹

Emanuelle Ketthlen Nunes Araújo¹

Margareth Santos Costa Penha¹

Gabriel Almeida Lisboa Oliveira²

Adriana Silva do Nascimento³

Rita de Cássia Mendonça de Miranda⁴

1 Mestranda em Biociências aplicadas à Saúde, Universidade CEUMA, São Luís – MA

2 Medicina, Universidade Ceuma, São Luís – MA

3 Mestre em Química Analítica, Universidade Federal do Maranhão, São Luís – MA

4 Doutora em Biologia dos Fungos, Universidade CEUMA, São Luís - MA

Resumo

O solo é um ambiente rico em microrganismos, destacando-se os actinobactérias, bactérias Gram-positivas filamentosas com alto teor de G+C no DNA. Estes microrganismos são conhecidos por sua prolificidade na produção de metabólitos secundários, demonstrando potencial promissor em diversas aplicações, como tratamentos antitumorais, antiparasitários, antifúngicos e antimicrobianos, entre outros. As actinobactérias têm sido objeto de estudo há mais de cinco décadas, sendo isolados em uma variedade de ecossistemas, desde solos desérticos e impactados até ambientes agrícolas e extremos. Eles são notáveis pela capacidade de sintetizar substâncias bioativas raras, com ênfase na produção de antibióticos. Em resposta à necessidade de isolar novas cepas de actinobactérias, foram desenvolvidos e otimizados diversos meios de cultura. Tendo em vista, a necessidade de isolamento de novas cepas de actinobactérias, vários meios de culturas estão sendo produzidos e otimizados afim de facilitar o isolamento dessas bactérias. Visando a busca por constituintes de baixo custo com intuito de aprimorar e enriquecer o meio seletivo desses microrganismos, objetiva-se com este estudo otimizar as condições do meio de cultura Ágar Batata Dextrose (BDA) para isolamento de actinobactérias.

Palavras-chave: Solo, Isolamento de Actinobactérias, Metabólitos Secundários, Atividade antimicrobiana.

Abstract

Soil is a rich environment for microorganisms, especially actinobacteria, Gram-positive filamentous bacteria with a high G+C content in their DNA. These microorganisms are known for their prolific production of secondary metabolites, showing promising potential in various applications, such as antitumor, antiparasitic, antifungal and antimicrobial treatments, among others. Actinobacteria have been the subject of study for more than five decades, being isolated in a variety of ecosystems, from desert and impacted soils to agricultural and extreme environments. They are notable for their ability to synthesize rare bioactive substances, with an emphasis on antibiotic production. In response to the need to isolate new strains of actinobacteria, various culture media have been developed and optimized. In view of the need to isolate new strains of actinobacteria, various culture media are being produced and optimized in order to facilitate the isolation of these bacteria. The aim of this study is to optimize the conditions of the Potato Dextrose Agar (BDA) culture medium for the isolation of actinobacteria.

Keywords: Soil, Isolation of Actinobacteria, Secondary Metabolites, Antimicrobial Activity.

1. INTRODUÇÃO

O solo é um habitat rico em diversidade microbiana, desempenhando papéis essenciais na ciclagem de nutrientes através de diversas comunidades de microrganismos. Estes organismos metabolizam resíduos orgânicos de plantas e animais, enquanto produzem uma vasta gama de compostos bioativos que têm demonstrado eficácia significativa contra várias doenças (Asma *et al.*, 2017). Entre os microrganismos do solo, as actinobactérias se destacam devido à sua capacidade de sintetizar uma ampla variedade de metabólitos bioativos. O crescimento e a evolução desses organismos são influenciados por vários fatores, como a presença de substratos orgânicos e condições ambientais (como temperatura, umidade e aeração) (Batista, 2023).

Entre os microrganismos, estão as Actinobactérias que são bactérias Gram-positivas de crescimento filamentosas, amplamente distribuídas em diversos ambientes. São seres saprófitos de vida livre que estão amplamente distribuídos no solo, na água e nas plantas colonizadoras, além disso, são bactérias aeróbicas obrigatórias que são quimioorganotróficas, não fastidiosas, filamentosas, que se assemelham a fungos em sua estrutura filamentosa ramificada e crescem em vários ambientes, além de serem formadoras de esporos e não móveis, com alto teor de guanina-citosina (G+C) (aproximadamente 69-78%) em seu DNA (Barka *et al.*, 2016; Farda *et al.*, 2022). Eles desempenham um papel importante na produção de metabólitos secundários de novas estruturas, incluindo propriedades antibacterianas, antifúngicas, antitumorais, antiprotózoicas e antivirais, bem como vitaminas e enzimas. Atualmente, cerca de 75% dos antibióticos conhecidos são isolados de actinobactérias e, destes, dois terços são produzidos a partir de *Streptomyces* (Sengupta *et al.*, 2015; Budhathoki e Shrestha, 2020).

Diante da crescente ineficácia dos antimicrobianos no tratamento de infecções causadas por microrganismos resistentes, doenças infecciosas têm se tornado intratáveis, resultando em um aumento da taxa de mortalidade em escala global. Os metabólitos microbianos, particularmente aqueles derivados de actinobactérias, emergiram como uma via crucial para a obtenção de compostos com eficácia notável na abordagem de patologias multirresistentes, ampliando novas possibilidades terapêuticas com propriedades biomédicas.

Nestas circunstâncias, o isolamento desses microrganismos é considerado um processo complexo, o que tornam-se financeiramente oneroso para os laboratórios de pesquisa, em virtude dos custos elevados dos meios de cultura empregados, os quais possuem composições diversas. Mediante diversas formulações com bases diferenciadas de nutrientes e fonte de carbono para isolamento de bactérias, já existem meios de cultura para consumo mencionadas em diversos outros estudos: meio de Ágar de Gaze (Rehāyēk, 1959); meio de sal de Arginina Glicerol (Porter *et al.*, 1960); meio Ágar Czapek (Waksman, 1961); Ágar de Bennet (Seong, 1992); Ágar Ácido Húmico-Vitamina (Cho *et al.*, 1994); meio de Ágar Amido Caseína Nitrato (Ravel J, Amorso 1998). Compreende-se que não há semelhanças entre os meios e, seus diferentes componentes tornam-se bastante caro para consumo laboratorial.

Diante disso, a comunidade científica tem sido motivada a buscar formulações alternativas para isolar actinobactérias, utilizando componentes mais acessíveis e de baixo custo. Isso envolve a otimização dos constituintes dos meios sólidos de cultivo, ajustando o tempo de crescimento dos microrganismos, o pH e a temperatura. Por exemplo, o meio Ágar Batata Dextrose é conhecido por favorecer o crescimento desses microrganismos e

facilitar o isolamento de cepas individuais. Ao fornecer dextrose como fonte de carbono e nutrientes provenientes do extrato de batata, o meio BDA cria condições ideais para o desenvolvimento das actinobactérias, possibilitando a observação macroscópica das colônias (Amoroso *et al.*, 2013)

Dentro deste contexto, estudos já demonstraram a atividade antibacteriana de cepas de actinobactérias contra patógenos. Consequentemente, muitas pesquisas têm se concentrado na descoberta de novas espécies de actinobactérias, visando a necessidade de obter novos metabólitos com propriedades capazes de combater patógenos e doenças multirresistentes (Seong, 1992)

No entanto, o processo de isolamento desses microrganismos também apresenta desafios, apesar da ampla diversidade biológica dos microrganismos do solo, especialmente a presença de actinobactérias. Essas bactérias são extremamente valiosas devido ao seu potencial de produzir substâncias naturais bioativas com inúmeras aplicações industriais, principalmente na produção de antibióticos. Além disso, o processo de isolamento é complexo e tem se tornado oneroso para os laboratórios de pesquisa, devido ao alto custo dos meios de cultura utilizados, que possuem diferentes composições (Seong, 1992)

Nesse sentido, é fundamental a otimização das formulações de meios de cultura mais baratos, como o ágar batata dextrose, que se apresenta como uma alternativa viável para tornar a etapa de isolamento dos actinobactérias mais econômica, mantendo a mesma qualidade dos meios mais caros, beneficiando os laboratórios de pesquisa.

2. ACTINOBACTÉRIAS

As actinobactérias, são membras da ordem Actinomycetales do filo Actinobacteria, são organismos ubíquos, ou seja, estão presentes em quase todos os nichos ecológicos (Van *et al.*, 2020; Silva *et al.*, 2022). Eles podem ser encontrados em diversos ambientes, como mares, rios, plantas, intestinos de insetos, solos e até nos ecossistemas mais extremos (Ngamcharungchit, 2023).

Taxonomicamente, as actinobactérias são um dos principais filos no domínio das bactérias. Este filo compreende 6 classes, 18 ordens, 14 subordens, 63 famílias e 374 gêneros registrados, além de centenas de espécies (Parte, 2020). O gênero mais frequente é *Streptomyces*, que são aeróbios obrigatórios comumente encontrados no solo. Eles recebem destaque devido à sua ampla diversidade de espécies e à capacidade de produção de metabólitos secundários bioativos (Donald, 2022).

As actinobactérias são saprófitas e variam de organismos unicelulares anaeróbicos a linhagens aeróbicas, filamentosas e formadoras de esporos (Lewin *et al.*, 2016). Elas estão presentes em praticamente todos os ecossistemas, especialmente em ambientes com pH mais alto, como solo, água, húmus, lixo, águas profundas, fosfato de rocha e como endófitos em plantas. Representam 30% do microbioma total do solo e são facilmente detectadas após a precipitação, sendo responsáveis pelo odor característico da terra molhada devido à produção de uma substância chamada “geosmina” (Amoroso *et al.*, 2013).

Sua abundância também pode ser explicada por sua capacidade de produzir uma ampla gama de enzimas hidrolíticas extracelulares, que são responsáveis pela quebra da biomassa animal e vegetal, tornando-as organismos centrais na reciclagem de carbono. Por exemplo, degradação/decomposição de diferentes substâncias orgânicas, como celulose, polissacarídeos, gorduras proteicas, ácidos orgânicos e húmus via produção de celulase e quitinase (Bhatti *et al.*, 2017; Jiang, 2016).



Muitos desses microrganismos evoluíram para viver em simbiose com plantas, insetos, fungos e animais. Essa relação simbiótica conferiu-lhes a capacidade de degradar polímeros naturais resistentes, como a lignocelulose (Meij, 2017). Este grupo seletivo de bactérias utiliza fontes de carbono e nitrogênio, incluindo celulose, hemiceluloses, proteínas e lignina. Essas bactérias são também capazes de decompor matéria orgânica de alta resistência, contribuindo para a pigmentação preta e marrom do húmus, o que facilita a decomposição (Bhatt *et al.*, 2017). Além disso, as actinobactérias produzem espontaneamente pigmentos que variam de cores, como verde, vermelho, marrom e preto, alterando significativamente a coloração do meio de cultura (Figura 1) (Aba *et al.*, 2014; Sapkota *et al.*, 2020).



Figura 1. Análise micromorfológica das Actinobactérias em Meio de Cultura

Fonte: Boubekri *et al.*, 2022.

As actinobactérias se reproduzem através da fragmentação ou esporulação, formando estruturas filamentosas ou ramificadas. Na maioria dos casos, as hifas não se rompem, e o micélio esporulado pode se apresentar de forma ramificada ou não (Shulamit *et al.*, 1994; Asma *et al.*, 2017). A produção de substâncias bioativas por esses microrganismos é um aspecto de particular interesse, devido às suas estruturas enigmáticas (Wu *et al.*, 2020).

Rosemberg *et al.* (2014) destacaram que, na maioria dos casos, as actinobactérias exibem diferentes morfologias ao longo do ciclo de vida, muitas vezes relacionadas às condições dos meios de cultura. Por exemplo, *Acidothermaceae* cresce como filamentos delgados quando a fonte de carbono é glicose ou celobiose, mas se desenvolve em formato de bastões curtos quando a fonte é celulose ou xilana. Ranjani *et al.* (2016) enfatizaram que o crescimento e as características morfológicas das actinobactérias dependem de fatores nutricionais, químicos e ambientais, como fontes de carbono, temperatura e pH. Essas bactérias geralmente apresentam aparência compacta, aspecto coriáceo, formato cônico, frequentemente com micélios vegetativos cobertos por micélios aéreos.

Para exemplificar o ciclo de vida das bactérias filamentosas, Lo Grasso *et al.* (2016) descrevem que estas são bactérias multicelulares. Após a germinação dos esporos, o crescimento leva à formação de uma rede ramificada de hifas que penetram no substrato pela extensão das pontas. O crescimento subsequente resulta na formação de hifas aéreas filamentosas, que se diferenciam em cadeias de esporos, conforme ilustrado na Figura 1. A produção de antibióticos e outros metabólitos secundários ocorre durante a formação das hifas aéreas (Barka *et al.*, 2016).

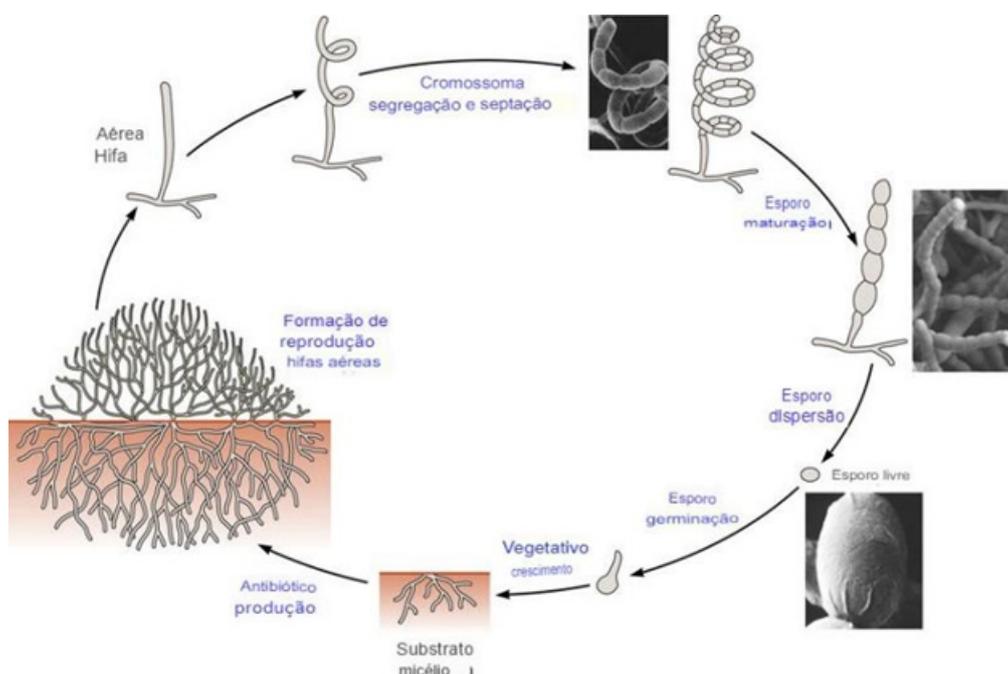


Figura 2. Ciclo de vida de actinobactérias filamentosas

Fonte: Barka *et al.*, 2016

2.1 Diversidade Ecológica e Isolamento de Actinobactérias

O solo terrestre é composto por diversos tipos, cada um com a capacidade específica de abrigar populações distintas de microrganismos. O processo de decomposição no solo começa com a ação de bactérias e fungos e é seguido, de forma mais lenta, pelas actinobactérias devido ao seu crescimento mais demorado. Uma grande proporção dos Actinobactérias se origina da superfície do solo e é responsável pela produção de substâncias bioativas. No entanto, a taxa de descoberta de novos metabólitos produzidos por Actinobactérias tem diminuído consideravelmente, enquanto o isolamento de cepas já conhecidas aumentou (Hayakawa *et al.*, 1991; Sangkanu *et al.*, 2017).

A quantidade e a diversidade desses microrganismos no solo são influenciadas por fatores físicos e químicos, como pH, temperatura, matéria orgânica, tipo de solo e umidade (Zanane *et al.*, 2018; Sukmawaty *et al.*, 2020). Por exemplo, 95% das bactérias encontradas em um solo específico pertencem ao gênero *Streptomyces*, conhecidas por serem grandes produtoras de compostos bioativos, com um ótimo crescimento em pH variando de 5,0 a 9,0, mas ideal em pH 7,0 (Lechevalier *et al.*, 1967; Dilip *et al.*, 2013).

Os diversos nichos ecológicos abrigam uma variedade de micróbios de linhagens atípicas, sendo a variação do filo das actinobactérias influenciada pela ecologia ambiental (Tabela 1). A capacidade dos actinomicetos de se desenvolverem em várias condições destaca a importância de suas funções nos ecossistemas onde estão presentes (Elbendary *et al.*, 2018). Além disso, as substâncias bioativas derivadas de Actinobactérias isolados de desertos estão sendo continuamente investigadas por seu potencial medicinal e bioindustrial (Xie *et al.*, 2021).

O isolamento de Actinobactérias possui diversos nichos, incluindo as regiões mais inóspitas do planeta. No entanto, é possível encontrá-los até mesmo em nichos improváveis, como os endofíticos, que são microrganismos que vivem no interior das plantas (Matsumoto *et al.*, 2017). As actinobactérias possuem a habilidade de se adaptar a ambientes

onde os recursos são escassos para seu desenvolvimento (Trenozhnikova; Azizan, 2018).

Entretanto, o ecossistema marinho tem se mostrado um grande produtor de actinomicetos devido à diversidade de características ambientais presentes nos mares, como sais, minerais e sulfato de potássio, entre outros. Esse ecossistema se diferencia dos demais ecossistemas aquáticos pela grande variedade de condições ambientais. Essas substâncias são importantes para a descoberta de novos produtos de valor bioindustrial, incluindo ações antibacterianas e antitumorais (Sarkar *et al.*, 2022; Kamjam *et al.*, 2017). As actinobactérias possuem a habilidade de se adaptar a ambientes onde os recursos são escassos para seu desenvolvimento (Trenozhnikova; Azizan, 2018).

Entretanto, o ecossistema marinho tem se mostrado um grande produtor de actinomicetos devido à diversidade de características ambientais presentes nos mares, como sais, minerais e sulfato de potássio, entre outros. Esse ecossistema se diferencia dos demais ecossistemas aquáticos pela grande variedade de condições ambientais. Parte significativa da ecologia marinha não se ajusta às variações na salinidade de seu habitat, e, para manter sua existência, muitos desses microrganismos liberam substâncias bioativas com diferentes propriedades. Essas substâncias são importantes para a descoberta de novos produtos de valor bioindustrial, incluindo ações antibacterianas e antitumorais (Sarkar *et al.*, 2022; Kamjam *et al.*, 2017).

Tipos de Solos	Nichos	Tipos de Actinobactérias	Fonte
Solos Contaminados	Com teor de hidrocarbonetos de petróleo (TPH)	<i>Streptomyces</i>	(Ca <i>et al.</i> , 2018)
	Hospitalares na região de Salem	<i>Streptomyces</i>	(Prakasam <i>et al.</i> , 2017)
	Aterros sanitários localizado em Uganda	<i>Streptomyces</i>	(Adamu <i>et al.</i> , 2017)
	Lixões no centro de Ilorin norte da Nigéria	<i>Streptomyces</i>	(Risikat <i>et al.</i> , 2021)
	Depósito de resíduos na área em Enugu Nigéria	<i>Streptomyces</i>	Ezebialu <i>et al.</i> , 2020)
Diferentes Nichos	Regiões indianas como o lago salgado de Sambhare, dunas no deserto de Thar e Jazidas	<i>Streptomyces</i>	(Binayke <i>et al.</i> , 2018)
	Deserto do Atacama	<i>Amycolatopsis</i> , <i>Lechevalieria</i> e <i>Streptomyces</i>	(Brown <i>et al.</i> , 2009)
	Deserto de Lut no Irã	<i>Streptomyces</i>	(Bafghi <i>et al.</i> , 2019)
	Deserto de Merzouga	<i>Streptomyces</i>	(Ouchari <i>et al.</i> , 2019)
	Região desértica chinesa de Ningxia Hui	cepa NX62 (<i>Lentzeia</i> isolada em <i>inshaensis</i> spp)	(Wang <i>et al.</i> , 2018)
	Regiões áridas de Ahbas (Saara Argelino)	<i>Prauserella</i> da família <i>Pseudonocardiaceae</i>	(Saker <i>et al.</i> , 2015)
	Caatinga (BRASIL)	<i>Streptomyces</i>	(Costa <i>et al.</i> , 2012)

	Deserto do Saara localizado em El Atteuf Argélia	<i>Streptomyces fimbriatus</i> AC31	(Khirennas et al, 2023)
	Ecossistema da Antártida	pirrolina, de actinobac- téria <i>Nocardiopsis</i> sp. LX-1	(Shi et al, 2023)

Tabela 1. Nichos ecológicos diferentes de espécie de Actinobactérias.

Fonte: Autoria própria, 2024.

Na busca por aprimorar os meios de cultivo, diversos parâmetros como fontes de glicose, nitrogênio, temperatura, pH e concentração de NaCl têm sido avaliados quanto ao seu rendimento (Souvik et al., 2017). Além disso, a produção de antimicrobianos pode ser significativamente alterada dependendo das condições de fermentação ou da formulação do meio (Ibrahim e Elkhidir, 2011; Dunia et al., 2016). A triagem dos substratos que servem de transporte para essas bactérias é importante para manter a viabilidade e a atividade das colônias durante a conservação (Fatmawati et al., 2023).

Azevedo et al. (2024) realizaram um estudo onde foram isoladas cepas de *Streptomyces* spp. denominada ARH (A3) do solo da rizosfera, a qual demonstraram atividade antibacteriana contra *Staphylococcus aureus* ATCC 6538, *Corynebacterium diphtheriae* ATCC 27010, *C. diphtheriae* ATCC 27012 e *Mycobacterium abscessus*; além disso, demonstraram atividade antiparasitária contra *L. amazonensis* na forma promastigota e ação atóxica nas células quando testadas em baixas concentrações, representando uma opção promissora na identificação de novas substâncias com propriedades biológicas ativas.

Em outro estudo promissor, Amorim et al., (2020) realizaram um estudo onde foram isolada a partir da folha de *Byrsonima crassifolia*, planta nativa da região da Amazônia (Brasil) uma bactéria endofítica identificada como *Streptomyces ansochromogene*, onde a mesma foi capaz de produzir metabólitos com potencial antimicrobiano e antibiofilme contra a bactéria *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 15692 e contra *L. amazonenses* (MHO/BR/76/MA-76) na forma promastigota. No estudo de Santos et al. (2024) foram isoladas duas cepas de *Streptomyces* spp. denominadas de SLA1 e SLA3 do solo impactado do lixão de um determinado município do estado do Maranhão, onde o extrato da cepa SLA3 demonstrou atividade antimicrobiana contra *Candida albicans* ATCC 14053 e *Staphylococcus aureus* ATCC 25925, formando halos de inibição de 17 mm e 28 mm, respectivamente, com CIM de 1.000ug/mL para ambos.

Com o avanço no desenvolvimento e produção de substâncias bioativas derivadas das Actinobactérias, esses produtos podem ser manipulados por meio de ajustes nos parâmetros de cultivo, melhorando a eficiência do processo de isolamento e o rendimento dos microrganismos isolados (Gopi, 2011; Kiviharju, 2004; Ghazali et al., 2017). As características exibidas pelas colônias dessas bactérias variam conforme o meio de cultivo utilizado, afetando seu crescimento e estrutura, que dependem dos componentes nutricionais e químicos de cada meio (Correa, 2008; Parada et al., 2017). O isolamento seletivo e os métodos aprimorados oferecem reais possibilidades de descobrir novos microrganismos, utilizando técnicas como pré- tratamento, enriquecimento, suplementação e otimização dos meios de cultivo (Ezeobiora et al., 2022).

2.2 Resistência Microbiana na Atualidade

A resistência antimicrobiana é um dos desafios mais urgentes e complexos que a saú-

de global enfrenta atualmente. Este fenômeno ocorre quando micro-organismos, como bactérias, vírus, fungos e parasitas, desenvolvem a capacidade de resistir aos efeitos dos medicamentos que antes eram eficazes no tratamento de infecções. Esse problema não apenas compromete os esforços médicos para tratar doenças infecciosas, mas também representa uma ameaça crescente à saúde pública, à segurança alimentar e à agricultura. Estima-se que a taxa de mortalidade em todo o mundo é de 700.000 óbitos atribuídos aos antimicrobianos de resistência (Edwards *et al.*, 2021).

Diversos fatores contribuem de maneira direta e indireta para o aumento da resistência aos antimicrobianos, incluindo aspectos socioeconômicos e políticos, além do acesso inadequado aos antibióticos. O uso indiscriminado desses medicamentos na medicina humana e veterinária também exerce uma pressão seletiva elevada sobre os microrganismos, resultando no aumento da resistência aos antimicrobianos disponíveis atualmente. Isso cria uma necessidade urgente de novas abordagens terapêuticas (Barros *et al.*, 2012; Blair *et al.*, 2015; Fauci; Marston, 2014; Ventola, 2015).

Nesse contexto, destaca-se o aumento da prevalência de infecções causadas por bactérias resistentes a múltiplos antibióticos, como *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae*, entre outras. Essas bactérias são responsáveis por grande parte das infecções em pacientes internados em unidades de terapia intensiva e outras infecções hospitalares (Who, 2019).

A bactéria *Pseudomonas aeruginosa*, classificada como Gram-negativa, é conhecida por sua habilidade de crescer em uma variedade de superfícies, como solo, tecidos humanos e ambientes marinhos, onde forma biofilmes. Esses biofilmes são uma das principais causas de infecções, devido à ampla disseminação da bactéria no ambiente e sua capacidade de persistir em condições adversas por longos períodos. Além disso, *P. aeruginosa* pode desenvolver resistência a diversos agentes antimicrobianos, tornando as infecções causadas por ela um desafio significativo para a terapia antimicrobiana, especialmente em pacientes imunocomprometidos (Gellatly; Hancock, 2013).

Escherichia coli, outra bactéria Gram-negativa, não esporulada, pertence ao grupo dos coliformes fecais e é considerada um indicador específico de contaminação fecal, o que pode sinalizar a presença de outras bactérias patogênicas. *E. coli* possui a capacidade de crescer em uma variedade de substratos e se multiplicar rapidamente, o que facilita uma alta taxa de mutação. Sua patogenicidade resulta de um mecanismo complexo e multifatorial, envolvendo vários fatores de virulência que variam conforme o sorotipo (Betts; Choi, 2018).

No grupo das bactérias Gram-positivas, *Staphylococcus aureus* é destacado como uma das principais causas de doenças transmitidas por alimentos, devido à sua alta prevalência e capacidade de produzir toxinas em alimentos contaminados, levando a gastroenterites alimentares. Além disso, *S. aureus* é o principal agente causador de mastites em rebanhos leiteiros, resultando em significativas perdas econômicas na produção de leite (Fagundes; Oliveira, 2004).

Klebsiella pneumoniae é uma bactéria oportunista frequentemente associada a infecções hospitalares, como septicemia, pneumonia, infecções no trato biliar e meningite bacteriana. A utilização de agentes antimicrobianos tem sido uma prática comum no tratamento de infecções por *K. pneumoniae*; no entanto, esta bactéria desenvolve resistência aos antibióticos, especialmente através da produção de beta-lactamases com capacidade enzimática hidrolítica. Esta resistência inclui a produção de beta-lactamases de espectro estendido, carbapenemases e enzimas hidrolíticas AmpC (Campos *et al.*, 2018).

As actinobactérias são os principais produtores de diversas classes de substâncias que

servem como base para medicamentos amplamente utilizados em tratamentos terapêuticos atuais, incluindo os betalactâmicos, os macrolídeos para infecções respiratórias comuns, e os aminoglicosídeos para infecções mais severas, entre outros. Contudo, nas últimas décadas, o impacto positivo dessas drogas tem sido mitigado pela ameaça crescente da resistência e multirresistência por parte de microrganismos patogênicos, representando um risco significativo à saúde humana (Mast e Stegmann, 2019).

2.3 Actinobactérias e sua relevância para Ciência

As actinobactérias são um grupo de microrganismos de grande importância no mundo da microbiologia e da biotecnologia. Esses organismos, pertencentes ao filo Actinobacteria, são conhecidos por suas características morfológicas únicas e por sua capacidade de produzir uma ampla variedade de compostos bioativos, incluindo antibióticos, enzimas e outros metabólitos secundários. A relevância das actinobactérias para a pesquisa e para a ciência é multifacetada, abrangendo áreas como a medicina, a agricultura e a bioremediação (Mast e Stegmann, 2019).

Uma das contribuições mais significativas das actinobactérias para a ciência é a produção de antibióticos. Desde a descoberta da estreptomicina, o primeiro antibiótico eficaz contra a tuberculose, as actinobactérias têm sido uma fonte rica de novos compostos antimicrobianos. Esses microrganismos produzem substâncias como tetraciclinas, eritromicinas e vancomicina, que são fundamentais no combate a infecções bacterianas. A capacidade das actinobactérias de produzir esses compostos é de extrema importância, especialmente no contexto atual de crescente resistência a antibióticos, que representa uma ameaça significativa à saúde global.

Atualmente, os microrganismos patogênicos evoluem mais rapidamente do que a taxa de desenvolvimento de novos fármacos. Em resposta a essa necessidade urgente, pesquisadores e indústrias farmacêuticas uniram esforços na busca por novas espécies de actinobactérias, investigando diversos nichos ecológicos para identificar antibióticos contemporâneos eficazes (Oskay *et al.*, 2004; Kumar *et al.*, 2010). A resistência antimicrobiana impôs a necessidade de desenvolver novos antimicrobianos com maior eficácia e segurança para o bem-estar humano e ambiental (León *et al.*, 2011; Romina *et al.*, 2017).

A produção natural desses compostos bioativos é principalmente derivada de fungos e bactérias, destacando-se as actinobactérias, especialmente os actinomicetos, pela sua capacidade de produzir diversas classes de antibióticos com estruturas químicas variadas e modos de ação distintos (Grasso *et al.*, 2016; Simeis e Serra *et al.*, 2021). As Actinobactérias são importantes na biotecnologia devido à sua capacidade de produzir metabólitos secundários e compostos bioativos, aplicáveis em áreas como antitumorais, agentes imunossuppressores, produtos nutricionais e agrícolas (Ngamcharungchit *et al.*, 2023), biocontrole e enzimas (Świecimska *et al.*, 2023).

Além de sua importância na medicina, as actinobactérias desempenham um papel crucial na agricultura. Elas contribuem para a saúde do solo e promovem o crescimento das plantas através da fixação de nitrogênio e da produção de fitohormônios. Algumas espécies de actinobactérias também têm propriedades antifúngicas e podem ser usadas como agentes de biocontrole, reduzindo a necessidade de pesticidas químicos e promovendo práticas agrícolas mais sustentáveis (Passinato, 2022).

Na área da bioremediação, as actinobactérias são estudadas por sua capacidade de degradar compostos orgânicos complexos, incluindo poluentes ambientais como hidro-

carbonetos e pesticidas. Essa habilidade faz delas candidatas promissoras para a limpeza de ambientes contaminados, contribuindo para a proteção e a recuperação dos ecossistemas naturais (Videira; Cunha, 2018).

A pesquisa sobre actinobactérias também tem implicações significativas para a biotecnologia industrial. As enzimas produzidas por esses microrganismos são utilizadas em diversos processos industriais, como na produção de alimentos, na fabricação de papel e na indústria farmacêutica.

As propriedades únicas dessas enzimas, como sua capacidade de atuar em condições extremas de temperatura e pH, tornam as actinobactérias um foco de interesse contínuo para o desenvolvimento de novas tecnologias e produtos (Rigo *et al.*, 2021).

Em suma, as actinobactérias são microrganismos de importância vital para a pesquisa científica e a aplicação prática em diversas áreas. Sua capacidade de produzir compostos bioativos, promover a saúde das plantas, degradar poluentes e fornecer enzimas industriais destaca sua relevância contínua. À medida que a ciência avança, o estudo das actinobactérias certamente continuará a revelar novas oportunidades e soluções para os desafios globais, reafirmando sua importância fundamental no avanço do conhecimento e na melhoria da qualidade de vida.

3. METODOLOGIA

O presente estudo apresenta um delineamento descritivo que aborda o problema da pesquisa de forma qualitativa, com enfoque exploratório, considerando que os dados foram coletados por meio de um levantamento de artigos científicos. Foram usados os seguintes descritores: Soil, Isolation of Actinobacteria, Secondary Metabolites, Antimicrobial Activity, utilizando o operador lógico “AND” entre os termos, sendo selecionadas apenas publicações na língua inglesa. Posteriormente, foi feita a tabulação dos títulos dos artigos encontrados.

Foram analisados os títulos e os resumos, para inclusão e exclusão dos estudos, sendo apenas artigos completos que investigaram formulação para otimização de meio de cultura para actinobactérias foram selecionados. Os critérios de inclusão foram textos completos, artigos publicados nos últimos cinco anos, considerando os trabalhos publicados entre os anos de 2019 e 2024. Os idiomas utilizados para esta pesquisa foram: português e inglês que abrangessem a temática. Já os critérios de exclusão foram artigos que não responderam o questionamento da pesquisa, não tratavam sobre actinobactérias, não abordassem a respeito de otimização de meio de cultura como foco e por não terem relação com o tema e artigos repetidos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seleção das bases considerou a relevância e abrangência dos artigos, buscando abranger uma ampla gama de publicações e perspectivas acerca do tema. A análise dos dados encontrados nas bases científicas consultadas permitiu a identificação de informações relevantes sobre isolamento de actinobactérias isoladas de diferentes ambientes, com propriedades terapêuticas.

A coleta de dados resultou em 148 publicações científicas encontradas, entretanto, apenas 10 atenderam aos critérios de inclusão do estudo, contudo, após a leitura apenas

05 artigos foram selecionado para estudo, excluindo 143 artigos da amostra final, dos quais 65 artigos eram duplicados, 43 eram de revisão sistemática e 35 não atendiam a finalidade do objetivo proposto e por não terem a relação com o tema.

Para melhor compreensão e análise, os 05 artigos foram organizados através de uma tabela, onde foram inserido o título, autor, objetivo e principais resultados. Os resultados foram produzidos por meio da análise dos artigos selecionados que se encontram sintetizados na Tabela 1.

Nº	TÍTULO	AUTORES	OBJETIVO	PRINCIPAIS RESULTADOS
I	Isolasi dan Karakterisasi Aktinomisetes Penghasil Antibakteri Enteropato-gen Escherichia coli K1.1, Pseudomonas pseudomallei 02 05, dan Listeria monocytogenes 5407.	Susilowati, DwiNingsih; Hastuti, Ratih Dewi; Yuniarti, Erny, 2007.	Isolar e caracterizar Actinomicetos produtores compostos antibacterianos eficazes contra EPEC K1.1 e <i>P. pseudomallei</i> 02 05.	Isolaram microrganismos nas regiões agrícolas das Ilhas de Java, Sumatra, Sulawesi, NTT e Ternate na Indonésia. foram isolados exemplares de actinobactérias em áreas agrícolas de exocarpo de café no Vietnã com várias cepas apresentando potencial para a decomposição das cascas do mesmo e deterioração da celulose.
II	The effects of UV light on the antimicrobial activities of cave actinomycetes.	Rule, Devon; Cheeptham, Naowarat 2013.	Avaliar a capacidade dos actinomicetos isolados de uma caverna vulcânica no oeste do Canadá na produção de novos compostos antimicrobianos contra seis patógenos multirresistentes sob exposição à luz UV.	Isolaram actinobactérias, em uma caverna vulcânica de Helmcken Falls pouco explorada no Canadá, onde foram isolados tipos de microrganismos com potencial de revelação de novos compostos bioativos.
III	The diversity and antibacterial activity of culturable actinobacteria isolated from the rhizosphere soil of <i>Deschampsia antarctica</i> (Galindez Island, Maritime Antarctic).	Tistechok, Stepat <i>et al.</i> , 2021.	Examinar a diversidade e a atividade antibacteriana de actinobactérias cultiváveis isoladas do solo rizosférico de <i>Deschampsia antarctica</i> , que foi coletada da Ilha Galindez, Antártica Marítima.	Amostras de solos rizosférico da ilha Galindez, Antártica marítima, foram coletadas e isolou-se actinobactérias com propriedades de ação antimicrobianas.
IV	Cytotoxic and antimicrobial activities of microbial proteins from mangrove soil actinomycetes of Mangalore, Dakshina Kannada.	KARTHIK, Yalpiet <i>al.</i> 2020.	Avaliar as características bioquímicas e morfológicas dos isolados de actinomicetos para determinar seu potencial biossintético.	Amostras de solos dos mangues foram selecionadas com o intuito de verificação da ação dos compostos protéicos bioativos dos actinobactérias, coletados e isolados nas regiões
V	Actinomycetes Bio-inoculants: A Modern Prospectus for Plant Disease Management.	Solanki; Malviya e Wang, 2016.	Identificar os mecanismos essenciais e explorar a perspectiva futura para aprimorar a tecnologia de formulação e as práticas de aplicação para obter total vantagem desse grupo de organismos para o sistema agrícola moderno.	Isolaram quatro amostras de solos rizosférico de leguminosas, que foram separadas para avaliação da sua implicação em 5 espécies de grãos: soja, feijão, grão de bico, lentilha e ervilha. Ambas apresentaram aumento no desempenho de leguminosas plantadas em superfície com actinobactérias

Tabela 1: Os artigos selecionados para o estudo.

Fonte: Autoria própria, 2024.

A diversidade das actinobactérias tem sido explorada em vários ambientes extremos e distintos. Estas bactérias são amplamente distribuídas em diversos ecossistemas e habitats, incluindo solos, ambientes terrestres e marinhos. São consideradas saprófitas de vida livre e podem também viver em plantas como endófitos. Espécies como *Micromonospora*, *Rhodococcus*, *Streptomyces* e *Salinispora* habitam tanto ambientes terrestres quan-

to aquáticos. Algumas estabelecem simbiose com plantas, como o gênero *Frankia spp.*, enquanto outras atuam como patógenos de plantas ou animais, como *Mycobacterium*, *Corynebacterium* e *Nocardia* (Al-Shaibani *et al.*, 2021; Ngmcharungchit *et al.*, 2023).

Para explorar novas cepas e substâncias biologicamente ativas com potencial comercial (Nazari *et al.*, 2022) é crucial isolar novos exemplares de Actinobactérias de solos e outros nichos ecológicos variados, incluindo ambientes extremos, impactados, desérticos, agrícolas e regiões inexploradas. As actinobactérias são abundantes em quase todos os nichos ecológicos, inclusive em condições ambientais extremas e adversas (Goodfellow; Williams, 1983; Zanane *et al.*, 2018).

A importância da seleção de novos estudos actinobactérias em locais inexplorados e subexplorados abre caminhos para a pesquisa de cepas raras desses microrganismos. O isolamento dessas bactérias em ambientes extremos pode resultar em isolados atípicos e na descoberta de novos compostos com elevado potencial químico (Kavita; Rajinder *et al.*, 2010).

O isolamento para esses microrganismos é um processo laborioso que exige conhecimento, paciência e habilidades específicas para ser realizado de maneira eficaz, permitindo a descoberta da vasta diversidade desses microrganismos com potencial bioindustrial ainda não explorada. Para examinar o metabolismo e os genes de um micróbio específico, é essencial cultivá-lo em laboratório (Quintana *et al.*, 2022). Os meios de cultura tradicionalmente utilizados para o isolamento de actinobactérias incluem Ágar Sabouraud Dextrose (Saad *et al.*, 2022), amido de caseína, extrato de levedura, ágar de Gause (Parada *et al.*, 2017), ISP1 a ISP9, ágar Bennett modificado (Hamak *et al.*, 2005), ágar tríptico de soja (TSA), meio de extrato de malte e levedura com glicose (GYM), ágar Reasoner 2A (Bashir *et al.*, 2022), ágar vitamina de ácido húmico (Ezeobiora *et al.*, 2022), ágar batata dextrose, entre outros (Loliama *et al.*, 2013).

5. CONCLUSÃO

Diversos estudos têm empregado uma variedade de meios de cultivo para o isolamento de actinobactérias. A maioria dos componentes essenciais para a nutrição desses microrganismos é dispendiosa, o que limita a exploração de novas actinobactérias e, conseqüentemente, a descoberta de novos metabólitos secundários. Assim, o desenvolvimento de uma formulação que satisfaça as necessidades nutricionais e permita o isolamento de diferentes tipos de actinobactérias a um custo reduzido pode potencializar a busca por agentes antimicrobianos, anticancerígenos, entre outros. Isso contribuiria significativamente para o tratamento de diversas doenças, incluindo aquelas atualmente consideradas incuráveis.

Além disso, ressalta-se a relevância deste estudo para o avanço do isolamento de actinobactérias, reconhecendo seu potencial na descoberta de novos metabólitos bioativos e na exploração de suas aplicações biotecnológicas.

Referências

- AB MUTALIB, N. S *et al.* Bioprospecting of microbes for valuable compounds to mankind. **Progress In Microbes & Molecular Biology**, v. 3, n. 1, 2020.
- ABDELGAWAD, H *et al.* Actinomycetes enrich soil rhizosphere and improve seed quality as well as productivity of legumes by boosting nitrogen availability and metabolism. **Biomolecules**, v. 10, n. 12, p. 1675, 2020.

AKPONAH, E; UBOGU, M. Screening actinomycetes associated with lemon grass (*Cymbopogon citratus*) rhizosphere for activity Against multi drug resistant bacteria. Rivers State University **Journal of Biology & Applied Sciences**, v. 3, n. 1, 2023.

AL-GHAZALI, L H.; OMRAN, R. Optimization production conditions of antibacterial metabolite from *Streptomyces* sp. **Optimization**, v. 10, 2017.

AHMED, R. N et al. Isolation, Characterization And Antibacterial Screening Of Antibiotics Produced From *Streptomyces* Isolated From Dumpsite Soils In Ilorin, North Central Nigeria. **Malaysian Journal of Science**, p. 1-17, 2021.

ARIFIYANTO, A et al. Atividade antimicrobiana de biossurfactantes produzidos por actinomicetos isolados da rizosfera da região lamacenta de Sidoarjo. **Biocatálise e Biotecnologia Agrícola**, v. 24, p. 101513, 2020.

BARKA, E. S et al. Taxonomy, physiology, and natural products of Actinobacteria.

Microbiology and molecular biology reviews, v. 80, n. 1, p. 1-43, 2016.

KARTHIK, Y et al. Cytotoxic and antimicrobial activities of microbial proteins from mangrove soil actinomycetes of Mangalore, Dakshina Kannada. **Biomedicine**, v. 40, n. 1, p. 59-67, 2020.

RULE, Devon; CHEEPHTAM, Naowarat. The effects of UV light on the antimicrobial activities of cave actinomycetes. **International Journal of Speleology**, v. 42, n. 2, p. 7, 2013.

SOLANKI, Manoj Kumar; MALVIYA, Mukesh Kumar; WANG, Zheng. Actinomycetes bio- inoculants: A modern prospectus for plant disease management. **Plant Growth Promoting Actinobacteria: A New Avenue for Enhancing the Productivity and Soil Fertility of Grain Legumes**, p. 63-81, 2016.

SUSILOWATI, D. N; HASTUTI, R. D; YUNIARTI, E. Isolasi dan karakterisasi aktinomisetes penghasil antibakteri enteropatogen *Escherichia coli* K1. 1, *Pseudomonas pseudomallei* O2 O5, dan *Listeria monocytogenes* 5407. **Jurnal AgroBiogen**, v. 3, n. 1, p. 15-23, 2007.

TISTECHOK, S et al. The diversity and antibacterial activity of culturable actinobacteria isolated from the rhizosphere soil of *Deschampsia antarctica* (Galindez Island, Maritime Antarctic). **Polar Biology**, v. 44, n. 9, p. 1859-1868, 2021.

TRENOZHNIKOVA, Lyudmila; AZIZAN, Azliyati. Discovery of actinomycetes from extreme environments with potential to produce novel antibiotics. **Central Asian Journal of Global Health**, v. 7, n. 1, 2018.

TÜFEKÇİ, Enis Fuat et al. Investigation of Antimicrobial Activities and 16S rRNA Sequences of Actinomycetes Isolated from Karst Caves in the Eastern Black Sea Region of Türkiye. **Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi**, v. 26, n. 6, p. 1277-1290, 2023.

WANG, Longwei; LI, Yamei; LI, Yumei. *Lentzea isolaginschaensis* sp. nov., an actinomycete isolated from desert soil. **Antonie van Leeuwenhoek**, v. 112, p. 633-639, 2019.

WU, Yuanting et al. Subtilisin-involved morphology engineering for improved antibiotic production in actinomycetes. **Biomolecules**, v. 10, n. 6, p. 851, 2020.

10

EDUCAÇÃO AMBIENTAL E OS DESAFIOS ECOLÓGICOS: UM ESTUDO DE CASO NA PRAIA DE MANGUE SECO, RAPOSA – MA

ENVIRONMENTAL EDUCATION AND ECOLOGICAL CHALLENGES: A CASE STUDY AT MANGUE SECO BEACH, RAPOSA – MA

Ana Claudia dos Passos Mendonça Muniz¹

Amanda Caroline Nascimento Sousa¹

Chrystian Braga Carvalho¹

Evilson Raimundo Braga Campos¹

Fillipe Miranda de Albuquerque¹

Francisco Nicolau Silva Ewerton¹

Hellany Erika Costa Batista¹

Ismael Duarte Assunção¹

Lucas Evandro Espínola Lobo¹

Maria Julia Nunes¹

Paulo de Jesus Pereira Neto¹

Túlio da Silva Xavier¹

Maria Raimunda Chagas Silva²

Darlan Ferreira da Silva³

1 Mestrando(a) em Meio Ambiente, Ceuma, São Luís-MA

2 Doutora em Química Analítica, Docente, Universidade Ceuma, São Luís-Maranhão

3 Doutor em Química Analítica, Docente, Universidade Ceuma, São Luís-Maranhão

Resumo

As visitas técnicas podem ser alternativas estratégicas de educação ambiental, promovendo a imersão dos pesquisadores nos desafios ecológicos dos biomas nacionais. No contexto do mangue seco, essas experiências práticas evidenciam como a ação humana tem intensificado os impactos ambientais nas regiões litorâneas e em áreas de manguezais, reforçando a necessidade de conscientização e práticas sustentáveis. Este trabalho tem por objetivo conhecer, do ponto de vista ambiental, as condições presentes na praia de Mangue Seco, no município de Raposa - São Luís/MA. Utilizou-se o método da pesquisa qualitativa, tendo como técnica de coleta de dados, as percepções do ambiente e as experiências vividas por moradores da comunidade local. Por meio de uma pesquisa exploratória, com visita a campo, foi possível observar que a praia de Mangue Seco sofre com a disposição inadequada de resíduos, apesar, da limpeza regular realizada pelos comerciantes locais. O Mangue Seco precisa de políticas públicas para preservar o ambiente, como também, implementar sistemas de coleta de resíduos sólidos e tratamento de esgoto, como forma de proteger a saúde dos habitantes e a biodiversidade local.

Palavras-chave: Mangue, Ambiente, Resíduo.

Abstract

Technical visits can be strategic alternatives for environmental education, promoting researchers' immersion in the ecological challenges of national biomes. In the context of Mangue Seco, these practical experiences highlight how human action has intensified environmental impacts in coastal regions and mangrove areas, reinforcing the need for awareness and sustainable practices. This work aims to understand the environmental conditions present at Mangue Seco beach, in the municipality of Raposa - São Luís/MA. The qualitative research method was used, with data collection techniques including perceptions of the environment and experiences lived by local community residents. Through exploratory research and field visits, it was observed that Mangue Seco beach suffers from inadequate waste disposal, despite regular cleaning carried out by local merchants. Mangue Seco requires public policies to preserve the environment, as well as implementing solid waste collection systems and sewage treatment to protect the health of residents and local biodiversity.

Keywords: Mangrove, Environment, Waste.

1. INTRODUÇÃO

O Ministério do Meio Ambiente (2019) informa que a ocupação ao longo da costa brasileira, de forma desordenada, está causando a fragmentação ou perda do ecossistema manguezal. Estima-se que 25% dos manguezais já foram destruídos no território brasileiro (MMA, 2010). Coincidindo com as áreas de interesse econômico e associada a qualidades negativas, como desordem, sujeira ou local suspeito (Brandão, 2011), a preservação dos manguezais foi menosprezada durante décadas.

O manguezal é um ecossistema costeiro de transição entre os ambientes terrestres e marinhos, típico de regiões tropicais e subtropicais, e influenciado pelo regime das marés. Sua vegetação arbórea é adaptada ao substrato salino presente na água marinha, permitindo que esse ambiente funcione como um importante berçário natural. Além de favorecer a reprodução e o desenvolvimento de inúmeras espécies marinhas e estuarinas, os manguezais desempenham um papel essencial no equilíbrio ambiental, destacando-se como ecossistemas estratégicos para a manutenção da biodiversidade (Neto, 2012; Matsu-mi; Freitas, 2018).

A produção de bens e serviços desse ecossistema para as comunidades pode ser valorada em até 194 mil dólares por hectare/ano (Costanza *et al.*, 2014), constituindo fonte de sustento para famílias tradicionais que realizam atividades de pesca, podendo-se destacar catadores de caranguejos e marisqueiras. O manguezal ainda é responsável pela proteção da zona costeira, evitando o assoreamento dos rios, por exemplo, e pela retenção de contaminantes, uma vez que atua como filtro biológico (Brasil, 2018). Recentemente, também tem sido pontuada a importância desse ecossistema no sequestro de carbono e manutenção do clima global, já que as árvores de mangue armazenam até cinco vezes mais carbono que outros ambientes florestais (Murdiyarto *et al.*, 2015).

Assim, compreender esses ambientes, as interações humanas nesses espaços e as iniciativas de conservação e educação ambiental são essenciais para garantir a preservação e o equilíbrio desse ecossistema. Este trabalho tem por objetivo conhecer do ponto de vista ambiental, as condições presentes na praia de Mangue Seco, pertencente ao município de Raposa, na região metropolitana de São Luís/MA.

2. METODOLOGIA

2.1. Área de estudo

A praia de Mangue Seco preserva área de manguezais e a atividade pesqueira movimenta a economia da comunidade ao seu entorno. Situada no município de Raposa, que possui de acordo com o IBGE, em 2024, uma população estimada em 32.054 habitantes, sendo um dos quatro municípios que compõem a Ilha de Upaon Açu, conforme Figura 1.

Se comparada com as principais praias presentes no litoral maranhense possui dinâmicas singulares e isto ocorre pelo fato de o local preservar hábitos considerados atualmente, como tradicionais, onde os principais aspectos advindos da urbanização não possuem relevância como em outras praias, como por exemplo: a tendência de construção de moradias verticais e outros equipamentos urbanos à beira-mar.

Mangue Seco se destaca pelo baixo movimento de visitantes e pela infraestrutura limitada. É um destino procurado por quem busca tranquilidade, onde muitos aprovei-

tam o sossego para realizar pescarias com rede ou anzol, uma prática tradicional entre os moradores do vilarejo próximo. O acesso principal se dá pela rodovia MA-203, seguido por uma trilha que atravessa os manguezais e leva cerca de dez minutos de caminhada (Castro, 2018, p. 44).



Figura 1. Mapa da Ilha de Upaon Açú

Fonte: Researchgate.net (2024).

2.2 Concepções dos impactos ambientais na praia do Mangue Seco

Na construção do conhecimento a turma do Mestrado em Meio Ambiente de 2023 conheceu a Comunidade de Mangue Seco (Figura 2) no município de Raposa no mês de março de 2024 às 9:00 horas da manhã.



Figura 2. Chegada à Comunidade de Mangue Seco.

Fonte: Autores (2024).

Para tanto, foram cumpridas as seguintes etapas metodológicas como a investiga-

ção bibliográfica (artigos em periódicos, livros, dissertações e banco de dados; os mapas foram utilizados do banco de dados obtidos no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE); e iconográfico (fotografias), que foram adquiridas durante as atividades de campo realizadas no mangue. Em seguida foi apresentado uma descrição sobre a praia de Mangue Seco e por fim, uma reflexão sobre os resultados identificados durante a construção dessa investigação.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em termos de biodiversidade, Mangue Seco é um verdadeiro tesouro natural. Ele abriga uma variedade impressionante de espécies de plantas, incluindo manguezais, como o mangue vermelho (*Rhizophora mangle*), mangue branco (*Laguncularia racemosa*) e mangue preto (*Avicennia germinans*). Essas plantas não apenas sustentam uma miríade de animais, mas também desempenham um papel crucial na estabilização do solo e na proteção da costa contra a erosão. A conversão dessas áreas, a partir de processos antrópicos, como aquicultura, agricultura e a expansão urbana provocam alterações nesse ambiente (Lee et al., 2014), o desmatamento (Friess, 2019), o elevado crescimento demográfico na zona litorânea (Dahdouh; Guebas et al., 2011), turismo (Fandé; Pereira, 2014) e a disposição de resíduos sólidos (Souza; Maia, 2019) estão contribuindo para o desaparecimento destes ambientes.

Além da flora diversificada, o mangue Raposa é lar de uma rica fauna. Desde caranguejos e moluscos até peixes e aves migratórias, a vida selvagem é abundante e variada. Espécies ameaçadas, como o guaiamum (*Cardisoma guanhumi*), encontram refúgio nestes manguezais, destacando a importância desses habitats para a conservação da biodiversidade. Hussain e Badola (2010) consideram que, a perda da biodiversidade dos manguezais leva a um desequilíbrio ambiental que compromete a manutenção de diversas formas de vida, incluindo a humana, além do processo de degradação ambiental resultar em perdas econômicas anuais.

Ao percorrer os manguezais enraizados na linha costeira, encontra-se um labirinto vivo de estacas de madeira erguidas do solo, sustentando moradias que desafiam as marés e abraçam a interdependência com a natureza (Figura 3).



Figura 3. Moradias na entrada de mangue seco

Fonte: Autores (2024).

Estas casas são dos habitantes dos manguezais, cujas vidas estão entrelaçadas com os ritmos da maré e a riqueza dos ecossistemas que os cercam. As moradias parecem se fundir com o ambiente, suas estruturas de palafitas entrelaçadas com as raízes dos mangues, criando uma simbiose entre o humano e o natural. As paredes são construídas de madeira e as vezes cobertas de palha, evocando uma sensação de rusticidade que ecoa a simplicidade da vida cotidiana. O local é de difícil acesso e as trilhas são fechadas. Pelo Código Florestal Brasileiro (Lei N ° 12.651/2012), o manguezal, em toda a sua extensão, é considerada uma Área de Preservação Permanente (APP) (Brasil, 2012). Entretanto, apesar da sua proteção legal, os manguezais vêm sofrendo um intenso processo de destruição, degradação e fragmentação ao longo do litoral brasileiro com irreparáveis perdas de ordem ambiental, social e econômica, ocasionando vários prejuízos locais e regionais (Maia; Cabral, 2021).

Em relatos obtidos através de conversas rápidas com alguns moradores da comunidade, pode-se constatar que o acesso à água potável é precário e de acordo com alguns moradores, o acesso à água para consumo é feito através da canalização construída pela Prefeitura do município da Raposa, advinda de uma estação de tratamento de água localizada próxima à Estrada principal que dá acesso à cidade, e por um poço cavado próximo à Praia do Mangue Seco. Pinheiro e Talamoni (2018) destacam que os manguezais dependem de ações de Educação Ambiental como garantia de mudanças das práticas destrutivas adotadas, objetivando a conservação do ecossistema por meio da formação de cidadãos mais críticos de sua importância.

Há presença de lixo de variados tipos nos mangues, sugerindo que não há coleta regular, conforme Figura 4.



Figura 4. Garrafa jogada no mangue.

Fonte: Autores (2024).

Quanto ao recolhimento dos resíduos (Figura 5), é realizado pela própria comunidade, que separa o lixo em pontos específicos de suporte de madeira ao céu-aberto, para a posterior coleta através de pessoas com carroças e canoas até o local da entrada da comunidade em que há uma rua de asfalto e o recolhimento através de um caminhão específico da Prefeitura de Raposa.



Figura 5. Lixo disponibilizado para coleta

Fonte: Autores (2024).

O esgoto advindo das pias das casas é despejado *in natura* no mangue através de tubulações que fazem o redirecionamento direto no ecossistema, sem nenhum tipo de tratamento (Figura 6). Já o esgoto advindo dos banheiros, é feito através de banheiros precários de madeira construídos longe das residências que consiste em um sistema de tratamento de esgoto doméstico que busca a decomposição dos resíduos. Essa urbanização descontrolada, a poluição proveniente de atividades humanas e a exploração não sustentável dos recursos naturais representam ameaças significativas a esse ecossistema frágil. A expansão urbana muitas vezes resulta na conversão de áreas de mangue em terrenos para desenvolvimento imobiliário, o que causa perda de habitat e degradação ambiental (Oliveira; Pereira, 2021).



Figura 6. Esgoto de pias despejados no mangue

Fonte: autores, 2024

A exploração não sustentável dos recursos naturais do mangue, como a pesca excessiva e a coleta descontrolada de caranguejos e moluscos, também, coloca pressão sobre esse ecossistema delicado, podendo levar ao declínio das populações de espécies importantes.

O envolvimento dos participantes tendo contato direto com o ambiente do Mangue Seco (Figura 7) foi essencial para a compreensão da importância do Mangue Seco. Foi possível fazer uma conexão e interação de quase todos os nossos sentidos (audição, visão, olfato e tato) nos diversos locais visitados, sempre com o acompanhamento da professora Dra. Maria Raimunda explicando o significado e as histórias do lugar, e, respondendo aos questionamentos.



Figura 7. Trilha no caminho do mangue

Fonte: autores, 2024

O acesso à praia também é mais uma singularidade a ser destacada, para ter acesso à faixa de areia e também às barracas foi necessário passar por um caminho existente dentro da área de manguezais, conforme

4. CONCLUSÃO

A urbanização do município de Raposa é marcada por contrastes, enquanto o centro concentra os principais serviços e órgãos públicos, a praia de Mangue Seco, localizada em uma região mais afastada, possui uma realidade social e econômica distinta. A população local mantém uma estreita relação com o mar, desenvolvendo atividades de subsistência que moldam seu modo de vida.

Para a comunidade de Mangue Seco se faz necessárias implementações de políticas públicas pertinentes e viáveis para a preservação e defesa do ambiente. É necessário sistemas de coleta de resíduos sólidos e tratamento de esgoto que devem ser implementados para evitar o despejo direto de resíduos no ambiente sem tratamento. Isso não apenas pode proteger a saúde dos habitantes, mas também tem a possibilidade de preservar a biodiversidade de Mangue Seco.

Referências

BRANDÃO, E. J. O Ecossistema Manguezal: aspectos ecológicos e jurídicos. **Revista do Curso de Direito da Uniabeu**, Belford Roxo, v. 1, n. 2, ago./dez.,2011.

BRASIL. Ministério da Educação. 2018. Base Nacional Comum Curricular. Disponível em: <http://basenacional->

comum.mec.gov.br. Acesso em: 25 out. 2024.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Estabelece o Código Florestal e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder executivo, Brasília, DF, 25 de mai. 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em: 28 out. 2024.

CASTRO, J. S. **Práticas marítimas modernas no litoral Maranhense**: a reconfiguração do litoral dos municípios de Raposa e São José de Ribamar. 2018. 120 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

COSTANZA, R. et al. Changes in the global value of ecosystem services. **Global Environmental Change**, Netherlands, v. 26, p. 152-158, 2014.

DAHDOUH-GUEBAS, F. **World Atlas of Mangroves**: Mark Spalding, Mami Kainuma and Lorna Collins (eds). Human Ecology, United States, v. 39, n. 1, p. 107-109, 2011.

FANDÉ, M. B.; PEREIRA, F. G. C. P. Impactos ambientais do turismo: um estudo sobre a percepção de moradores e turistas no município de Paraty-RJ. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental** - REGET, Santa Maria, v. 18, n. 3, p. 1170-1177, 2014.

FRIESS, D. A. Where the tallest mangroves are. **Nature Geoscience**, United Kingdom, v. 12, p. 4-6, 2019. Disponível em: <https://go.nature.com/2z7yZmq>. Acesso em: 06 maio. 2020

HUSSAIN, S. A.; BADOLA, R. Valuing Mangrove Benefits: contribution of Mangrove Forests to Local Livelihoods in Bhitarkanika Conservation Area, East Coast of India. **Wetlands Ecology and Management**, Netherlands, v. 18, n. 3, p. 321-331, 2010

IBGE CIDADES. **Raposa**. 2024. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ma/raposa/panorama>. Acesso em: 21 out. 2024.

LEE, S. Y. et al. Ecological role and services of tropical mangrove ecosystems: a reassessment. **Global Ecology and Biogeography**, Australian, v. 23, n. 7, p. 726-743, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/geb.12155>. Acesso em: 06 ago. 2024.

MAIA, R. C.; CABRAL, N. R. A. J. Qual o futuro dos manguezais no Brasil? **Revista Agaronia**, Curitiba, v. 3, n. 1, p. 19-20, 2021.

Matsumi, T.; Passos de Freitas, V. **A Proteção Do Ecossistema Manguezal No Direito Ambiental Brasileiro**, v.20, n.3, p.205-219, 2018.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Sistema Nacional do Meio Ambiente. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/governancaambiental/sistema-nacional-do-meio-ambiente.html>. Acesso em: 27 Set. 2024.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Panorama da Conservação dos Ecossistemas Costeiros e Mari-nhos no Brasil**. Brasília: MMA; SPF; GBA, 2010.

MURDIYARSO D. et al. The potential of Indonesian mangrove forests for global change mitigation. **Nature Climate Change**, United Kingdom, v. 5, n. 12, p. 8-11, 2015. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/nclimate2734>. Acesso em: 23 out. 2024

NETO, J. B. S. **O caos urbano e os manguezais de São Luís**, São Luís: EdUEMA, 2012. https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Mapa-da-Ilha-de-Sao-Luis-Estado-do-Maranhao-Brasil-mostrando-a-divisao_fig1_372682545. Acesso em: 21 Out. 2024.

OLIVEIRA E PEREIRA. **Viver no Mangue**: uma análise urbanística no Mangue Seco na Raposa -MA. UIA 2021 RIO: 27th World Congress of Architects, 2021.

PINHEIRO; M. A. A.; TALAMONI, A. C. B. **Educação ambiental sobre manguezais**. São Vicente: Campus do Litoral Paulista – Instituto de Biociências. 2018. 165 p

SOUZA, K. N. S.; MAIA, R. C. Análise ambiental de manguezais no Ceará por meio da caracterização dos resíduos sólidos presentes nestes ambientes costeiros. In: MATOS, F. O. et al. **Educação Ambiental: olhares e saberes**. Campinas, SP: Pontes, 2019

11

SAÚDE DOS MANGUEZAIS: ANÁLISE MICROBIOLÓGICA E FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA DO MANGUEZAL NO POVOADO DE MOCAJITUBA, MUNICÍPIO DE PAÇO DO LUMIAR - MA

MANGROVE HEALTH: MICROBIOLOGICAL AND PHYSICOCHEMICAL ANALYSIS OF THE WATER IN THE MANGROVE OF MOCAJITUBA, MUNICIPALITY OF PAÇO DO LUMIAR - MA

Valdemiro Freitas Neto¹

Thalita Rachel Cardoso Cruz Silva²

Raphisa Brenda Campos Borges³

Wallace Borges Pachêco⁴

Eduardo Henrique Costa Rodrigues⁵

Wellison da Cunha Araújo Firmo⁶

Ana Célia Almeida Ferraz⁷

Ricardo Monteles⁸

Marliete Carvalho da Costa⁹

Izabel Cristina Portela Bogéa Serra¹⁰

Maria Raimunda Chagas Silva¹¹

1 Acadêmica de Medicina, Universidade Ceuma, São Luís – Ma

2 Mestrando em Meio Ambiente, Universidade Ceuma, São Luís – Ma

3 Farmácia, Universidade Ceuma, São Luís - Ma

4 Docente, Mestre em Ciências da Saúde, Universidade Ceuma, São Luís – Ma

5 Doutor em Ciências Ambientais, Docente da Universidade Ceuma, São Luís – Ma

6 Doutor em Biodiversidade e Biotecnologia, Docente da Universidade Ceuma, São Luís – Ma

7 Mestre em Meio Ambiente, Universidade Ceuma, São Luís – Ma

8 Doutor em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia, Docente da Universidade Federal do Maranhão, São Luís – Ma

9 Doutora em Microbiologia, Docente Universidade Ceuma, São Luís – Ma

10 Doutora em Biotecnologia, Docente Universidade Ceuma, São Luís – Ma

11 Doutora em Química, Universidade Ceuma, São Luís - Ma

Resumo

A região do mangue na ilha de São Luís é vital para a população local, que utiliza o ambiente para moradia, pesca e extração de mariscos e moluscos, além de gerar renda através de bares e comércio. Os manguezais atuam como berçários para diversas espécies, incluindo caranguejos, e servindo como fonte de nutrientes e locais de reprodução. Dada a sua importância para a subsistência dos moradores, a qualidade da água se torna uma preocupação fundamental. Este trabalho tem como objetivo analisar as propriedades físico-químicas e microbiológicas da água do manguezal no povoado de Mocajituba, em Paço do Lumiar. Coletas foram realizadas em quatro pontos distintos em diferentes períodos, abrangendo as estações chuvosa e seca. As análises físico-químicas, realizadas com um analisador Horiba, revelaram temperaturas que variaram de 20,46 °C a 30,4 °C, pH entre 5,62 e 7,29, salinidade de 3,5% a 12,5%, e níveis de nitrito (NO_2^-) entre 0,35 e 12,9 mg/L. A contagem de coliformes totais, obtida com o Kit Colitest®, apresentou valores de $3,0 \times 10^5$ a $5,32 \times 10^5$ UFC/mL em todos os pontos de coleta. Estes resultados foram comparados com os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 375/05, indicando que a água analisada é imprópria para recreação e consumo humano, evidenciando preocupações com a contaminação microbiológica. Assim, os achados ressaltam a necessidade urgente de monitoramento contínuo e ações de conservação para preservar a qualidade ambiental dos manguezais e proteger a saúde da comunidade local.

Palavras-chave: Água, Manguezal, Mocajituba, Microbiologia, Análise.

Abstract

The mangrove region on the island of São Luís is vital for the local population, which relies on the environment for housing, fishing, and the extraction of shellfish and mollusks, as well as generating income through bars and commerce. Mangroves serve as nurseries for various species, including crabs, and provide sources of nutrients and reproduction sites. Given their importance for the subsistence of local residents, water quality becomes a fundamental concern. This study aims to characterize the physical-chemical and microbiological properties of the water in the mangrove area of Mocajituba, in Paço do Lumiar. Sampling was conducted at four distinct points over different periods, covering both rainy and dry seasons. The physical-chemical analyses, performed using a Horiba analyzer, revealed temperatures ranging from 20.46 °C to 30.4 °C, pH levels between 5.62 and 7.29, salinity from 3.5% to 12.5%, and nitrite (NO_2^-) levels between 0.35 and 12.9 mg/L. The total coliform count, obtained with the Colitest® Kit, showed values from 3.0×10^5 to 5.32×10^5 UFC/mL at all sampling points. These results were compared with the limits established by Resolution CONAMA No. 375/05, indicating that the analyzed water is unsuitable for recreation and human consumption, highlighting concerns regarding microbiological contamination. Thus, the findings emphasize the urgent need for continuous monitoring and conservation efforts to preserve the environmental quality of mangroves and protect the health of the local community.

Keywords: Water, Mangrove, Mocajituba, Microbiology, Analysis.

1. INTRODUÇÃO

A região do Mangue na ilha de São Luís, composto por manguezais, é propício para a população da região, na utilização da moradia, pesca, extração de alguns mariscos e moluscos da região e bares como fonte de renda e subsistência. Os manguezais exercem funções primordiais como berçário de caranguejo, meio nutritivo, centro de multiplicações de espécies animais e vegetais e fonte de recursos para comunidades costeiras. Embora a extensão mundial dos manguezais seja pequena, cerca de 1,5% do total das florestas tropicais e subtropicais, seu papel ecológico é magnificado por ser um ecótono entre os sistemas marinhos e continentais, gerando diversos benefícios traduzidos por seus bens e serviços ambientais. (Mochel, 2011; Kathiresan, 2001; Pereira *et al.*, 2004).

O município de Paço do Lumiar, que pertence à Mesorregião Norte Maranhense e à Microrregião da Aglomeração Urbana de São Luís, é limitado ao norte pelo Oceano Atlântico e pela Raposa, e a oeste, leste e sul por São José de Ribamar. As coordenadas geográficas da localidade são 02° 31' 55" de Latitude Sul e 44° 06' 28" de Longitude Oeste. A vegetação da região é marcada pela presença de manguezais, que são considerados as unidades de paisagens naturais mais bem preservadas do município. Entre os diversos distritos que compõem Paço do Lumiar, destacam-se Iguaíba, Maioba de Mocajituba, Maioba de Cururuca, Maiobão, Mojó, Mercês, Pau Deitado, Pindoba, Pindaí, Timbuba, Rio Grande, Vila São José e Vila Cafeteira (Santos, 2016).

Os mangues são ecossistemas situados na área de transição entre o continente e o mar, em latitudes tropicais e subtropicais, que toleram condições de alta salinidade, solo anaeróbico e altas temperaturas. Esse ambiente origina habitats únicos com uma grande riqueza de espécies que habitam o local, com os sedimentos presentes nele servindo de abrigo e berçário para vários organismos (Kathiresan, 2001).

De acordo com Santos *et al.* (2020), os manguezais são ecossistemas de transição entre os ambientes terrestre e marinho, sujeitos ao regime das marés. Sua vegetação é composta por espécies vegetais lenhosas típicas (angiospermas) e algas adaptadas à flutuação de salinidade. Essas formações vegetais têm grande importância para a conservação da biodiversidade marinha, além de sustentarem a atividade pesqueira e a segurança alimentar das comunidades de pescadores artesanais do litoral brasileiro, conforme mencionado por Souza *et al.* (2019) e Fernandes *et al.* (2018).

Na Amazônia Costeira se estende a maior área contínua de manguezais do mundo, com cerca de 8.900 km², o litoral do estado do Maranhão, sozinho, compreende 50% do total dessa área (Kjerfve *et al.*, 2002). Pedrosa (1975), enfatiza a distribuição dos manguezais maranhenses, especificamente nas áreas de Tutóia, Araiases, Parnaíba, Amarração, a ilha de São Luís e toda a região das reentrâncias maranhenses desde Alcântara. A costa possui baixa pressão antrópica, caracterizando um litoral ainda selvagem, comparado ao resto da costa brasileira, onde se concentra boa parte da população do país. Objetivo deste estudo foi analisar as propriedades físico-químicas e microbiológicas da água do manguezal no povoado de Mocajituba, em Paço do Lumiar

2. METODOLOGIA

2.1 Localização e Caracterização da Área de Estudo

A área de estudo abrange o porto de Mocajituba, localizado no município de Paço do



Lumiar, que se insere no Golfão Maranhense, na região norte da Ilha do Maranhão (veja Figura 1). O município possui uma extensão territorial de 122,828 km² e uma população estimada em cerca de 105.121 habitantes. Dentre esses, aproximadamente 75% residem em áreas urbanas. Apesar de sua urbanização, Paço do Lumiar mantém vastas áreas de vegetação nativa, ainda não afetadas por atividades antropológicas, o que confere à região um caráter de cidade pequena do interior, caracterizada por um desenvolvimento de infraestrutura relativamente limitado (IBGE, 2014).

Para a pesquisa, foram realizadas quatro coletas em quatro pontos distintos, levando em consideração as variações sazonais, abrangendo o período chuvoso (abril) e o período seco (agosto e novembro) do ano de 2022.

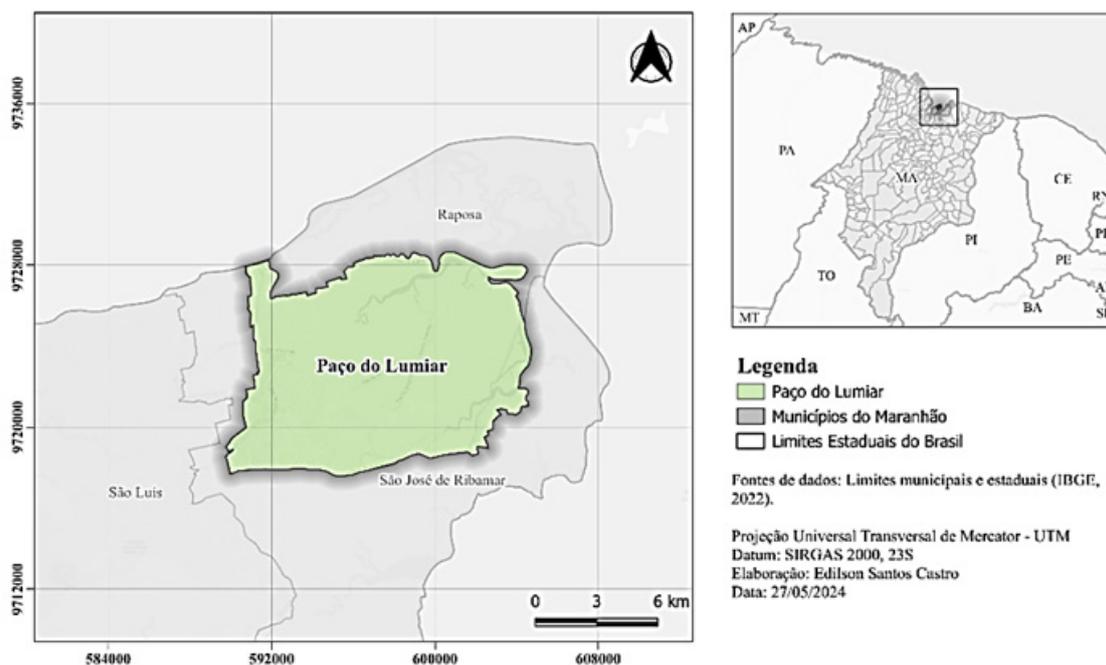


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo no porto de Mocajituba do município do Paço do Lumiar – Ma.

Fonte: Autores (2024).

Os pontos de coleta, identificados como P1, P2, P3 e P4, estão ilustrados na Figura 2. cada um desses locais foi estrategicamente selecionado para representar diferentes características do ambiente do porto do Mocajituba, permitindo uma análise abrangente das variáveis estudadas. A escolha dos pontos leva em consideração fatores como a diversidade de habitats, a influência das atividades humanas e as condições ambientais específicas de cada área. Isso garantiu que os dados coletados fossem representativos e relevantes para o objetivo da pesquisa.



Figura 2. Pontos de coletas do mangue do Porto de Mocajituba no município de Paço do Lumiar.

Fonte: Autores (2022).

2.2 Coleta e Análise de Dados

A coleta das amostras de água foi realizada através da integração da coluna d'água, utilizando uma bomba de sucção. As amostras foram transferidas para frascos de polietileno e âmbar, sendo posteriormente separadas em alíquotas para análise. As amostras coletadas em frascos de polietileno foram armazenadas sob refrigeração até que as análises fossem efetuadas, as quais foram conduzidas no Laboratório de Ciência do Ambiente (LACAM) da Universidade Ceuma.

2.3 Análise Físico-Química dos Sedimentos

As propriedades físico-químicas da água foram determinadas utilizando os métodos e equipamentos descritos na Tabela 1. A análise incluiu as seguintes variáveis:

Temperatura, pH, Oxigênio Dissolvido, Turbidez, Condutividade Elétrica e Sólidos Dissolvidos Totais: As medições foram realizadas com um equipamento multiparâmetro Horiba. Nitrito, Nitrato, Fósforo Total, Amônia e Nitrogênio Total: Essas análises foram conduzidas com o uso de um espectrofotômetro, conforme as diretrizes do APHA (2017).

PARÂMETROS	MÉTODO	REFERÊNCIA
Temperatura, pH, oxigênio dissolvido, turbidez, condutividade elétrica e sólidos dissolvidos totais	Equipamento multiparâmetro Horiba	APHA, 2017
Nitrito, Nitrato, Fósforo Total, Amônia e Nitrogênio Total	Espectrofotômetro	APHA, 2017

Tabela 1. Metodologia da análise físico-química dos sedimentos.

Fonte: Autores (2022)

As medições dos parâmetros de nitrogênio, como nitrito (NO_2) e nitrato (NO_3), bem como do fósforo total e amônia, foram realizadas utilizando o fotômetro Hanna Instru-

ments HI83200, no comprimento de onda de 220 nm (SILVA et al., 2017; SOUZA et al., 2019).

2.4 Análise Microbiológica

As análises microbiológicas foram realizadas para a detecção e quantificação de coliformes termotolerantes nas amostras de água. O procedimento adotado foi o seguinte:

Detecção de Coliformes: Utilizou-se o Kit Colitest®. Cada amostra foi inoculada com o Colitest® e incubada em estufa a 37°C por um período de 18 a 48 horas. Após esse período, foi feita uma avaliação qualitativa da presença de coliformes termotolerantes. As amostras da água foram semeadas em meio de cultura Ágar EMB e incubada por 24 horas. A avaliação e quantificação das colônias formadas foram realizadas conforme descrito por (Silva et al., 2019).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análises físico-química da água

Os resultados das análises físico-química da água do manguezal no povoado de Mocajituba, foram interpretados com base nos valores limites estabelecidos pela Resolução nº 375/05 do CONAMA. As Tabelas 2, 3, 4 e 5 apresentam os dados coletados nos meses de abril, agosto e novembro de 2022.

Parâmetros	CONAMA 375/05	P1	P2	P3	P4
Temperatura (°C)	-	29,00	28,00	29,00	30,00
pH	6,0 - 9,0	6,55	6,74	6,87	6,80
Salinidade (%)	-	7,30	3,80	3,70	3,50
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	≤ 500	7,95	24,50	3,28	4,04
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	≥ 5,0	3,08	3,89	4,73	2,24
Condutividade Elétrica (µS/cm)	-	12,80	6,95	6,69	6,53
Turbidez (NTU)	≤ 40	16,70	18,80	17,10	17,80
NO ₂ ⁻ (mg/L)	≤ 1,0	0,46	0,55	0,58	0,73
NO ₃ ⁻ (mg/L)	≤ 10,0	12,90	30,00	9,05	5,20
Fósforo Total (mg/L)	≤ 0,1	3,42	2,25	7,92	2,79
NH ₃ (mg/L)	≤ 0,1	4,99	3,78	1,08	2,35

Tabela 2. Parâmetros físico-químicos da água no manguezal de Mocajituba, Paço do Lumiar, em 22/04/2022.

Fonte: Autores (2022).

Parâmetros	CONAMA 375/05	P1	P2	P3	P4
Temperatura (°C)	-	26,00	28,90	29,65	30,40
pH	6,0 - 9,0	5,62	7,23	7,20	7,25
Salinidade (%)	-	11,40	6,60	9,55	12,50
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	≤ 500	11,90	18,60	21,75	24,90
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	≥ 5,0	2,51	3,42	2,33	2,84
Condutividade Elétrica (μS/cm)	-	14,60	12,60	20,40	10,80
Turbidez (NTU)	≤ 40	17,75	17,95	19,57	21,20
NO ₂ ⁻ (mg/L)	≤ 1,0	5,67	0,56	0,64	0,72
NO ₃ ⁻ (mg/L)	≤ 10,0	0,70	9,70	5,05	0,40
Fósforo Total (mg/L)	≤ 0,1	14,60	1,99	4,30	2,30
NH ₃ (mg/L)	≤ 0,1	4,75	2,48	1,22	2,17

Tabela 3. Determinação dos parâmetros físico-químicos do sedimento no manguezal do Porto de Mocajituba, Paço do Lumiar no período seco, em 02/08/2022.

Fonte: Autores (2022).

Parâmetros	CONAMA 375/05	P1	P2	P3	P4
Temperatura (°C)	-	24,20	22,33	21,39	20,46
pH	6,0 - 9,0	7,26	7,27	7,20	7,29
Salinidade (%)	-	11,40	11,95	12,22	12,50
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	≤ 500	11,90	15,25	17,00	18,60
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	≥ 5,0	1,52	1,56	3,18	4,22
Condutividade Elétrica (μS/cm)	-	19,30	24,90	27,70	30,50
Turbidez (NTU)	≤ 40	6,70	21,60	43,20	80,40
NO ₂ ⁻ (mg/L)	≤ 1,0	0,80	0,57	0,46	0,35
NO ₃ ⁻ (mg/L)	≤ 10,0	8,40	9,35	9,82	10,30
Fósforo Total (mg/L)	≤ 0,1	1,35	0,99	0,81	0,63
NH ₃ (mg/L)	≤ 0,1	4,87	2,00	1,15	2,26

Tabela 4. Determinação dos parâmetros físico-químicos do sedimento no manguezal do Porto de Mocajituba, Paço do Lumiar no período seco, em 10/11/2022.

Fonte: Autores (2022).

Os resultados da análise físico-química permitiram uma interpretação da qualidade da água do manguezal no povoado de Mocajituba, considerando os valores limites estabelecidos na Resolução nº 375/05 do CONAMA. As amostras foram analisadas em três períodos: abril, agosto e novembro, e os dados obtidos revelam importantes implicações ambientais.

Os resultados das temperaturas da água variaram entre 20,46 °C e 30,40 °C, de acordo com as flutuações sazonais. A temperatura da água é um fator que afeta a solubilidade do oxigênio e a atividade metabólica de organismos aquáticos. Temperaturas elevadas podem resultar em menores níveis de oxigênio dissolvido, potencializando a ocorrência de estresse em espécies sensíveis e alterando a biodiversidade. Os dados mostram que os pontos de amostragem, especialmente em agosto, apresentaram temperaturas mais altas, coincidentes com o aumento da turbidez e a redução do oxigênio dissolvido.

Para os valores de pH oscilaram entre 5,62 e 7,87, caracterizando um ambiente aquá-

tico em um intervalo levemente ácido a neutro. O pH é um indicador importante da qualidade da água, influenciando a toxicidade de poluentes e a disponibilidade de nutrientes. Valores mais baixos, como os encontrados em agosto, podem estar associados a processos de degradação, como a decomposição de matéria orgânica, que acidificam a água. A correlação entre a acidez e a presença de nutrientes pode ser explorada, uma vez que ambientes mais ácidos tendem a ser menos favoráveis à biodiversidade aquática.

As variações na salinidade, que variaram de 3,50% a 12,50%, refletem as características naturais dos manguezais, que são ecossistemas de transição entre água doce e água salgada. A salinidade elevada pode afetar a flora e fauna locais, limitando a diversidade de espécies que podem prosperar no ambiente. Mudanças abruptas nos níveis de salinidade, possivelmente provocadas pela atividade humana, como o desmatamento e a urbanização, podem comprometer a resiliência do ecossistema, tornando-o mais vulnerável a estresses ambientais.

Os níveis de oxigênio dissolvido (OD) mostraram resultados alarmantes, com variações mínima e máxima entres os meses de abril agosto e novembro e (2,24 a 4,73 mg/L) e (2,33 a 3,18 mg/L) e novembro (1,52 a 4,22 mg/L). A presença de baixos níveis de oxigênio é um indicativo de poluição orgânica, resultante da decomposição de matéria orgânica em condições anaeróbicas. Essa condição anóxica pode levar à morte de organismos aquáticos, como peixes e invertebrados, afetando negativamente a cadeia alimentar local. A redução do OD pode ser atribuída ao aumento da turbidez e à presença de poluentes, destacando a necessidade de intervenções que visem melhorar a qualidade da água.

Os valores de turbidez variaram significativamente, com um pico de 80,40 NTU em novembro. A turbidez elevada é frequentemente associada à presença de sedimentos em suspensão, que podem resultar de erosão do solo, desmatamento e atividades urbanas. Esse aumento na turbidez prejudica a fotossíntese subaquática, afeta a fauna aquática e pode levar ao bloqueio de habitats. Além disso, a turbidez pode estar correlacionada com a presença de contaminantes, amplificando a degradação do ecossistema.

3.2 Análise Nitritos, Nitratos e Fósforo Total

Dados observados nas Tabela 3 e 4 os níveis de nitritos, nitratos e fósforo total frequentemente ultrapassaram os limites recomendados pela CONAMA/357/05. A presença elevada desses nutrientes sugere uma eutrofização, resultante de escoamento de fertilizantes e efluentes domésticos. Esse fenômeno pode causar crescimento excessivo de algas, que, ao morrer, consomem oxigênio durante o processo de decomposição, acentuando a anoxia. A correlação entre a presença de nutrientes e a degradação da qualidade da água é um ponto crítico que requer atenção, dado o impacto direto sobre a saúde do manguezal.

Os níveis de amônia encontrados, que também superaram os limites, são indicativos de poluição, frequentemente associada a esgoto não tratado e fertilizantes. A amônia é tóxica para a vida aquática e sua presença elevada pode ter um efeito direto sobre a fauna local, tornando-a mais vulnerável a doenças e estresses ambientais.

3.3 Análise microbiológica

Os resultados da análise microbiológica da água nos quatro pontos de coleta, de abril, agosto e novembro de 2022, estão apresentados na Tabela 5. Foram detectados valores elevados de microrganismos heterotróficos (MC) em todas as coletas, variando entre $5,6 \times 10^5$ UFC/mL na primeira coleta (P1) até $3,0 \times 10^5$ UFC/mL na terceira coleta (P1), sugerindo um quadro de contaminação microbiológica no manguezal de Mocajituba.

Pontos	1ª Coleta (Abril)	2ª Coleta (Agosto)	3ª Coleta (Novembro)
P1	$5,6 \times 10^5$	$3,84 \times 10^5$	$3,0 \times 10^5$
P2	$5,12 \times 10^5$	$3,64 \times 10^5$	$3,24 \times 10^5$
P3	$5,32 \times 10^5$	$3,76 \times 10^5$	$3,5 \times 10^5$
P4	$5,16 \times 10^5$	$3,8 \times 10^5$	$3,12 \times 10^5$

Tabela 5. Determinação dos parâmetros microbiológicos do sedimento no manguezal do Porto de Mocajituba, Paço do Lumiar no período seco e chuvoso.

Fonte: Autores (2022).

Os valores quantificados para coliformes totais e termotolerantes nas amostras de água dos quatro pontos de coleta, em abril, agosto e novembro de 2022, indicam níveis de contaminação que ultrapassam os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/05 para águas de recreação. De acordo com a resolução, o valor máximo permitido para coliformes termotolerantes em águas destinadas à recreação é de <1000 UFC/100mL, enquanto os valores encontrados nas análises microbiológicas variaram entre $3,0 \times 10^5$ UFC/mL e $5,6 \times 10^5$ UFC/mL, o que demonstra níveis acima do permitido.

Esses dados indicam que a água coletada nos quatro pontos está imprópria tanto para recreação quanto para consumo humano, evidenciando um elevado grau de contaminação microbiológica. A proliferação de coliformes totais e *E. coli* (termotolerantes) foi observada em todos os pontos e nos períodos chuvosos e secos, com variações entre os pontos de coleta. Os pontos P1 ($3,0 \times 10^5$ - $5,6 \times 10^5$ UFC/mL), P2 ($3,24 \times 10^5$ - $5,12 \times 10^5$ UFC/mL), P3 ($3,5 \times 10^5$ - $5,32 \times 10^5$ UFC/mL) e P4 ($3,12 \times 10^5$ - $5,16 \times 10^5$ UFC/mL) apresentam níveis de contaminação microbiológica que extrapolam os valores de referência estabelecidos pelo CONAMA 350/05.

Esses resultados corroboram com os achados de Silveira et al. (2018), que em uma pesquisa semelhante também observaram proliferação de coliformes fecais e totais em níveis superiores aos limites legais. A presença constante de coliformes termotolerantes nos pontos de amostragem sugere poluição fecal, provavelmente causada pelo lançamento inadequado de dejetos domésticos nas proximidades dos manguezais, agravada pela ausência de mata ciliar e o consequente assoreamento. Pontos como P1 e P3, situados em áreas de maior atividade humana e escoamento de resíduos, apresentam os maiores níveis de contaminação, comprometendo a biota aquática local. A presença de coliformes termotolerantes é um importante indicador de poluição fecal, associada ao risco de proliferação de doenças veiculadas pela água.

Ademais, é importante considerar o impacto do regime de chuvas nas concentrações de contaminantes, especialmente em áreas de manguezal. Durante o período de estiagem, a diminuição no volume de água e a concentração de matéria orgânica favorecem o acúmulo de resíduos despejados no ecossistema. A ocupação humana desordenada nas áreas de mangue, em busca de recursos econômicos, intensifica o processo de degradação ambiental, o que agrava a qualidade microbiológica da água. Nesse sentido, medidas de manejo sustentável e proteção das áreas de mangue são essenciais para reduzir os níveis de poluição e promover a recuperação ambiental dessas áreas vulneráveis.

4. CONCLUSÃO

Por fim, os resultados obtidos nas análises físico-químicas e microbiológicas das águas do manguezal de Mocajituba revelam um cenário preocupante em relação à qualidade

ambiental desse ecossistema. Os parâmetros físico-químicos, como oxigênio dissolvido, turbidez, nitrogênio e fósforo total, apresentaram variações, evidenciando a influência direta de atividades humanas, como o despejo de resíduos e o assoreamento. Por exemplo, os baixos níveis de oxigênio dissolvido em alguns pontos e a elevada concentração de nutrientes como nitrito e nitrato apontam para um processo de eutrofização, que pode comprometer ainda mais a qualidade da água e a saúde da biota aquática. Essas alterações sugerem a degradação dos serviços ecossistêmicos oferecidos pelos manguezais, como a filtragem natural da água e a proteção das margens contra erosão.

Paralelamente, os resultados microbiológicos indicaram altos níveis de coliformes totais e termotolerantes, superando os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/05, tanto em períodos de seca quanto em períodos chuvosos. Esses índices de contaminação fecal indicam que a água está imprópria tanto para recreação quanto para consumo, com sérios riscos para a saúde pública. A proliferação de *E. coli* sugere uma forte influência de esgoto doméstico não tratado, lançado diretamente nas águas do manguezal, além de indicar a ausência de um saneamento básico adequado nas comunidades adjacentes.

A combinação dessas variáveis — degradação físico-química e contaminação microbiológica — reflete a vulnerabilidade do manguezal de Mocajituba frente às pressões antrópicas, como o descarte inadequado de resíduos e a ocupação desordenada das áreas de entorno. A poluição dessa área, além de comprometer os recursos hídricos, afeta diretamente a biodiversidade local e, conseqüentemente, os modos de vida das populações que dependem desse ecossistema para subsistência.

Referências

- APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Waste-Water**. 25. ed. New York: McGraw-Hill, 2017. 720 p.
- COSTA, M. S.; ROCHA ARAÚJO; JESUS MARTINS; SOUSA DA SILVA; COSTA, H.; MIRANDA, M. C. R. Isolamento de microrganismos de interesse biotecnológico oriundos de áreas contaminadas com agroquímicos. **Revista Investigação Biomédica**, v. 9, p. 17-23, 2017.
- DUBEY, S. K.; TRIPATHI, A. K.; UPADHYAY, S. N. Exploration of soil bacterial communities for their potential as bioresource. **Bioresource Technology**, v. 97, n. 17, p. 2217-2224, 2006.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2017. 212 p.
- FERNANDES, D. A. J.; VITORINO, M. I.; SOUZA, P. J. O. P.; JARDIM, M. A. G. Efeito da radiação solar sobre a regeneração natural de manguezal em Cuiarana, Salinópolis, Pará. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, v. 49, p. 108-122, 2018. DOI: 10.5327/Z2176-947820180333.
- KATHIRESAN, K. **Biology of Mangroves**. Advanced Study in Marine Biology, p. 125-145, 2001.
- KJERFVE, B.; PERILLO, G. M. E.; GARDNER, L. R.; RINE, J. M.; DIAS, G. T. M.; MOCHEL, F. R. Morphodynamics of muddy environments along the Atlantic coasts of North and South America. In: **Muddy Coasts of the World: Processes, Deposits and Functions**. Amsterdam: Elsevier, 2001.
- MOCHEL, F. R. Manguezais amazônicos: status para a conservação e a sustentabilidade na zona costeira maranhense. In: **Amazônia Maranhense. Diversidade e Conservação**. Belém: Editora do Museu Paraense Emílio Goeldi, 2011. v. 1, p. 93-118.
- SANTOS, M. A.; DIAS, R. R.; JARDIM, M. A. G. Diagnóstico florístico e ambiental de um bosque de manguezal na Reserva Extrativista Chocoaré Mato Grosso, Santarém Novo, Pará, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 3, p. 1080-1093, 2020.
- SANTOS, S. R. S. **Levantamento da oferta turística de Paço do Lumiar**: possibilidades e limitações do município. 2016. Monografia (Bacharel em Turismo) — Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2016.

SILVA, M. R. C.; CASTRO, M. T. **Avaliação dos parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos da água do médio curso do Rio Mearim no município de Bacabal - MA.** Relatório de pesquisa (FAPEMA), São Luís - MA, 2016.



12

VIABILIDADE DO APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DE BIOGÁS EM ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO: UMA REVISÃO DE LITERATURA

**FEASIBILITY OF ENERGY USE OF BIOGAS IN SEWAGE TREATMENT PLANTS: A
LITERATURE REVIEW**

Lucas Evandro Espínola Lobo¹

Paulo Leonardo Santos Gouveia²

Leandro Guimarães Borges³

Anyelle Araujo Cardoso Bento³

Wolia Costa Gomes⁴

1 Engenheiro Civil, Universidade Estadual do Maranhão, São Luís - MA

2 Mestre em Meio Ambiente, Universidade CEUMA, São Luís - MA

3 Discente de medicina, Universidade CEUMA, São Luís - MA

4 Doutora em Engenharia de Processos, Universidade CEUMA, São Luís - MA

Resumo

O presente estudo investiga a viabilidade do aproveitamento energético do biogás gerado nas estações de tratamento de esgoto (ETEs), com foco em mitigar as emissões de gases de efeito estufa (GEEs) e agregar valor a esse subproduto. A pesquisa realiza uma revisão sistemática da literatura, aprofundando-se, inicialmente, nas diferentes etapas que compõem a operação de tratamento de esgoto, além de discorrer sobre os processos empregados nestas e diferenciar os modelos existentes. Em seguida, o enfoque é direcionado ao processo de geração de biogás nas ETE's, descrevendo as etapas do fenômeno da biodigestão anaeróbica. Logo após, são apresentados os métodos de aproveitamento energético de biogás aplicáveis em ETE's e os diferentes maquinários utilizados para viabilizar tal operação, descrevendo o funcionamento de cada um. Por fim, são apresentados exemplos de iniciativas nacionais e internacionais que obtiveram sucesso na viabilização do aproveitamento energético do biogás gerado em ETE'S. Desta forma, o artigo busca apresentar a possibilidade geração de energia limpa a partir de um sub-produto do tratamento de esgoto doméstico, expondo as diferentes maneiras de realizar tal processo e as etapas que o compõem, no intuito de identificar quais são os métodos cujas aplicações apresentariam maior viabilidade e consonância às condições apresentadas pelas ETE's brasileiras.

Palavras-chave: Biogás, Esgoto, Aproveitamento Energético.

Abstract

This study investigates the feasibility of biogas energy recovery generated at wastewater treatment plants (WWTPs), with a focus on mitigating greenhouse gas (GHG) emissions and adding value to this byproduct. The research conducts a systematic literature review, initially delving into the different stages that make up sewage treatment operations, discussing the processes employed in these operations, and distinguishing between existing models. The focus then shifts to the biogas generation process in WWTPs, describing the stages of the anaerobic digestion phenomenon. Subsequently, the applicable biogas energy recovery methods for WWTPs are presented, along with the various equipment used to enable such operations, describing how each one functions. Finally, examples of successful national and international initiatives for enabling biogas energy recovery in WWTPs are presented. Thus, the article seeks to demonstrate the possibility of generating clean energy from a byproduct of domestic sewage treatment, showcasing the different ways of carrying out this process and the stages involved, with the aim of identifying which methods would offer the greatest feasibility and alignment with the conditions presented by Brazilian WWTPs.

Keywords: Biogas, Sewage, Energy Recovery.



1. INTRODUÇÃO

O processo de modernização ecológica da matriz energética mundial tem impulsionado a crescente exploração de fontes renováveis, motivada sobretudo por preocupações ambientais relacionadas à preservação dos recursos naturais e à redução da emissão de poluentes. Nesse contexto, o aproveitamento de resíduos orgânicos para a geração de energia surge como uma alternativa promissora para o desenvolvimento sustentável das cidades brasileiras (Mantovani *et al.*, 2022)

Uma das formas mais vantajosas de exploração desses resíduos é a produção de biogás, gerado pela digestão anaeróbica de matéria orgânica. Esse processo oferece benefícios tanto na otimização da eficiência energética em áreas urbanas quanto no gerenciamento adequado dos resíduos gerados. Além disso, o metano (CH₄) presente no biogás, derivado do esgoto doméstico, apresenta um impacto vinte e uma vezes maior que o dióxido de carbono (CO₂) sobre o agravamento do efeito estufa. Assim, o uso do biogás como combustível contribui não apenas para a geração de energia, mas também para a mitigação das mudanças climáticas oriundas da emissão de CH₄ (Andrade, 2022).

O termo “biogás” refere-se ao gás gerado pela decomposição de matéria orgânica na ausência de oxigênio. A composição média do biogás corresponde à 60% de metano (CH₄), 35% de dióxido de carbono (CO₂) e 5% de uma mistura contendo hidrogênio, nitrogênio, ácido sulfídrico, amônia, monóxido de carbono, aminas voláteis e oxigênio, sendo que 1 m³ de biogás possui um potencial energético equivalente a 900 ml de álcool, 1,5 m³ de gás de cozinha ou 6,4 kWh de eletricidade (Vieira; Polli, 2020).

Diante disso, o aproveitamento energético do biogás proveniente das estações de tratamento de esgoto residencial apresenta-se como uma alternativa viável para minimizar os impactos ambientais. Em consonância à tal afirmativa, estima-se que entre os anos de 2009 e 2017, o número de geradores a biogás na Europa subiu de 6.227 para aproximadamente 17.800, o que retrata uma clara tendência mercadológica no cenário energético (Silva, 2022).

Ainda avaliando a disseminação do aproveitamento energético do biogás no continente europeu, segundo Lauer, Leprich e Thrän (2020) a Alemanha possuía, no ano de 2016, o montante de 8.500 plantas de biogás em uso, cujas quais totalizavam juntas uma potência instalada total de 4.400 MW, sendo este valor correspondente à 18% da produção de energia renovável do país (Korberg; Skov; Mathiesen, 2020).

As estações de tratamento de efluentes replicam, em menor escala e tempo, a capacidade natural dos corpos d'água de decompor matéria orgânica. Isso ocorre porque as bactérias anaeróbicas, responsáveis pela biodigestão, encontram nas estações condições ideais para atuar, permitindo-lhes se proliferar e degradar a matéria orgânica presente. Diante tal fato, pode-se afirmar que as estações de tratamento de esgoto doméstico apresentam potencial de geração energética proporcional ao volume e carga orgânica dos efluentes recebidos (Mendonça; Otenio; Paula, 2020).

Considerando a alta concentração populacional nas áreas metropolitanas brasileiras e a significativa produção de resíduos orgânicos, a exploração atual do biogás no país está aquém de seu potencial. Isso justifica a necessidade de estudos que avaliem a viabilidade da aplicação dessa técnica em centros urbanos (Pretel; Vasconcelos, 2021).

Além disso, o biogás gerado em tais circunstâncias, além de poder ser empregado em funcionalidades distintas do saneamento, como na produção de energia elétrica e com-

bustíveis automotivos, este subproduto da biodigestão pode também subsidiar outras etapas do tratamento de esgoto, como a secagem do lodo sanitário (Souza, 2023).

Portanto, o presente trabalho tem como objetivo investigar a viabilidade do aproveitamento energético do biogás gerado nas ETEs no Brasil, buscando identificar as principais tecnologias disponíveis, as vantagens e desvantagens de cada uma, bem como o potencial de implementação no cenário brasileiro. A partir de uma revisão sistemática da literatura, na qual serão investigadas as etapas que compõem o processo de tratamento de esgoto nas estações e a maneira como essa operação proporciona a geração do biogás. Além disso, serão avaliadas iniciativas nacionais e internacionais de sucesso, neste âmbito, visando eleger métodos de maior viabilidade e identificar quais modelos são mais consonantes à realidade das ETEs no Brasil. Ao final, espera-se que os resultados contribuam para a promoção do uso do biogás como uma solução sustentável no setor de saneamento brasileiro.

2. RESULTADO E DISCUSSÃO: REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Funcionamento de ETE's

As estações de tratamento de esgotos têm a função de adequar os efluentes sanitários ao lançamento em corpos hídricos, mitigando ao máximo os impactos ambientais provenientes deste despejo. Sendo assim, é necessário que este processo de tratamento seja ordenado em diferentes etapas complementares entre si. Estes são os chamados níveis de tratamento, e usualmente seguem a seguinte classificação: preliminar, primário, secundário e terciário. Esses níveis podem ser combinados em uma ETE, permitindo uma execução em fases de eficiência crescente (Pastre, 2023).

O tratamento preliminar é a etapa na qual são removidos os sólidos grosseiros do volume hídrico, este processo se dá com o auxílio de equipamentos capazes de reter esses materiais. Dentre os mecanismos empregados nessa fase, pode-se destacar o gradeamento, que funciona como um peneiramento do fluxo, e o uso de desarenadores, que atuam promovendo a sedimentação de grãos de areia no fundo do compartimento. Este estágio do tratamento é fundamental para a manutenção da eficiência do sistema de tratamento como um todo, haja vista que o material removido apresenta potencial abrasivo aos demais equipamentos de transporte e processamento deste fluxo (Freire *et al.*, 2023).

Ao alcançar o nível de tratamento primário, o corpo hídrico ainda apresenta sólidos não grosseiros em suspensão. Sendo assim, o volume hidrossanitário é depositado em grandes decantadores, nos quais os sólidos inicialmente flutuantes afundam e sedimentam o fundo dos tanques na forma de lodo. As partículas de menor densidade, incapazes de decantar, são aglomeradas com o auxílio de aditivos coagulantes para facilitar sua captura, enquanto os óleos e graxas são retirados diretamente da superfície (Moraes *et al.*, 2020).

Em seguida, no tratamento secundário, é realizada a remoção de matéria orgânica por meios biológicos. Em condições aeróbicas estes dejetos são metabolizados pela microbiota local, gerando gás carbônico e água, já na digestão anaeróbica o subproduto é o biogás. Além da matéria orgânica, nutrientes como nitrogênio e fósforo também são removidos nessa etapa. Dentre os equipamentos empregados na fase em questão, é válido destacar as lagoas de estabilização, reatores UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) e o método dos lodos ativados (Oliveira *et al.*, 2023).

Por fim, no nível terciário, o foco é direcionado à remoção de substâncias tóxicas e pa-

togênicas não biodegradáveis do corpo hídrico, no intuito de mitigar o impacto à fauna e flora aquáticas nativas do local onde ocorrerá o despejo do volume tratado. Este processo de desinfecção usualmente se dá por meio da aplicação de cloro, ozônio, e mais recentemente, radiação ultravioleta (Pires, 2020).

2.2 Geração de biogás em ETE's

A digestão anaeróbica é um processo fundamental no tratamento de esgoto doméstico, no qual a matéria orgânica presente nos efluentes é decomposta, resultando principalmente em metano, dióxido de carbono, amônia, gás sulfídrico e água. Esse processo ocorre em ausência total de oxigênio e é mediado por três categorias específicas de microrganismos: bactérias fermentadoras, bactérias acetogênicas e arqueias metanogênicas. A digestão anaeróbica se desenrola em quatro etapas principais: hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese (Vieira; Polli, 2020).

Durante a hidrólise, moléculas complexas e insolúveis como carboidratos, proteínas e lipídios são convertidas em compostos menores, como açúcares simples, ácidos graxos e aminoácidos, por meio de enzimas extracelulares produzidas pelos microrganismos. Esses compostos menores são solúveis em água, facilitando sua assimilação e posterior digestão pelas bactérias anaeróbicas (Silva, 2022).

Na etapa de acidogênese, os produtos da hidrólise são transformados em ácidos orgânicos, álcoois, dióxido de carbono e hidrogênio, além de compostos nitrogenados e sulfurados. A maior parte desses produtos segue diretamente para a etapa de metanogênese, mas alguns precisam passar primeiro pela acetogênese, onde ácidos como o acético, propionato e butirato são convertidos em acetato, hidrogênio e dióxido de carbono pelas bactérias acetogênicas (Souza, 2023).

A etapa final, metanogênese, é conduzida por arqueias metanogênicas que processam o acetato e o hidrogênio, gerando metano (CH_4) e dióxido de carbono (CO_2). As arqueias podem ser divididas em dois grupos: as acetoclásticas, que degradam acetato, e as hidrogenotróficas, que utilizam hidrogênio para gerar metano (Silva, 2022).

Entre os biodigestores usados no tratamento de esgoto, o reator anaeróbico de fluxo ascendente e manta de lodo (UASB - Upflow Anaerobic Sludge Blanket) é amplamente utilizado no Brasil devido ao seu baixo custo, simplicidade operacional e eficiência em climas tropicais. Esse reator promove a formação de uma manta de lodo granular, onde microrganismos e partículas sólidas ficam suspensos. O esgoto entra na parte inferior do reator, e ao passar pela manta de lodo, ocorre a digestão da matéria orgânica. A produção de biogás durante a digestão facilita a movimentação ascendente das partículas, garantindo uma mistura eficiente (Mendonça; Otenio; Paula, 2020).

Estima-se que 50% a 80% da matéria orgânica nos biodigestores UASB seja convertida em biogás. Porém, diversos fatores influenciam essa eficiência, como a composição do substrato (presença de metais pesados pode inibir o processo), o teor de água (um teor inadequado pode reduzir a produção de biogás), a temperatura (a faixa ideal para atividade enzimática é em torno de 35 °C) e a impermeabilidade do biodigestor ao ar (condições anaeróbicas são essenciais) (Passos et al., 2020).

2.3 Aproveitamento energético de biogás em ETE's

A exploração do potencial energético do biogás, proveniente da digestão anaeróbica da matéria orgânica em esgoto doméstico nas estações de tratamento de esgoto (ETEs), requer o uso de tecnologias que viabilizem tanto a geração quanto a cogeração de energia. A cogeração refere-se à obtenção simultânea de eletricidade e calor a partir de uma única fonte primária. Entre os equipamentos empregados para o aproveitamento energético do biogás, destacam-se as turbinas, microturbinas e motores de combustão interna (Silva, 2022).

As turbinas a gás são dispositivos térmicos que convertem a energia do combustível em potência mecânica e elétrica. Elas são compostas por três componentes principais: o compressor de ar, a câmara de combustão e a turbina. O compressor, acionado pela própria turbina, comprime o ar, que é misturado ao combustível na câmara de combustão. Dentro da câmara, ocorre a queima em pressão constante, elevando a temperatura dos gases e fornecendo energia ao sistema. Os gases quentes resultantes se expandem na turbina, convertendo energia térmica em energia mecânica, parte da qual é usada para acionar o compressor, reiniciando o ciclo (Neves, 2022).

A energia mecânica gerada pela rotação da turbina, devido à expansão dos gases sob pressão, pode ser convertida em eletricidade por meio de um gerador elétrico acoplado ao eixo da turbina. Esse processo ocorre por indução eletromagnética, quando a rotação dos ímãs no gerador provoca a inversão dos polos magnéticos, gerando tensões nos terminais que produzem corrente elétrica (Machado, 2020).

A microturbina é uma versão compacta das turbinas a gás. Composta por compressor, câmara de combustão, turbina e gerador elétrico, sua potência é inferior a 250 kW. Para potências entre 250 e 1.000 kW, o termo adequado é mini turbina. Essas tecnologias, predominantemente usadas para a geração de eletricidade, operam com base no mesmo ciclo das turbinas a gás convencionais, mas apresentam a vantagem de consumir menos energia primária (Henao, 2020).

Nos sistemas estacionários, o calor residual dos gases de escape, que ainda contém energia térmica significativa, pode ser recuperado em trocadores de calor, para produzir vapor ou arrefecimento em processos industriais, caracterizando o ciclo de cogeração. As vantagens desse modelo incluem fácil manutenção, tempo de arranque rápido, alta confiabilidade, tamanho compacto, baixa vibração, ausência de necessidade de supervisão constante e significativa redução das emissões de poluentes, especialmente CO₂. No entanto, suas desvantagens incluem uma vida útil relativamente curta e baixa atratividade em processos com menores demandas térmicas (Silva, 2022).

Os motores de combustão interna, frequentemente usados em sistemas de cogeração no setor terciário e em pequenas indústrias, também são amplamente empregados em sistemas de energia de emergência e em áreas remotas. Recomendados para cenários com menores necessidades térmicas ou variações no consumo ao longo do tempo, esses motores convertem a energia térmica dos combustíveis líquidos ou gasosos, como o biogás, em energia mecânica por meio de pistões que se movem dentro de cilindros. A recuperação do calor ocorre tanto nos gases de escape quanto nos fluidos de refrigeração e lubrificação (Franco *et al.*, 2023).

A cogeração por motores a gás apresenta diversas vantagens, como o rápido tempo de arranque, facilidade de adaptação a variações térmicas, alta eficiência mecânica e ausência de necessidade de supervisão constante. Entretanto, desvantagens incluem vida útil curta, baixa eficiência térmica e altos custos de manutenção (Baretta *et al.*, 2023).

2.4 Iniciativas Nacionais e Internacionais de Sucesso

Diversas iniciativas ao redor do mundo demonstram a viabilidade técnica e econômica do aproveitamento energético do biogás gerado em estações de tratamento de esgoto, destacando-se tanto pela inovação tecnológica quanto pelos benefícios ambientais e econômicos.

A Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) Ouro Verde, localizada em Foz do Iguaçu, Paraná, é pioneira no Brasil ao aderir ao sistema de compensação de energia elétrica certificado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Esta usina foi a primeira no país a ser cadastrada como unidade microgeradora de energia elétrica movida a biogás proveniente do tratamento anaeróbio de esgoto, seguindo as Resoluções Normativas da ANEEL nº 482/12 e 687/15. Com capacidade para tratar 35 mil habitantes equivalentes (EP), a ETE Ouro Verde é um marco no setor de saneamento, demonstrando a viabilidade da geração de energia elétrica a partir de biogás em escala local (Rietow *et al.*, 2023).

Outro exemplo relevante é a ETE Belém, localizada em Curitiba, Paraná, que gera energia elétrica a partir do lodo de esgoto processado na CS Bioenergia. Além disso, a Estação Atuba Sul, também em Curitiba, utiliza biogás armazenado em um gasômetro para a secagem do lodo, que posteriormente é convertido em biomassa. Essas iniciativas contribuem significativamente para a autossuficiência energética das unidades e para a redução de custos operacionais (Ozório Gusmán *et al.*, 2020).

Desde 2018, a Sabesp implementou um projeto inovador na ETE Franca, São Paulo, onde o biogás gerado é transformado em biometano para abastecer a frota de veículos da empresa. Com capacidade de tratar 550 litros por segundo de esgoto, a produção diária de biometano é equivalente a até 2 mil litros de gasolina. O projeto contou com um investimento de R\$ 7 milhões e possibilitou a adaptação de 40 veículos, reforçando a contribuição do biogás para a mobilidade sustentável (Anício *et al.*, 2021).

Em Minas Gerais, a ETE Vieira, localizada em Montes Claros, destaca-se pelo uso de biogás gerado em seus reatores UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) e filtros biológicos percoladores para alimentar um secador térmico de lodo. Com capacidade para atender uma população de 270 mil habitantes, a ETE Vieira demonstra a aplicação eficiente do biogás no tratamento de lodo e sua conversão em energia útil (Viana *et al.*, 2023).

No cenário internacional, a Thames Water, no Reino Unido, implementou plantas de beneficiamento de biogás nas ETEs de Deephams e Mogden. A ETE de Mogden, que atende mais de 2 milhões de pessoas, possui capacidade para fornecer gás suficiente para 4 mil residências no oeste de Londres. Em Deephams, o biogás produzido chega a 700 metros cúbicos de metano por hora, o que equivale a 6 milhões de metros cúbicos por ano, suficientes para aquecer 3.500 residências. Essas plantas também evitam a emissão de mais de 8 mil toneladas de dióxido de carbono na atmosfera anualmente (Ali; Gillich, 2021).

Na Holanda, a ETE Waterschap Amstel, operada pela empresa Waternet em Amsterdam, serve a mais de 1 milhão de cidadãos e produz anualmente 11 milhões de metros cúbicos de biogás por meio da digestão anaeróbia. Este biogás é utilizado tanto para geração de energia elétrica quanto para a produção de biometano. Além disso, o calor gerado na cogeração e incineração das lamas residuais é aproveitado para o sistema de aquecimento urbano, contribuindo para a eficiência energética da cidade (Meulen, 2023).

Por fim, na Dinamarca, a Estação de Tratamento de Águas Residuais de Marselisborg, gerida pela Aarhus Vand, alcançou um notável excedente energético ao otimizar seu sistema de tratamento. Em 2015, a produção de energia atingiu 9.628 MWh/ano, enquanto o consumo foi de apenas 6.311 MWh/ano, resultando em uma produção líquida de energia

de 153%. Este caso demonstra a capacidade de uma ETE não apenas atingir autossuficiência energética, mas também contribuir para a geração de excedente energético (Delgado *et al.*, 2021).

3. CONCLUSÃO

O aproveitamento energético do biogás nas estações de tratamento de esgoto (ETEs) demonstra grande potencial para impulsionar o desenvolvimento sustentável no Brasil. Através de sua utilização, é possível gerar energia limpa, reduzir as emissões de gases de efeito estufa e minimizar os impactos ambientais decorrentes do descarte inadequado de resíduos. O uso de tecnologias como turbinas, microturbinas e motores de combustão interna torna a cogeração de energia uma alternativa eficiente e viável para as ETEs, contribuindo para a autossuficiência energética e otimização dos processos de tratamento de esgoto.

Embora o país apresente iniciativas bem-sucedidas, como a ETE Ouro Verde e a ETE Franca, a exploração do biogás ainda está aquém do seu potencial. O exemplo de países europeus, como Alemanha e Reino Unido, mostra que a adoção em larga escala dessa tecnologia pode resultar em benefícios econômicos e ambientais significativos. A partir da implementação de políticas públicas adequadas e investimentos em infraestrutura, é possível fomentar o crescimento do setor no Brasil, ampliando a participação das ETEs na matriz energética nacional.

Assim, o incentivo ao uso do biogás como fonte de energia nas ETEs brasileiras é fundamental para a promoção de um futuro energético mais limpo e eficiente. O aproveitamento desse recurso não só possibilita a diversificação da matriz energética, como também fortalece a economia circular, ao transformar resíduos em insumos valiosos para o desenvolvimento das cidades.

Referências

- ANDRADE, Amanda Brito Bezerra. **Análise da viabilidade econômica para geração de energia elétrica através do uso de biogás gerado em aterro sanitário no estado da Paraíba**. 2022. 21 f.: il. Artigo Científico (Graduação) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Ambiental. Natal, RN, 2022.
- ANÍCIO, Sabrina de Oliveira et al. **Aspectos legais da adoção de práticas de economia circular em estações de tratamento de esgoto no Brasil**. Resumos expandidos, 2021.
- BARETTA, Gabriel Colombo et al. Estudo preliminar sobre a influência da temperatura do gás comburente (ar atmosférico) no ganho de potência de motores a combustão de Ciclo Otto. **Anais da Semana da Ciência e Tecnologia (SECITEC)** Campus Luzerna, v. 8, n. 12, 2023.
- FARMAN Ali, Shazia; Gillich, Aaron. Opportunities to decarbonize heat in the UK using Urban Wastewater Heat Recovery. **Building Services Engineering Research and Technology**, v. 42, n. 6, p. 715-732, 2021.
- FREIRE, Renata Carlos et al. **Avaliação de sustentabilidade para estações de tratamento de esgoto: uma revisão bibliométrica**. 2023.
- FRANCO, Mhaessa Batista et al. Análise termodinâmica de um motor de combustão interna operando com gasolina, gás natural e gás de síntese. **Observatório de la Economía Latinoamericana**, v. 21, n. 11, p. 21590-21606, 2023.
- GIMÉNEZ, Diana Elena Sosa et al. **Potencial do aproveitamento energético do biogás: estudo de caso do oeste do Paraná**.
- HENAO, Nelson Calderón et al. **Avaliação técnico-econômica de alternativas de acoplamento de micro-**

turbinas a gás e gaseificadores de biomassa. 2020.

KORBERG, A. D.; SKOV, I. R.; MATHIESEN, B. V. The role of biogas and biogasderived fuels in a 100% renewable energy system in Denmark. **Energy**, v. 199, 2020.

MANTOVANI, L. P. et al. **Biomassa e energia.** Agronomia Brasileira, 2022.

MARQUES, Janaína Santos Saldanha et al. Desafios da implantação de tratamento de esgoto em regiões ribeirinhas. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 12, p. 98817-98824, 2020.

MENDONÇA, Henrique; OTENIO, Marcelo; PAULA, Vanessa. Digestão anaeróbia para produção de energia renovável. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 14, p. 1-16, 2021. DOI: 10.17765/2176-9168.2021v14n3e7667.

MORAES, Gabrielle Claudia de. **Desempenho comparativo de sistemas de tratamento de esgoto:** fluxo contínuo versus lodos ativados por batelada. 2023.

NEVES, Gabriel da Silva. **Análise termodinâmica de uma turbina de gás considerando diferentes configurações.** 2022.

OLIVEIRA, G. M.; VIDAL, D. G.; MAIA, R. L.; ESTRADA, R.; SOUSA, M. J. L. O que significa descarbonizar? Uma visão da sociedade atual sem energia fóssil. In: ARAÚJO, E.; SILVA, M.; RIBEIRO, R. (Eds.). **Sustentabilidade e descarbonização:** desafios práticos. Braga: CECS, 2020. p. 9-27.

PASTRE, Fauston et al. **Evolução dos serviços de coleta e tratamento de esgoto no cenário brasileiro:** uma análise para alcançar as metas do Novo Marco Legal do Saneamento Básico. XI SINGEP-Simpósio Internacional de Gestão, Projetos, Inovação e Sustentabilidade, n. 1, p. 1-15, 2023.

PRETEL, Ariel Fernandes; Vasconcelos, Priscila Elise Alves. O aproveitamento energético dos resíduos sólidos urbano: uma forma de descarte adequado e sustentável. **UNIFESO-Humanas e Sociais**, v. 7, n. 1, p. 53-62, 2021.

RIETOW, Julio Cezar et al. Consolidação da tecnologia de reatores UASB no estado do Paraná para o tratamento de esgotos sanitários. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 28, p. e20220298, 2023.

SILVA, Lúcia Marina Rosa da. **Aproveitamento de biogás em sistemas híbridos de energias renováveis para estações de tratamento de esgoto.** 2022. 50 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2022.

SOUZA, Murilo Silva. **Aproveitamento energético de biogás proveniente de uma estação de tratamento de esgoto localizada em Jaguaré-ES.** 2023. 69 f. : il. Monografia (Graduação) – Instituto Federal do Espírito Santo, Campus São Mateus, Coordenadoria de Curso Superior de Engenharia Mecânica, 2023.

VAN DER MEULEN, Suzanne. **Functional quality of urban surface water.** 2023. Tese de Doutorado. Wageningen University and Research.

VIEIRA, Henrique Gois; POLLI, Henrique Quero. O biogás como fonte alternativa de energia. **Revista Interface Tecnológica**, v. 17, n. 1, p. 388-400, 2020.

VIANA, Athos Rodrigues Soares et al. Sewage sludge-based organomineral fertilizer: A pathway to enhanced soil fertility and chickpea production. **International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture**, 2024.

13

RUÍDOS EM CENTROS CIRÚRGICOS HOSPITALARES E SEUS IMPACTOS NOS PROFISSIONAIS E PACIENTES: REVISÃO DE LITERATURA

**NOISE IN HOSPITAL SURGICAL CENTERS AND ITS IMPACTS ON PROFESSIONALS AND
PATIENTS: LITERATURE REVIEW**

Maria Bernardete Barros Figueiredo¹

Elias Victor Figueiredo dos Santo²

Leandro Batista da Silva Araújo²

Amanda Caroline Nascimento Sousa³

Rodrigo Vieira Blasques⁴

Angela Falcai⁴

Amanda Silva dos Santos Aliança⁴

Rafiza Felix Marão Martins⁴

Paulo Cesar Mendes Villis⁴

1 Mestre em Gestão e Atenção à Saúde, Universidade Ceuma, São Luís-MA

2 Mestre em Meio ambiente, Universidade Ceuma, São Luís-MA

3 Mestranda em Meio Ambiente, Universidade Ceuma, São Luís-MA

4 Doutor(a), Universidade Ceuma, São Luís-MA

Resumo

A poluição sonora em ambientes hospitalares, especialmente em Centros Cirúrgicos, é uma preocupação crescente devido aos seus efeitos negativos sobre a saúde dos profissionais e o bem-estar dos pacientes. Este artigo de revisão aborda as fontes e os impactos do ruído em Centros Cirúrgicos, além de avaliar intervenções eficazes para sua redução. A metodologia adotada baseou-se em uma análise de literatura recente, utilizando bases de dados científicas como *PubMed* e *Web of Science*, para identificar estudos relevantes sobre níveis de ruído, efeitos fisiológicos e psicológicos e práticas de controle acústico. Os resultados destacam que os níveis de ruído em Centros Cirúrgicos frequentemente ultrapassam os limites recomendados pela Organização Mundial da Saúde (OMS), que estipula um máximo de 35 dB para ambientes hospitalares, enquanto estudos apontam níveis de até 90 dB em procedimentos específicos. Esses índices de ruído comprometem a comunicação entre a equipe cirúrgica, aumentam o estresse ocupacional e impactam a recuperação dos pacientes, especialmente em maternidades, onde o ambiente calmo é essencial. Alguns trabalhos enfatizam a necessidade de intervenções estruturais e comportamentais, como o uso de materiais de absorção sonora e a implementação de protocolos de comunicação para reduzir o ruído. Conclui-se que a redução do ruído em Centros Cirúrgicos é essencial para a promoção de um ambiente seguro e de alta qualidade em hospitais. São recomendadas futuras pesquisas que considerem as particularidades de maternidades em países em desenvolvimento, com o objetivo de adaptar as intervenções às condições locais e melhorar o bem-estar dos profissionais e pacientes nesses contextos.

Palavras-chave: Centro Cirúrgico. Qualidade Sonora. Maternidade Hospitalar.

Abstract

Noise pollution in hospital environments, especially in Surgical Centers, is a growing concern due to its negative effects on the health of professionals and the well-being of patients. This review article addresses the sources and impacts of noise in surgical centers within high-complexity maternity hospitals, as well as evaluates effective interventions for noise reduction. The primary objective is to synthesize available evidence on noise contamination in these settings and propose strategies to mitigate its effects. The adopted methodology is based on a recent literature analysis, utilizing scientific databases such as PubMed and Web of Science to identify relevant studies on noise levels, physiological and psychological effects, and acoustic control practices. The results highlight that noise levels in Surgical Centers frequently exceed the limits recommended by the World Health Organization (WHO), which sets a maximum of 35 dB for hospital environments, while studies report levels of up to 90 dB in specific procedures. These noise levels compromise communication among the surgical team, increase occupational stress, and impact patient recovery, particularly in maternity settings, where a calm environment is essential. Some studies found emphasizes the need for structural and behavioral interventions, such as the use of sound-absorbing materials and the implementation of communication protocols to reduce noise. It is concluded that reducing noise in Surgical Centers is essential for promoting a safe and high-quality hospital environment. Additionally, future research is recommended to consider the specific needs of maternity hospitals in developing countries, aiming to adapt interventions to local conditions and improve the well-being of both professionals and patients in these contexts.

Keywords: Surgical Center. Sound Quality. Maternity Hospital.

1. INTRODUÇÃO

A poluição sonora é um problema ambiental relevante em hospitais, sendo identificada como um estressor que pode comprometer diretamente a saúde física e mental dos profissionais e pacientes. A Organização Mundial da Saúde (OMS) recomenda que ambientes hospitalares mantenham os níveis de ruído em até 35 dB, uma meta que dificilmente é alcançada nos centros cirúrgicos, onde os níveis podem variar entre 51 e 79 dB, atingindo até 90 dB em momentos específicos, como durante o uso de equipamentos de alta potência e alarmes (Shankar *et al.*, 2001; McLaren & Maxwell-Armstrong, 2008). Esse excesso de ruído não apenas ultrapassa as diretrizes da OMS, mas também compromete a concentração e comunicação dos profissionais, influenciando negativamente a segurança e a qualidade dos cuidados oferecidos (Rahne *et al.*, 2021; Katz, 2015).

Estudos apontam que, em ambientes cirúrgicos de alta complexidade, como as maternidades, o ruído elevado impacta substancialmente as práticas cirúrgicas, colocando em risco a segurança de parturientes e recém-nascidos (Engelmann *et al.*, 2014; Tainter *et al.*, 2016). Em muitas situações, os níveis de ruído são comparáveis aos de uma rodovia movimentada, gerando estresse tanto para os profissionais quanto para os pacientes, além de afetar a precisão de procedimentos críticos. O ambiente hospitalar deveria, idealmente, promover um ambiente calmo e propício para a recuperação e a realização de procedimentos complexos, o que se torna um desafio diante do aumento de equipamentos eletrônicos e sistemas de ventilação que aumentam os níveis de ruído de fundo (Peisl S. *et al.*, 2024; Ronco, 2004; Tabaroei; Hosseini, 2017).

A exposição prolongada ao ruído hospitalar pode resultar em sintomas cumulativos, como perda auditiva, aumento da pressão arterial, fadiga e outros problemas relacionados à saúde mental dos profissionais, que são diretamente prejudicados pela falta de um ambiente acústico adequado (Topf, 2000; Fu *et al.*, 2021). Além disso, pacientes em unidades de terapia intensiva ou salas de recuperação, especialmente em hospitais de maternidade, são sensíveis aos efeitos do ruído, o que pode levar a um aumento da ansiedade e níveis de dor mais elevados, além de atrasos na recuperação pós-operatória (Coiado *et al.*, 2022; Shah, 2021). Esse contexto reforça a importância da adoção de intervenções, tanto estruturais quanto comportamentais, para mitigar os níveis de ruído, como o uso de materiais de absorção sonora e a implementação de protocolos para redução de conversas e alarmes desnecessários (Friedrich *et al.*, 2017; Loupa, 2020).

Diante deste contexto, o objetivo deste estudo foi realizar uma revisão da literatura para identificar estudos relevantes que investigam fontes de ruído, os impactos na saúde de profissionais e pacientes e as abordagens mais eficazes para o controle do ruído em centros cirúrgicos de maternidades.

2. METODOLOGIA

Esta revisão foi conduzida para compilar e analisar estudos que exploram o impacto do ruído em centros cirúrgicos hospitalares e as intervenções de controle de ruído. A pesquisa foi realizada utilizando bases de dados científicas amplamente reconhecidas, incluindo *PubMed*, *Scopus* e *Web of Science*, garantindo a inclusão de estudos relevantes e de alta qualidade sobre o tema (Alryalat; Malkawi; Momani, 2019). A escolha dessas bases de dados se justifica por sua cobertura abrangente nas áreas de ciências médicas e multidisciplinares, com ênfase em publicações sobre o ambiente hospitalar e os efeitos ambien-

tais, particularmente focados na poluição sonora em centros de saúde.

Foram incluídos estudos publicados entre os anos 2001 e 2024 nos idiomas português e inglês. Cada artigo incluído foi revisado quanto aos critérios de inclusão, como a presença de dados quantitativos sobre níveis de ruído e análises sobre os impactos na saúde de profissionais e pacientes, além de descrever intervenções de mitigação de ruído (Veneziano *et al.*, 2019). Além disso, foram excluídos estudos que não apresentassem dados robustos, priorizando aqueles que ofereciam medições acústicas consistentes e análises de intervenções acústicas em ambientes cirúrgicos

3. RESULTADO E DISCUSSÃO: REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Origem e Medição do Ruído em Centros Cirúrgicos

Os centros cirúrgicos são ambientes altamente dinâmicos, com diversas fontes de ruído, que incluem equipamentos médicos essenciais, como máquinas de ventilação, aspiradores e monitores de sinais vitais, além de alarmes, ventiladores, conversas entre a equipe e barulhos de portas e *trolleys* (Sampieri *et al.*, 2021; Chen *et al.*, 2012). Esses elementos contribuem significativamente para o ruído de fundo, aumentando a complexidade do ambiente e os desafios para a manutenção de um espaço de trabalho tranquilo e eficiente. Em um estudo conduzido em um hospital geral em Delhi, verificou-se que o ruído gerado por atividades como movimentação de *trolleys*, portas e conversas podem atingir níveis de até 95 dB(A), intensidade comparável ao ruído de um trânsito intenso e muito acima dos limites recomendados para ambientes hospitalares (Shankar *et al.*, 2001).

A medição do ruído nesses ambientes é fundamental para a compreensão de sua intensidade e para a identificação dos picos que representam os maiores riscos. Métodos de medição, como o uso de dosímetros pessoais e medidores de nível sonoro fixos, são amplamente empregados para monitorar a exposição sonora a que estão sujeitos os profissionais. Esses dispositivos registram a intensidade do ruído em intervalos regulares, fornecendo uma visão detalhada do ambiente acústico, essencial para a implementação de intervenções de mitigação (Rahne *et al.*, 2021; Christensen, 2005). Estudos realizados em centros cirúrgicos demonstraram que as medições contínuas com equipamentos como o *Norsonic 116* são capazes de identificar períodos críticos de ruído elevado, permitindo a adoção de estratégias específicas para sua redução (Mcneer; Bennett; Dudaryk, 2016).

Os níveis elevados de ruído têm implicações importantes para a segurança e a comunicação no ambiente cirúrgico. A comunicação é um aspecto crucial no trabalho em equipe dentro dos centros cirúrgicos, e o ruído excessivo pode interferir na clareza das instruções e comprometer a coordenação entre os membros da equipe (Coiado *et al.*, 2022). Pesquisas indicam que a exposição a níveis elevados de ruído aumenta o risco de erros cirúrgicos e pode prolongar o tempo de procedimentos devido à necessidade de repetições de instruções ou perda de atenção. Esse efeito é exacerbado em cenários de maternidades de alta complexidade, onde o ruído pode prejudicar diretamente o cuidado de parturientes e recém-nascidos em condições críticas (Peisl S. *et al.*, 2024; Kennedy Metz *et al.*, 2022; Oliveira; Arenas, 2012).

A literatura mostra que o monitoramento constante dos níveis de ruído e a análise das fontes específicas são essenciais para o desenvolvimento de programas de redução sonora. Além disso, a avaliação da eficácia dessas intervenções exige medições acústicas rigorosas, incluindo o uso de métricas como L_{Aeq} (Nível Médio Equivalente de Ruído) e $L_{A-Fmáx}$ (Nível Máximo de Ruído com Ponderação A), que fornecem dados precisos sobre a

exposição acumulada ao ruído e permitem a comparação com padrões recomendados, como os 35 dB estabelecidos pela Organização Mundial da Saúde (OMS) para ambientes hospitalares (Tainter *et al.*, 2016). Esse padrão é frequentemente ultrapassado em centros cirúrgicos, reforçando a necessidade de estratégias para reduzir a exposição ao ruído de fundo e proporcionar um ambiente mais seguro e focado.

As práticas de medição e monitoramento do ruído em centros cirúrgicos de maternidade incluem também o uso de alarmes visuais, que alertam a equipe sobre os níveis de ruído, incentivando práticas mais silenciosas e promovendo a conscientização sobre o impacto do som no ambiente (Engelmann *et al.*, 2014). Essas ferramentas têm sido particularmente úteis em intervenções que combinam a redução de ruído com mudanças comportamentais, promovendo um ambiente menos estressante e mais seguro para os profissionais e pacientes.

3.2 Impactos na Saúde dos Profissionais e dos Pacientes

O ruído elevado em Centros Cirúrgicos tem repercussões significativas tanto para os profissionais de saúde quanto para os pacientes. Profissionais expostos a altos níveis de ruído frequentemente apresentam aumento nos níveis de cortisol e atividade eletrodérmica, o que indica um estado de estresse elevado, impactando diretamente o bem-estar e a eficiência no desempenho das tarefas (Engelmann *et al.*, 2014). O ruído intenso afeta a comunicação dentro das equipes, comprometendo a clareza de instruções e a coordenação entre os profissionais, fatores críticos em ambientes de alta complexidade como os Centros Cirúrgicos (Sampieri *et al.*, 2021). Estudos mostram que, quando a comunicação é prejudicada, o risco de erros cirúrgicos aumenta, especialmente em procedimentos complexos que exigem precisão, como a cirurgia robótica (Siu *et al.*, 2010).

Além disso, o ruído contribui para a perda auditiva induzida em longo prazo, especialmente entre os profissionais que passam anos em ambientes ruidosos sem proteção auditiva adequada (TOPF, 2000). Essa exposição prolongada e cumulativa resulta em dificuldades de concentração e fadiga, fatores que reduzem a capacidade dos profissionais de tomar decisões precisas e rápidas, essenciais durante as cirurgias (Tainter *et al.*, 2016). Um estudo que analisou a implementação do sistema *Sound Ear*, uma tecnologia de redução e monitoramento de ruído em ambientes pediátricos, revelou que a diminuição dos níveis de ruído resultou em uma redução significativa das complicações pós-operatórias e uma melhora substancial na comunicação e eficiência da equipe (Engelmann *et al.*, 2014).

Para os pacientes, a exposição ao ruído em Centros Cirúrgicos e em unidades de terapia intensiva também é motivo de preocupação. O ruído pode aumentar os níveis de ansiedade e de dor percebida, agravando o desconforto emocional e físico durante e após os procedimentos (Loupa, 2020). Pacientes submetidos a procedimentos cirúrgicos em ambientes ruidosos também podem apresentar dificuldades no pós-operatório, incluindo um tempo de recuperação prolongado. O ruído interrompe ciclos de sono e eleva os níveis de estresse, o que pode ser especialmente prejudicial em unidades de terapia intensiva, onde a qualidade do descanso é crucial para a recuperação e a resposta imunológica (Tainter *et al.*, 2016).

Estudos relatam que os níveis de ruído em Centros Cirúrgicos geralmente variam entre 55 e 90 dB, ultrapassando as diretrizes da Organização Mundial da Saúde (OMS), que estipula um limite de 35 dB para ambientes hospitalares. Esses níveis intensos de ruído são produzidos principalmente por ventiladores, alarmes e conversas dentro das salas de cirurgia, o que torna o controle acústico um desafio contínuo (Grant *et al.*, 2020; Whitham

et al., 2023). Esse ambiente ruidoso contribui para a fragmentação da atenção e prejudica a capacidade dos profissionais de responderem de forma ágil e eficaz, especialmente em momentos críticos (Sheridan *et al.*, 2022). Em um estudo conduzido com anestesiológicos, verificou-se que o ruído excessivo aumenta a carga mental e o nível de fadiga percebida, o que pode impactar negativamente o desempenho em procedimentos longos e delicados (Yu *et al.*, 2022).

Além dos impactos fisiológicos, o ruído também compromete a segurança e o bem-estar psicológico dos profissionais de saúde, que são frequentemente submetidos a um ambiente de trabalho estressante. O ruído persistente pode gerar um efeito cumulativo de irritabilidade, fadiga e redução da capacidade cognitiva, criando um ambiente suscetível a erros e incidentes (Hasfeldt *et al.*, 2014). A implementação de programas de conscientização e treinamento tem se mostrado eficaz para reduzir os níveis de ruído, promovendo uma cultura de silêncio e respeitando a importância de um ambiente tranquilo para todos os envolvidos (Shah, 2021). Em particular, o uso de materiais de absorção sonora e a criação de protocolos para minimizar conversas e alarmes desnecessários são estratégias recomendadas para mitigar os efeitos do ruído (Friedrich *et al.*, 2017).

Assim, o controle do ruído em Centros Cirúrgicos é essencial para garantir a segurança e a qualidade do atendimento, minimizando os efeitos negativos sobre profissionais e pacientes. Dado o impacto significativo do ruído na saúde mental e física dos envolvidos, esforços contínuos para reduzir o ruído nesses ambientes devem ser priorizados, com um enfoque em intervenções estruturais e comportamentais que promovam um ambiente mais seguro e adequado para o atendimento cirúrgico.

3.3 Padrões e Recomendações Internacionais e Nacionais

A poluição sonora em Centros Cirúrgicos é uma preocupação que abrange diversos padrões e recomendações de órgãos internacionais e nacionais, destacando a importância de limitar o ruído em ambientes hospitalares. A Organização Mundial da Saúde (OMS) estabelece diretrizes que sugerem limites de 35 dB para ambientes hospitalares durante o dia e 30 dB à noite, com o intuito de promover um ambiente seguro para a recuperação dos pacientes e a saúde dos profissionais (WHO, 1999). No Brasil, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), por meio da NBR 10151, complementa essas diretrizes, reiterando a importância de manter o ruído ambiental em níveis que não causem desconforto ou estresse para os ocupantes dos hospitais (ABNT, 2019). No entanto, a prática clínica indica que esses limites são frequentemente ultrapassados em ambientes de alta intensidade, como Centros Cirúrgicos, onde os níveis de ruído podem atingir picos superiores a 90 dB, intensidades comparáveis ao trânsito urbano (Shankar *et al.*, 2001; Tainter *et al.*, 2016).

Estudos realizados em ambientes hospitalares revelam que mesmo em unidades onde intervenções como o “quiet time” (tempo de silêncio) são implementadas, o controle do ruído permanece um desafio constante. Em Unidades de Terapia Intensiva (UTI), por exemplo, a introdução de períodos de silêncio, com a redução de alarmes e conversa minimizada entre profissionais, ainda se mostrou insuficiente para atingir os limites propostos pela OMS. Isso evidencia a necessidade de abordagens mais robustas e abrangentes para o controle do ruído, envolvendo não apenas mudanças no comportamento, mas também adaptações estruturais e tecnológicas que possam minimizar a propagação sonora (Bentley *et al.*, 1977; Tainter *et al.*, 2016).

O impacto do ruído nos Centros Cirúrgicos vai além do desconforto auditivo, afetando diretamente a saúde física e mental dos profissionais. O ruído elevado tem sido associado

ao aumento dos níveis de cortisol e da pressão arterial, indicadores claros de estresse, especialmente entre os profissionais de saúde, que dependem de um ambiente calmo para desempenhar suas funções com eficácia e segurança (Hasfeldt *et al.*, 2014). A exposição contínua ao ruído elevado compromete a capacidade de concentração e aumenta o risco de erros cirúrgicos, o que torna o controle acústico uma prioridade essencial para hospitais de alta complexidade, como maternidades e UTIs cirúrgicas (Mclaren; Maxwell-Armstrong, 2008).

Para os pacientes, especialmente aqueles submetidos a procedimentos cirúrgicos, a exposição ao ruído também é prejudicial. Estudos mostram que ruídos intensos, comuns durante cesarianas e outras cirurgias, podem aumentar a ansiedade e impactar negativamente a recuperação pós-operatória. Pacientes expostos a esses níveis elevados de ruído apresentam uma maior incidência de sintomas de estresse, interrupções de sono e até mesmo um aumento na suscetibilidade a infecções devido ao impacto do estresse no sistema imunológico (Sheridan *et al.*, 2022; Loupa, 2020). A qualidade do sono é essencial para o processo de cura, e o ruído hospitalar pode interferir nesse processo, especialmente para pacientes em recuperação de procedimentos invasivos e para neonatos em maternidades, que são extremamente sensíveis ao ambiente acústico (Katz, 2014).

Além das recomendações da OMS e da ABNT, outras iniciativas internacionais apontam para a urgência de padronizar práticas de redução de ruído em ambientes de saúde. A implementação de materiais de absorção acústica nas estruturas dos Centros Cirúrgicos, como pisos e tetos acústicos, assim como o uso de equipamentos médicos de baixo ruído, são estratégias recomendadas para minimizar o impacto sonoro. Tecnologias como alarmes visuais, que substituem alarmes sonoros em áreas críticas, também têm se mostrado eficazes, promovendo um ambiente menos estressante e mais seguro (Friedrich *et al.*, 2017). Em um estudo conduzido por Engelmann *et al.* (2014), verificou-se que a utilização de programas educacionais e intervenções tecnológicas, como o *Sound Ear*, resultaram em uma diminuição perceptível nos níveis de ruído e na incidência de complicações pós-operatórias, reforçando a necessidade de um compromisso institucional com o controle acústico.

Essas intervenções devem ser complementadas por políticas e treinamentos que incentivem os profissionais a reduzirem as conversas desnecessárias e a manter um ambiente calmo, especialmente durante procedimentos delicados. A conscientização dos profissionais de saúde sobre os efeitos do ruído pode promover uma cultura de respeito ao ambiente acústico, essencial para a eficácia e segurança do atendimento hospitalar (Shah, 2021). Dessa forma, as recomendações e normas estabelecidas pela OMS e pela ABNT servem como parâmetros fundamentais para o desenvolvimento de intervenções práticas e para a criação de um ambiente hospitalar que favoreça a saúde e o bem-estar de todos os envolvidos.

3.4 Medidas e Estratégias de Redução do Ruído

Reduzir o ruído em Centros Cirúrgicos é uma medida essencial para a promoção de um ambiente seguro e eficiente. A literatura apresenta diversas estratégias para mitigar o impacto acústico nesses espaços, abrangendo desde adaptações físicas e tecnológicas até intervenções comportamentais. A aplicação de materiais de absorção acústica, como revestimentos de paredes e pisos e tetos acústicos, é uma das medidas mais utilizadas para controlar a propagação sonora em Centros Cirúrgicos. Esses materiais têm a capacidade de reduzir a reverberação e, conseqüentemente, o nível de ruído ambiental, contribuindo

para um ambiente mais tranquilo (Friedrich *et al.*, 2017). Em um estudo sobre a eficácia de tetos acústicos, foi observado que essas modificações estruturais reduziram significativamente os níveis de ruído em salas de operação, promovendo uma atmosfera mais calma para os profissionais e pacientes (Shah, 2021).

Além das adaptações físicas, o uso de tecnologias de alarme visual e dispositivos de comunicação silenciosos também é recomendado para minimizar o impacto sonoro. O sistema Silent Operating Theatre Optimization System (SOTOS), por exemplo, permite que a comunicação entre os membros da equipe seja realizada através de fones com cancelamento de ruído, reduzindo a necessidade de diálogos audíveis e minimizando o som ambiente (Friedrich *et al.*, 2017). Outro estudo demonstrou que o uso de alarmes visuais em vez de sonoros em áreas críticas reduz significativamente o ruído de fundo, ao mesmo tempo em que mantém a eficácia dos sistemas de notificação, uma intervenção especialmente eficaz em ambientes de alta complexidade, como as UTIs e Centros Cirúrgicos de maternidade (Engelmann *et al.*, 2014).

A implementação de protocolos de comunicação é outra estratégia fundamental para a redução do ruído. Protocolos que incentivam o uso de *safe phrases* e discutem o nível de ruído durante o *time-out* antes do início das cirurgias demonstraram ser eficazes na criação de uma cultura de silêncio nos Centros Cirúrgicos (Bodin, 2022). Além disso, treinamentos específicos para a equipe cirúrgica sobre a importância da redução do ruído e o impacto do som na segurança do paciente têm mostrado resultados positivos. Quando os profissionais estão conscientes dos efeitos negativos do ruído, tendem a adotar comportamentos mais silenciosos, reduzindo conversas e movimentos desnecessários durante os procedimentos (Sampieri *et al.*, 2021).

Equipamentos de proteção auditiva, como tampões e fones de ouvido com redução de ruído, também são recomendados, especialmente para os profissionais que permanecem por longos períodos em Centros Cirúrgicos. Embora essa prática ainda não seja amplamente adotada em alguns locais, estudos indicam que o uso de proteção auditiva pode reduzir o estresse induzido pelo ruído e melhorar a concentração, diminuindo o cansaço e a irritabilidade dos profissionais (McClaren; Maxwell-Armstrong, 2008). Além disso, tecnologias como o *Sound Ear*, que utiliza um indicador visual para alertar os profissionais quando o nível de ruído ultrapassa um determinado limite, mostraram-se eficazes para reforçar a cultura de silêncio e aumentar a conscientização sobre o impacto do som no ambiente (Engelmann *et al.*, 2014).

Por fim, a revisão da literatura indica que a combinação de medidas estruturais, tecnológicas e comportamentais é a abordagem mais eficaz para o controle de ruído em Centros Cirúrgicos. Intervenções que integram materiais acústicos, tecnologias de cancelamento de ruído e programas de treinamento não apenas reduzem o ruído, mas também promovem uma cultura de respeito ao ambiente cirúrgico, aumentando a segurança e o bem-estar tanto dos profissionais quanto dos pacientes (Tainter *et al.*, 2016). A adoção dessas medidas depende do comprometimento institucional com a promoção de um ambiente cirúrgico saudável, além da conscientização contínua dos profissionais sobre a importância de manter baixos os níveis de ruído.

3.4.1 Técnicas e Equipamentos de Controle

A utilização de materiais acústicos para absorção sonora e o uso de equipamentos com baixa emissão sonora são estratégias recomendadas. O Sistema SOTOS, por exemplo, permite comunicação sem ruído entre a equipe por meio de fones com cancelamento de

ruído ativo e microfones, resultando em uma redução significativa na exposição ao ruído (Friedrich et al., 2017). Intervenções mais simples, como a instalação de tetos absorventes de som e o uso de barreiras móveis, também demonstraram ser eficazes em estudos controlados (Shah, 2021).

3.4.2 Protocolos e Treinamento

Protocolos como o uso de *safe phrases* e discussões de nível de ruído durante o *time-out* antes de cirurgias foram associados a uma redução de 26% nos níveis de ruído, promovendo um ambiente menos estressante e mais seguro (Bodin, 2022). A conscientização dos profissionais sobre os impactos do ruído e a realização de treinamentos periódicos são fundamentais para promover a cultura de redução de ruído.

3.5 Análise Crítica e Lacunas na Literatura

Apesar dos avanços na compreensão dos efeitos do ruído em ambientes hospitalares e das diversas estratégias de mitigação propostas, a implementação de soluções eficazes em Centros Cirúrgicos, particularmente em ambientes de alta complexidade, ainda enfrenta vários desafios. A literatura sobre ruído hospitalar tende a se concentrar em países desenvolvidos, onde há mais recursos e infraestrutura para adaptações estruturais e tecnológicas (Shankar et al., 2001). Em contraste, há uma notável escassez de estudos que abordem o contexto de países em desenvolvimento, como o Brasil, especialmente em regiões com infraestrutura hospitalar mais limitada. Isso representa uma lacuna significativa, pois as estratégias e intervenções desenvolvidas em contextos de alta renda podem não ser viáveis em locais com restrições orçamentárias e estruturais (TOPF, 2000).

Estudos em ambientes hospitalares brasileiros são raros, mas fundamentais para compreender as necessidades específicas de Centros Cirúrgicos locais. Pesquisas futuras devem explorar adaptações de baixo custo que sejam eficazes na redução do ruído, sem exigir reformas estruturais extensivas, as quais frequentemente são economicamente inviáveis para hospitais em áreas menos desenvolvidas. Intervenções como o uso de materiais acústicos de baixo custo, o treinamento da equipe para minimizar conversas desnecessárias e o uso de alarmes visuais em substituição aos alarmes sonoros são potenciais áreas de exploração (Vreman et al., 2023). Essas soluções podem oferecer um impacto significativo no ambiente acústico hospitalar com um custo menor.

Outro desafio destacado na literatura é a variabilidade nas metodologias de medição e análise do ruído hospitalar, o que dificulta a comparação entre os estudos. A análise acústica de ambientes hospitalares geralmente utiliza métricas como L_{Aeq} (nível equivalente de ruído contínuo) e L_{AFmax} (nível máximo de ruído ajustado pela ponderação A) para avaliar a exposição ao ruído de forma mais precisa e representativa do ambiente real. No entanto, a falta de padronização no uso dessas métricas e nas técnicas de coleta de dados reduz a confiabilidade dos resultados comparativos e dificulta a formulação de diretrizes internacionais aplicáveis a diferentes contextos hospitalares (Passos; Fiorini, 2022).

Os estudos selecionados para esta revisão apresentam uma variedade de metodologias para medir e avaliar os níveis de ruído, incluindo medidores de nível sonoro de precisão, como o *Norsonic 116*, utilizado para registros detalhados dos níveis de ruído em intervalos regulares em ambientes clínicos (Christensen, 2005). Outra metodologia comumente empregada nos estudos foi a coleta de dados observacionais simultâneos, correlacionando a

presença de pessoal e o aumento dos níveis de ruído nos Centros Cirúrgicos, destacando a influência da movimentação e do uso de equipamentos médicos como fontes principais de ruído (Mcneer; Bennett; Dudaryk, 2016).

Entre os métodos utilizados para quantificar os efeitos do ruído, estudos incluíram a avaliação de cortisol salivar e outros biomarcadores de estresse em profissionais de saúde, uma vez que o estresse induzido pelo ruído tem sido associado ao aumento de complicações em pacientes e ao impacto no desempenho da equipe médica (Engelmann *et al.*, 2014). Por exemplo, um estudo controlado realizado em um centro cirúrgico pediátrico demonstrou que uma intervenção com medidores de ruído visuais e treinamento resultou em uma redução média de 3 dB no nível de ruído e em uma diminuição significativa de estresse entre os profissionais envolvidos (Ukegjini *et al.*, 2020).

A análise dos dados incluiu estudos com intervenções estruturais e comportamentais, desde materiais acústicos que absorvem o som até protocolos de treinamento da equipe para reduzir conversas não essenciais durante procedimentos cirúrgicos (Vreman *et al.*, 2023). Esses estudos variam em suas abordagens, desde modelos experimentais até ensaios clínicos observacionais em ambientes hospitalares reais, fornecendo um panorama das melhores práticas para mitigação de ruído. A aplicação de dispositivos visuais de alerta, como os medidores de ruído ativados por som, mostrou-se eficaz para reduzir níveis de ruído em cirurgias viscerais, contribuindo para um ambiente mais seguro e menos estressante para os profissionais (Baltin *et al.*, 2020).

Por fim, para aumentar a validade dos resultados, foram incluídos estudos que utilizam registros detalhados de medições acústicas, permitindo comparações entre diferentes tipos de procedimentos e ambientes hospitalares. Esses dados permitiram uma análise comparativa entre os níveis de ruído em diferentes cenários cirúrgicos, reforçando a necessidade de intervenções personalizadas para cada tipo de ambiente (Sampieri *et al.*, 2021).

Estudos recentes enfatizam a importância de medições contínuas do ruído hospitalar, especialmente em Centros Cirúrgicos, onde a intensidade sonora varia significativamente ao longo do dia e durante os diferentes procedimentos. A coleta de dados de maneira contínua permite uma análise mais detalhada dos padrões de ruído, facilitando a identificação de picos e períodos de silêncio que podem ser otimizados para melhorar o ambiente acústico (Coiado *et al.*, 2022). Entretanto, a implementação de sistemas de monitoramento contínuo de ruído requer investimento em equipamentos e tecnologias que nem todos os centros hospitalares possuem. Esse é um desafio prático que demanda soluções acessíveis e adaptadas ao contexto de cada hospital.

Além disso, a pesquisa atual muitas vezes negligencia o impacto psicológico e emocional do ruído, focando predominantemente nos efeitos físicos e no desempenho da equipe. Estudos sugerem que o ruído hospitalar elevado não só interfere no descanso e na recuperação dos pacientes, mas também contribui para o aumento da ansiedade e do estresse, afetando tanto pacientes quanto profissionais de saúde. Uma abordagem mais holística que aborde os efeitos psicológicos do ruído e inclua variáveis como a satisfação do paciente e o bem-estar emocional dos profissionais poderia enriquecer a literatura existente (Loupa, 2020).

Por fim, o desenvolvimento de diretrizes específicas para cada tipo de unidade hospitalar, como UTIs, Centros Cirúrgicos e maternidades, é uma necessidade identificada na literatura. Ambientes com diferentes características e exigências operacionais exigem estratégias de mitigação de ruído distintas e personalizadas. A criação de diretrizes específicas pode facilitar a implementação de medidas de controle de ruído que sejam mais

eficazes e adaptadas às necessidades dos profissionais e pacientes, promovendo um ambiente mais seguro e adequado para a prática de cuidados de saúde (McLaren & Maxwell-Armstrong, 2008).

Em resumo, embora existam estratégias promissoras para a mitigação de ruído em Centros Cirúrgicos, a literatura evidencia a necessidade de mais pesquisas adaptadas a contextos variados, com ênfase em soluções economicamente viáveis e adaptáveis.

4. CONCLUSÃO

A exposição ao ruído em Centros Cirúrgicos representa um grave problema, com impactos profundos na saúde e segurança de pacientes e profissionais. Nesta revisão, identificaram-se evidências de que o excesso de ruído hospitalar compromete a qualidade do atendimento e eleva os riscos de complicações durante e após os procedimentos. Para os profissionais, a exposição ao ruído tem sido associada ao aumento do estresse, prejuízo na comunicação e até perda auditiva, enquanto os pacientes enfrentam níveis aumentados de ansiedade, dor e complicações na recuperação, especialmente em unidades de terapia intensiva e maternidades de alta complexidade (Peisl S. et al., 2024; Engelmann *et al.*, 2014; Sheridan *et al.*, 2022).

A literatura também evidencia a importância de medidas práticas para a redução do ruído em ambientes hospitalares, especialmente em Centros Cirúrgicos. Intervenções como o uso de materiais de absorção acústica, alarmes visuais e protocolos de comunicação são essenciais para minimizar a poluição sonora. Adaptações físicas, como a instalação de tetos acústicos e o uso de divisórias, bem como a adoção de tecnologias que promovem a comunicação silenciosa, como o sistema SOTOS, resultam em uma redução significativa dos níveis de ruído, melhorando o ambiente para todos (Friedrich *et al.*, 2017).

Além das adaptações físicas e tecnológicas, o treinamento e a conscientização da equipe são fundamentais. A implementação de programas de treinamento que enfatizam a importância do silêncio e a adoção de práticas como o *quiet time* têm demonstrado resultados positivos, promovendo uma cultura de redução do ruído e um ambiente hospitalar mais seguro e eficiente (Tainter *et al.*, 2016; Hasfeldt *et al.*, 2014). Esses programas não apenas reduzem o ruído, mas também melhoram a comunicação e reduzem o estresse ocupacional, beneficiando diretamente a saúde mental e física dos profissionais e dos pacientes.

Entretanto, esta revisão aponta para lacunas significativas na literatura, especialmente no que diz respeito à aplicação dessas intervenções em contextos de países em desenvolvimento, onde as limitações orçamentárias e estruturais dificultam a implementação de medidas robustas. Poucos estudos abordam as necessidades e as condições de hospitais em regiões menos desenvolvidas, como no Brasil, onde adaptações econômicas e contextuais são necessárias para promover uma redução efetiva do ruído sem onerar o sistema de saúde. (Loupa, 2020; Passos; Fiorini, 2022).

Finalmente, identificou-se a necessidade de uma abordagem integrada, combinando intervenções estruturais, tecnológicas e comportamentais para o controle eficaz do ruído em Centros Cirúrgicos. A adoção de estratégias adequadas ao contexto local é fundamental para garantir um ambiente hospitalar que promova a segurança, a saúde e o bem-estar de todos os envolvidos, desde os profissionais até os pacientes.

Referências

- Alryalat, S. A.; Malkawi, L.; Momani, S. Comparing Bibliometric Analysis Using PubMed, Scopus, and Web of Science Databases. **Journal of Visualized Experiments**, v. 152, 2019.
- Baltin, C.; Wilhelm, H.; Wittland, M.; Hoelscher, A. H.; Stippel, D.; Astvatsatourov, A. Noise patterns in visceral surgical procedures: Analysis of second-by-second dBA data of 599 procedures over the course of one year. **Scientific Reports**, v. 10, 2020.
- Bentley, S.; Murphy, F.; Dudley, H. Perceived noise in surgical wards and an intensive care area: an objective analysis. **British Medical Journal**, v. 2, n. 6101, p. 1503-1506, 1977.
- Bodin, J. E. Excessive noise in the operating room: Can it be improved? **Journal of Perioperative Nursing**, 2022.
- Chen, L.; Brueck, S.; Niemeier, M. T. Evaluation of potential noise exposures in hospital operating rooms. **AORN Journal**, v. 96, n. 4, p. 412-418, 2012.
- Christensen, M. Noise levels in a general surgical ward: a descriptive study. **Journal of Clinical Nursing**, v. 14, n. 2, p. 156-164, 2005.
- Coiado, O.; VERgara, F.; VERGARA, L. L. G. Noise Pollution in Hospitals and its Impacts on the Health Care Community and Patients. **The Journal of the Acoustical Society of America**, 2022.
- Engelmann, C.; Neis, J.; Kirschbaum, C.; Grote, G.; Ure, B. A Noise-Reduction Program in a Pediatric Operation Theatre. **Annals of Surgery**, v. 259, n. 5, p. 1025-1033, 2014.
- Friedrich, M.; Boos, M.; PAGEL, M.; Thormann, T.; Berakdar, A.; Russo, S.; Tirilomis, T. Silent Operating Theatre Optimisation System. **BMJ Innovations**, v. 3, p. 196-205, 2017.
- Grant, D. et al. Noise in the operating theatre and its impact on surgical performance. **British Journal of Surgery**, v. 107, n. 8, p. e276, 2020.
- Hasfeldt, D. et al. Reducing noise levels in the OR with staff training. **AORN Journal**, v. 99, n. 4, p. 517-528, 2014.
- Katz, J. D. Noise in the operating room. **The Journal of Clinical Anesthesia**, v. 26, n. 2, p. 85-92, 2014.
- Kennedy Metz, G.; Kozhimannil, K. B. Operating Room Design and Patient Safety. **Current Anesthesiology Reports**, 2022.
- Loupa, G. Influence of Noise on Patient Recovery. **Current Pollution Reports**, v. 6, p. 1-7, 2020.
- Mclaren, E.; Maxwell-Armstrong, C. Noise pollution on an acute surgical ward. **Annals of the Royal College of Surgeons of England**, v. 90, n. 2, p. 136-139, 2008.
- Mcneer, R.; Bennett, C.; Dudaryk, R. Intraoperative Noise Increases Perceived Task Load and Fatigue in Anesthesiology Residents: A Simulation-Based Study. **Anesthesia & Analgesia**, v. 122, p. 2068-2081, 2016.
- Oliveira, J.; Arenas, G. Effects of noise pollution in surgical centers. **Noise and Health**, v. 14, n. 57, p. 287-291, 2012.
- Passos, P. A.; Fiorini, C. F. Measurement of sound levels in hospital settings. **Noise and Vibration Worldwide**, 2022.
- Peisl S., Sánchez-Taltavull D., Guillen-Ramirez H., Tschan F., Semmer N.K., Hübner M., Demartines N., Wrann S.G., Gutknecht S, Weber M., Candinas D., Beldi G., Keller S. Noise in the operating room coincides with surgical difficulty. **BJS Open**. 8 (5), 2024.
- Rahne T., Fröhlich L., Plontke S., Wagner L. Influence of surgical and N95 face masks on speech perception and listening effort in noise. **PLoS One**. 16, 7, 2021
- Ronco, C. Hospital Acoustic Pollution: Seeking "The Sound of Silence". **The International Journal of Artificial Organs** v. 27, p. 259-260, 2004.
- Shah, S. Reducing Noise Pollution on a Surgical Ward. **The British Journal of Surgery**, v. 108, 2021.
- Shankar, N.; Malhotra, K. L.; Ahuja, S.; Tandon, O. P. Noise Pollution: A Study of Noise Levels in the Operation Theatres of a General Hospital During Various Surgical Procedures. **Journal of the Indian Medical Association**, v. 99, n. 5, p. 244-247, 2001.
- Sheridan, M.; Pickering, L. Noise impact on healthcare delivery: A review. **International Journal of Environmental Health Research**, 2022.

Siu, K. C.; Marshall, S. P.; Kasiak, D.; Proctor, R. W.; Perry, C. M. Effects of Operating Room Noise on Task Performance. **Anesthesiology**, v. 112, n. 3, p. 514-518, 2010.

Tainter, C.; Levine, A. R.; Quraishi, S.; Butterly, A.; Stahl, D.; Eikermann, M.; Lee, J. Noise Levels in Surgical ICUs Are Consistently Above Recommended Standards. **Critical Care Medicine**, v. 44, p. 147-152, 2016.

Topf, M. Hospital Noise Pollution: An Environmental Stress Model to Guide Research and Clinical Interventions. **Journal of Advanced Nursing**, v. 31, n. 3, p. 520-528, 2000.

Ukagini, K.; Kastunig, T.; Widmann, B.; Warschkow, R.; Steffen, T. Impact of intraoperative noise measurement on surgeon stress and patient outcomes. **Surgery**, 2020.

Veneziano, D.; Tafuri, A.; Rivas, J.; Dourado, A.; Okhunov, Z.; Somani, B.; Marino, N.; Fuchs, G.; Cacciamani, G. Is remote live urologic surgery a reality? Evidences from a systematic review of the literature. **World Journal of Urology**, v. 38, n. 10, p. 2367-2376, 2019.

Vreman, R. J.; Lopes, F.; Philips, A. C.; Matthews, R. Noise Management in Healthcare Environments: Guidelines and Recommendations. **The Journal of Health Acoustics**, 2023.

Whitham, D. et al. Reducing OR Noise: Impacts on Team Communication. **Journal of Nursing Management**, 2023.

Yu, C.; Zhang, W.; Cai, L. The impact of intraoperative noise on anesthesia performance. **Journal of Clinical Anesthesia**, v. 75, 2022.

14

ADESÃO DO EXERCÍCIO FÍSICO EM PACIENTES DIABÉTICOS: UMA REVISÃO INTEGRATIVA

ADHERENCE TO PHYSICAL EXERCISE IN DIABETIC PATIENTS: AN INTEGRATIVE REVIEW

Edmilla Pinheiro Araújo¹

Lívia Victória Carvalho de Lima¹

Maria do Perpétuo Socorro Raposo Martins Costa¹

Pedro Henrique Bringel Lima¹

Pedro Lopes Aragão Filho¹

Saulo Andrada Cantanhede Silva¹

Karilenne de Sousa Pinto²

Janaina Maiana Abreu Barbosa³

Adriana Sousa Rêgo⁴

Flor de Maria Araujo Mendonça Silva⁵

-
- 1 Discente em Medicina, Universidade CEUMA, São Luís, MA
2 Discente em Fisioterapia, Universidade CEUMA, São Luís, MA
3 Docente em Nutrição, Universidade CEUMA, São Luís, MA
4 Docente em Fisioterapia, Universidade CEUMA, São Luís, MA
5 Docente em Medicina, Universidade CEUMA, São Luís, MA

Resumo

DM 2 é considerado um problema de saúde pública, uma epidemia ainda em ascensão que segue em paralelo com a obesidade. Em 2015, o Brasil foi classificado como o quarto país com maior número de pessoas com DM entre 20 e 79 anos de idade. Os mecanismos que ligam o exercício físico à prevenção e ao tratamento do DM envolvem, principalmente, a redução da adiposidade corporal, a melhora da sensibilidade à insulina, além do aumento do gasto energético, da força muscular e da capacidade cardiorrespiratória. Entretanto, apesar do exercício físico ser o elemento chave para a prevenção e administração do DM, a maioria dos indivíduos com essa condição não praticam uma atividade física regular. Nessa dimensão, este estudo apresenta a partir de uma revisão integrativa os fatores que facilitam ou dificultam a continuidade da prática de exercício físico em pacientes com diabetes. Foram realizadas buscas nas bases de dados da área das ciências da saúde, como: UpToDate, PubMed e Scientific Electronic Library Online (SciELO) e no Brazilian Journal of Development, para compreender os fatores que facilitam ou dificultam a continuidade da prática de exercício físico em pacientes com diabetes. O recorte temporal foi eleito de forma aleatória e o levantamento de dados ocorreu entre publicações de 2019 a 2024. Elegeu-se como descritores em ciências da saúde com representação ao tema de estudo os termos “Diabetes” e “Physical exercise”. O material catalogado recebeu tratamento de filtragem para escolha daqueles com abordagens mais relevantes, de onde, a partir de inúmeros referenciais catalogados, foram selecionados como amostra 08 (oito) artigos de um total de 37 que foram selecionados com tendências à mesma abordagem. Ao final, a análise dos materiais refere os fatores facilitadores e influenciadores na prática do exercício físico em pacientes com diabetes.

Palavras-chave: Diabetes. Pacientes. Fatores. Predisposições.

Abstract

DM 2 is considered a public health problem, an epidemic that is still on the rise and parallels obesity. In 2015, Brazil was ranked as the fourth country with the highest number of people with DM between the ages of 20 and 79. The mechanisms that link physical exercise to the prevention and treatment of DM involve, mainly, the reduction of body adiposity, the improvement of insulin sensitivity, in addition to the increase in energy expenditure, muscle strength and cardiorespiratory capacity. However, although physical exercise is the key element for the prevention and management of DM, most individuals with this condition do not practice regular physical activity. In this dimension, this study presents, based on an integrative review, the factors that facilitate or hinder the continuation of the practice of physical exercise in patients with diabetes. Searches were carried out in health sciences databases, such as: UpToDate, PubMed and Scientific Electronic Library Online (SciELO) and in the Brazilian Journal of Development, to understand the factors that facilitate or hinder the continuation of the practice of physical exercise in patients with diabetes. The time frame was chosen randomly and data collection was carried out between publications from 2019 to 2024. The terms “Diabetes” and “Physical exercise” were chosen as descriptors in health sciences that represent the study theme. The cataloged material was filtered to select those with the most relevant approaches, from which, from numerous cataloged references, 08 (eight) articles were selected as a sample from a total of 37 that were selected with tendencies towards the same approach. At the end, the analysis of the materials refers to the facilitating and influencing factors in the practice of physical exercise in patients with diabetes.

Keywords: Diabetes. Patients. Factors. Predispositions.



1. INTRODUÇÃO

O Diabetes *Mellitus* (DM) é uma síndrome decorrente da deficiência e/ou redução da ação biológica da insulina, promovendo um quadro de hiperglicemia¹. Estima-se que atualmente mais de 12 milhões de brasileiros são portadores desta doença², acarretando gastos públicos elevados no Brasil (Azambuja *et al.*, 2020).

Um dos tratamentos não medicamentosos para prevenção e controle do DM mais eficientes e com custo reduzido é o exercício físico. Uma vez que, seus efeitos positivos contemplam os três principais objetivos de programas de saúde para diabéticos: valores ótimos de pressão arterial, glicemia e lipemia (American College Of Sports Medicine, 2020).

O exercício físico é um elemento chave para prevenção e controle do DM, pois pode prevenir ou controlar a Diabetes, proporcionando efeitos positivos na lipidemia, pressão sanguínea, eventos cardiovasculares, controle de peso, mortalidade e qualidade de vida (American College Of Sports Medicine, 2021).

Além disso, o exercício contribui não só com os perfis fisiológicos, mas de uma forma muito interessante, ele contribui com o bem-estar psicológico controlando ou atenuando a ansiedade o que indiretamente sabe-se que interfere diretamente no controle do peso (Nieman, 2019).

O declínio da capacidade física contribui com um declínio físico e cognitivo e esses fatores podem afetar ou serem afetados pelo DM, o que explica o fato de diabéticos terem depressão duas vezes mais do que indivíduos sem essa patologia (American College Of Sports Medicine, 2020).

O exercício físico torna-se necessário também para os idosos, com o objetivo de diminuir a gordura, aumentar a densidade óssea, reduzir os níveis de queda, aumentar a força muscular, diminuir os riscos de doença cardiovascular (DCV), pressão arterial (PA) média e frequência cardíaca (FC) de repouso e aumentar a flexibilidade (Fechio; Malerb, 2022).

Porém, por mais que se conheçam os benefícios do exercício físico, boa parte dos idosos com diabetes tipo 2 não pratica nenhum exercício físico regular, pois para se manter ativo na prática são necessários altos índices de motivação (Albuquerque *et al.*, 2022).

A prática do exercício físico é influenciada por fatores de natureza positiva e negativa. Os positivos são chamados de fatores facilitadores, que se caracterizam por auxiliar a prática de exercícios físicos, como gostar da atividade realizada ou ter uma indicação médica. Já os negativos, os que atrapalham ou dificultam essa prática são chamados de barreiras, que podem ser internas, referentes ao pensamento individual, ao constrangimento; ou externas, relacionadas às imposições da sociedade, ao trabalho e distância do local da prática (Cazarini *et al.*, 2022).

2. MÉTODOS

Este estudo apresenta a partir de uma revisão integrativa os fatores que facilitam ou dificultam a continuidade da prática de exercício físico em pacientes com diabetes. Foram realizadas buscas nas bases de dados da área das ciências da saúde, como: UpToDate, PubMed e Scientific Electronic Library Online (SciELO) e no Brazilian Journal of Development, para compreender os fatores que facilitam ou dificultam a continuidade da prática de exercício físico em pacientes com diabetes.

O recorte temporal foi eleito de forma aleatória e o levantamento de dados ocorreu entre publicações de 2019 a 2024. Elegeu-se como descritores em ciências da saúde com representação ao tema de estudo os termos “Diabetes” e “Physical exercise”.

O material catalogado recebeu tratamento de filtragem para escolha daqueles com abordagens mais relevantes, de onde, a partir de inúmeros referenciais catalogados, foram selecionados como amostra 08 (oito) artigos de um total de 37 que foram selecionados com tendências à mesma abordagem.

Os critérios de exclusão de inclusão levaram em consideração a cientificidade do material escolhido e a satisfação pelos resultados obtidos a partir de uma leitura criteriosa dos textos, além da dimensão e relevância da publicação na apresentação dos fatores que facilitam ou dificultam a continuidade da prática de exercício físico em pacientes com diabetes.

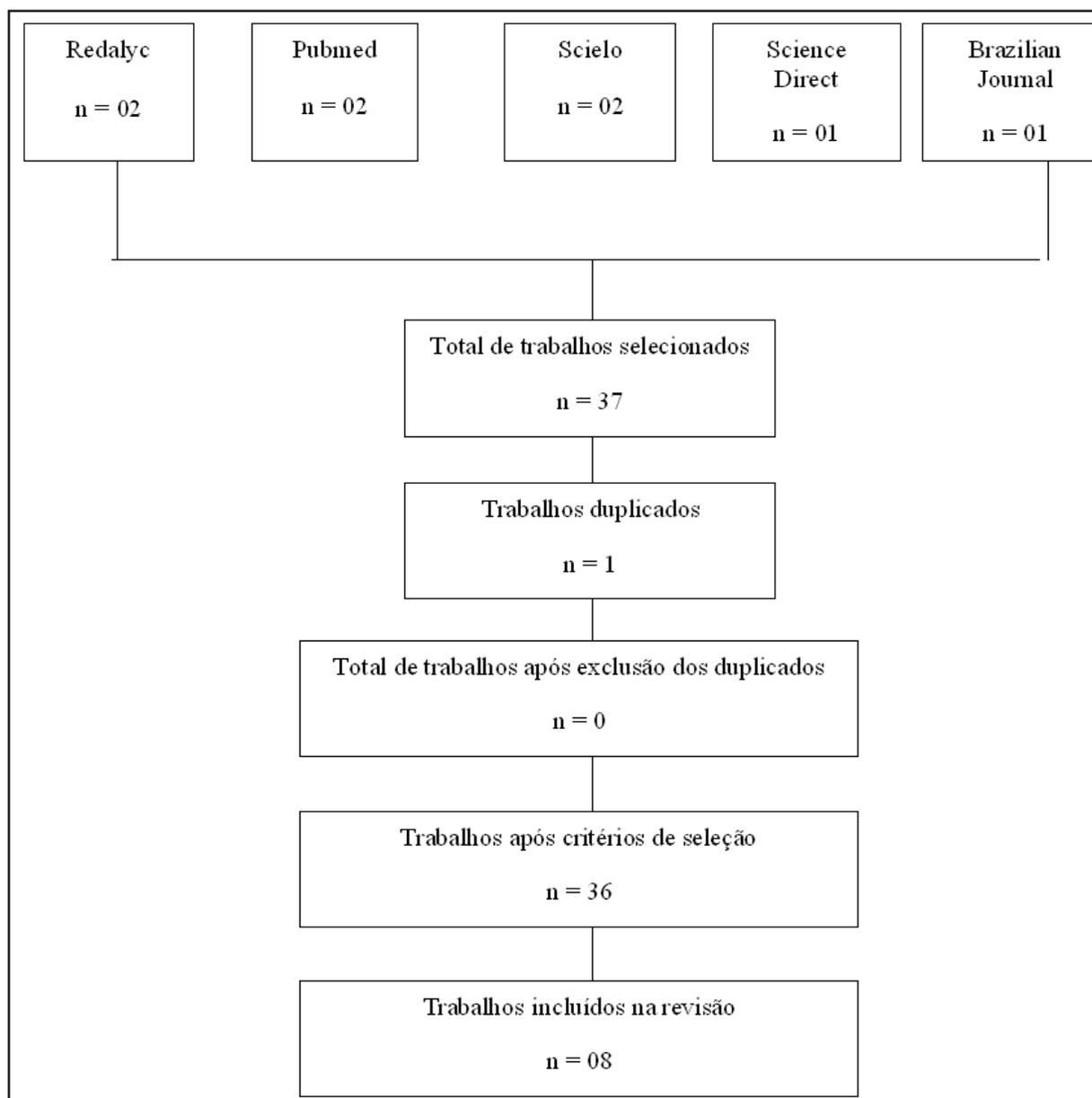
O material selecionado, excluídos aqueles que não atenderam aos requisitos básicos de cientificidade e de apresentação do tema do estudo, encontra-se registrado neste trabalho e apresentado de acordo com os indicadores que revelam o nome dos autores, ano de publicação, títulos, objetivo específico, tipo de estudo e resultados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A busca realizada através da revisão integrativa de literatura apresentou um quantitativo de 37 publicações durante a pesquisa nas bases de dados referenciadas de acordo com critérios específicos de levantamento de dados e informações. Após a busca e apropriação dos temas e dos resumos dos trabalhos com a leitura realizada se pode identificar que dentre os 37 trabalhos publicados e considerando a dificuldades de estudos e dos resultados sobre fatores que facilitam ou dificultam a continuidade da prática de exercício físico em pacientes com diabetes, incluir na revisão integrativa 08 (oito) publicações como amostra descartando-se 31 (trinta e um) mediante os critérios de exclusão, de onde se encontram apresentados em um fluxograma de seleção de estudos (Figura 1).

A busca nas bases de dados possibilitou o acesso a 02 trabalhos da Scielo, 02 trabalhos da PubMed, 02 trabalhos da Redalyc, 01 trabalho da Science Direct e 01 trabalho na base do Brazilian Journal of Development, Após a leitura, os trabalhos selecionados foram alocados na Tabela I deste estudo.

Figura 1. Fluxo de escolha dos trabalhos nas bases de dados com apresentações sobre os fatores que facilitam ou dificultam a continuidade da prática de exercício físico em pacientes com diabetes no período entre 2019 e 2014.



Fonte: Autores (2024).

Quadro I. Estudos realizados associando exercício físico com DM II

Ano	Autores	Títulos	Objetivo específico	Tipo de estudo	Resultados
2019	Dantas, I. V, et al.	Fatores de adesão e permanência de idosos com diabetes tipo 2 a um programa de exercício físico	Identificar os fatores que influenciam idosos com diabetes tipo 2 a praticarem exercícios físicos.	Estudo descritivo e analítico, transversal quantitativo.	Os motivos para aderir a um programa de exercício físico foram indicação de amigos e familiares, intenção de melhorar a autoestima ou a autoimagem, indicação médica; e os motivos para permanecer ativo foram aliviar tensão, fazer amigos, desenvolver competências, queimar calorias, manter a flexibilidade.
2020	Freitas, C.M.S, et al.	Aspectos motivacionais que influenciam a adesão e manutenção de idosos a programas de exercícios físicos.	Identifica, classifica e discute os aspectos socioculturais e educativos ligados à saúde e a qualidade de vida do idoso, estabelecendo relações com os motivos de adesão e permanência, na prática regular de exercícios físicos, realizados em espaços públicos	Descritivo, quanti-qualitativo, de campo.	Com esses indicadores, promover programas voltados à promoção da saúde e das necessidades dos idosos fará jus a uma população que tem motivos suficientes para sair do sedentarismo.
2019	Kolchraiber, F.C, et al.	Nível de atividade física em pessoas com diabetes mellitus tipo 2	Comparar o nível de atividade física realizada por pessoas com diabetes mellitus tipo 2 na atenção básica e unidade especializada.	Estudo descritivo, de corte transversal, com análise comparativa	O estilo de vida tem se destacado como importante causa para as principais doenças crônicas, como o diabetes mellitus tipo 2, por causar alterações fisiológicas crônicas que tendem a se agravar à medida que o indivíduo envelhece. Melhor desempenho no nível de atividade física e melhor controle glicêmico de pessoas acompanhadas em centro especializado. Deve-se considerar ações de educação

<p>2020</p>	<p>Ryan RM, Deci et al.</p>	<p>Intrinsic and extrinsic motivations: classic definition and new direction</p>	<p>Estabelecer relações entre os fatores motivacionais intrínsecos e extrínsecos na adesão e aderência ao exercício físico</p>	<p>Revisão integrativa de literatura</p>	<p>Tipos de motivação intrínseca e extrínseca têm sido amplamente estudados, e a distinção entre eles lançou luz importante sobre práticas de desenvolvimento e educacionais. A motivação intrínseca continua sendo um construto importante, refletindo a propensão humana natural para aprender e assimilar. No entanto, argumenta-se que a motivação extrínseca varia consideravelmente em sua autonomia relativa e, portanto, pode refletir controle externo ou verdadeira autorregulação.</p>
<p>2020</p>	<p>Ryan RM, Deci et al.</p>	<p>Intrinsic and extrinsic motivations: classic definition and new direction. Contemp Educ</p>	<p>Estabelecer relações entre os fatores motivacionais intrínsecos e extrínsecos na adesão e aderência ao exercício físico</p>	<p>Revisão integrativa de literatura</p>	<p>Os achados demonstraram que os fatores facilitadores para a adesão ao exercício físico foram: indicação de amigos e familiares, intenção de melhorar a autoestima ou a autoimagem, indicação médica e suspensão do uso da insulina. Quando se trata dos fatores facilitadores para permanência na prática do exercício, pôde-se observar que os principais motivos foram aliviar a tensão, fazer novos amigos, desenvolver competências pessoais, queimar calorias, manter flexibilidade do músculo, conseguir coisas que os outros não são capazes, ter objetivos a atingir e o fato de o exercício físico ser gratificante para os idosos que o realiza.</p>

2023	Ruas, Vitor de Carvalho & Filho, José Antônio Batista.	O efeito do exercício físico no controle glicêmico em pacientes Diabéticos Mellitus tipo II: uma revisão de literatura	Compreender o efeito e a importância do exercício físico no controle glicêmico em pacientes portadores de DM II.	Revisão de literatura.	Constatou-se que é necessária uma educação em saúde para a população para a conscientização das vantagens da atividade física e um acolhimento do profissional de saúde, individualizando a conduta terapêutica farmacológica associada com mudanças nos hábitos de vida e atividades físicas regulares, para que assim haja uma melhor adesão ao tratamento.
2023	Pan B, Ge L, Xun YQ, Chen YJ, Gao CY, Han X, et al.	Exercise training modalities in patients with type 2 diabetes mellitus: a systematic review and network meta-analysis.	Avaliar o impacto comparativo de diferentes modalidades de treinamento de exercícios no controle glicêmico, fatores de risco cardiovascular e perda de peso em pacientes com DM2	Ensaio clínico randomizados (ECRs) que comparassem as diferenças entre diferentes modalidades de treinamento físico para pacientes com DM2	Comparado com exercícios aeróbicos supervisionados ou exercícios de resistência supervisionados sozinhos, os exercícios combinados mostraram melhora mais pronunciada nos níveis de HbA1c; no entanto, houve uma melhora menos acentuada em alguns fatores de risco cardiovascular. Em termos de perda de peso, não houve diferenças significativas entre os exercícios combinados, aeróbicos supervisionados e de resistência supervisionados.
2022	Godoy RF.	Benefícios do exercício físico sobre a área emocional.	Verificar a influência da atividade física sobre a qualidade de vida de participantes e não participantes de um Programa de Atividade Física, atendidos nas Unidades Básicas de Saúde da Família, no município de Campo Grande (MS).	Quantitativo com aporte de dados estatísticos.	Os resultados demonstraram diferença estatisticamente significativa entre os grupos, com valores melhores a favor da população praticante de atividade física. Foi possível concluir que tal prática pode contribuir para a melhora da qualidade de vida em programas de promoção da saúde, como o Estratégia Saúde da Família.

Fonte: Autores (2024).

Os trabalhos que serviram como referência para a construção da revisão integrativa da literatura, ao serem submetidos a uma leitura cautelosa para maior compreensão dos seus conteúdos, possibilitou um entendimento sistematizado sobre os fatores que facilitam ou dificultam a continuidade da prática de exercício físico em pacientes com diabetes considerando-se fatores positivos e negativos, intrínsecos e extrínsecos e aqueles de derivados de questões emocionais, sociais, físicos, demográficos onde são influenciados por fatores de natureza positiva e negativa.

Nessa perspectiva, o que nesta discussão se chama de fatores positivos ou facilitadores são aqueles que integram os pacientes com diabetes mellitus à rotina do exercício físico, que se caracterizam por auxiliar a prática de exercícios físicos, como gostar da atividade realizada ou ter uma indicação médica. Já os negativos, os que atrapalham ou dificultam essa prática são chamados de barreiras, que podem ser internas, referentes ao pensamento individual, ao constrangimento; ou externas, relacionadas às imposições da sociedade, ao trabalho e distância do local da prática e aos custos (Ryan; Deci, 2000).

As análises e discussões dos materiais remetem a tipos de estudos variados o que proporciona conhecer todas as possibilidades de acesso à obtenção dos dados nas diversas bases, além de que se possa ir ao encontro do objetivo principal deste trabalho que é o de apresentar a partir de uma revisão integrativa os fatores que facilitam ou dificultam a continuidade da prática de exercício físico em pacientes com diabetes.

Os estudos descritivos, analíticos, transversais, quantitativos e qualitativos, de corte transversal e ensaios clínicos randomizados (Dantas *et al.*, 2019; Freitas, 2020; Kolchraiber *et al.*, 2019; Ryan; Deci, 2000; Ruas, 2023; Pan *et al.*, 2023) possibilitaram o acesso aos mais diversos fatores que facilitam ou dificultam a continuidade da prática de exercício físico em pacientes com diabetes.

Nesse contexto, os de natureza analítica transversal ao identificarem os fatores que influenciam idosos com diabetes tipo 2 a praticarem exercícios físicos, revelam que entre os pacientes do estudo, os motivos para aderirem a um programa de exercício físico, aderiram por indicação de amigos e familiares com a intenção de melhorarem a autoestima ou a autoimagem, e também por indicação médica; e os motivos para permanecer ativo foram aliviar tensão, fazer amigos, desenvolver competências, queimar calorias, manter a flexibilidade (Dantas, *et al.*, 2019).

O estudo descritivo com abordagem qualiquantitativa no formato de estudo de campo, pesquisado por Freitas *et al.*, (2020) revelou que a partir dos aspectos motivacionais que influenciam a adesão e manutenção de idosos aos programas de exercícios físicos, promover programas voltados à promoção da saúde e das necessidades dos idosos fará jus a uma população que tem motivos suficientes para sair do sedentarismo.

Na análise do trabalho de Kolchraiber (2019) sobre o “Nível de atividade física em pessoas com diabetes mellitus tipo 2”, formato de estudo descritivo, de corte transversal, com análise comparativa, encontrou que o estilo de vida tem se destacado como importante causa para as principais doenças crônicas, como o diabetes mellitus tipo 2, por causar alterações fisiológicas crônicas que tendem a se agravar à medida que o indivíduo envelhece. Melhor desempenho no nível de atividade física e melhor controle glicêmico de pessoas acompanhadas em centro especializado.

Em estudo que teve como objetivo estabelecer relações entre os fatores motivacionais intrínsecos e extrínsecos na adesão e aderência ao exercício físico a partir de uma revisão integrativa da literatura (Ryan; Deci, 2000) constituído a partir de uma revisão integrativa da literatura destacou que os tipos de motivação intrínseca e extrínseca têm sido amplamente estudados, e a distinção entre eles lançou luz importante sobre práticas de

desenvolvimento e educacionais. A motivação intrínseca continua sendo um construto importante, refletindo a propensão humana natural para aprender e assimilar. No entanto, argumenta-se que a motivação extrínseca varia consideravelmente em sua autonomia relativa e, portanto, pode refletir controle externo ou verdadeira autorregulação.

Por outro lado, os achados demonstraram que os fatores facilitadores para a adesão ao exercício físico foram: indicação de amigos e familiares, intenção de melhorar a autoestima ou a autoimagem, indicação médica e suspensão do uso da insulina. Quando se trata dos fatores facilitadores para permanência na prática do exercício, pôde-se observar que os principais motivos foram aliviar a tensão, fazer novos amigos, desenvolver competências pessoais, queimar calorias, manter flexibilidade do músculo, conseguir coisas que os outros não são capazes, ter objetivos a atingir e o fato de o exercício físico ser gratificante para os idosos que o realiza (Ryan; Deci, 2000). De maneira geral, a análise dos trabalhos selecionados nas bases de dados, possibilitou um encontro ao objetivo principal do estudo.

4. CONCLUSÃO

No contexto do diabetes, torna-se evidente que a epidemia de diabetes tipo II é problema global e está associada à níveis baixos de atividade física e uma prevalência crescente de obesidade.

Espera-se que os artigos selecionados para análise no presente estudo e coletados nas diversas bases de dados, auxilie e referencie outras pesquisas, enriquecendo as análises e discussões e que a temática abordada possa revelar, e que além do exercício físico ser importante no tratamento do paciente com diabetes mellitus, e que sua aplicabilidade de forma regular, possa desencadear uma série de aspectos favoráveis à qualidade de vida dos pacientes. Por outro lado, fica evidenciado a importância de programas de exercícios físicos com a necessária estratificação dos fatores de risco, considerando a intensidade dos exercícios prescritos.

Por fim, a importância de promover o exercício como um componente fundamental das estratégias de prevenção e no tratamento do diabetes tipo II deve ser prioridade para esses pacientes e que à todos deve ser oportunizado o benefício do exercício físico.

Referências

- ALBUQUERQUE DO SANTOS, H. L. B.; NASCIMENTO, F. M. R.; FREITAS, C. M. S. M.; CUNHA, A.E.V.; VANCEA, D. M. M. Motivação do diabético tipo 2 para o tratamento não farmacológico. **Rev Bras Ativ Fis e Saúde**. n. 17, p. 485-494, 2012.
- AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. **Medicine & Science in Sports & Exercise**. n. 43, p. 1334-1359, 2021.
- AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE; American Diabetes Association.
- AZAMBUJA, M. I.; FOPPA, M.; MARANHÃO, M. F.; ACHUTTI, A. C. Economic burden of severe cardiovascular diseases in Brazil: an estimate based on secondary data. **Arquivos brasileiros de cardiologia**. n. 91, p. 163-171, 2020.
- CAZARINI, R. P.; ZANETTI, M. L.; RIBEIRO, K. P.; PACE, A. E.; FOSS, M. C. Adesão a um grupo educativo de pessoas portadoras de diabetes mellitus: porcentagem e causas. **Medicina**. n. 35, p. 142-150, 2022.
- DANTAS, I.; LIMA, G.; FALCÃO, A.; VANCEA, D.; SOBRAL FILHO D. Fatores de adesão e permanência de idosos com diabetes tipo 2 a um programa de exercício físico. **ConScientiae Saúde**. n. 18, v. 1, p. 26-34, 2019.

Exercise and type 2 diabetes. **Medicine & Science In Sports & Exercise**, 2020.

FECHIO, J. J.; MALERB, F. E. K. Adesão a um programa de atividade física em adultos portadores de diabetes. **Arq Bras Endocrinol Metab.** n. 48, p. 267-275, 2022.

NIEMAN, D. C. Exercício e Saúde. São Paulo (SP): **Manole**, 2019.

RYAN R. M.; DECI, E. L. Intrinsic and extrinsic motivations: classic definition and new direction. **Contemp Educ Psychol.** n. 25, v. 1, p. 54-67, 2000.

15

CONSUMO E IMPACTO DOS CANUDOS PLÁSTICOS NO MEIO AMBIENTE NA VISÃO DA LEI N° 11.014/2019: A PERCEPÇÃO DOS CONSUMIDORES E PROPRIETÁRIOS DE ESTABELECIMENTOS COMERCIAIS

CONSUMPTION AND IMPACT OF PLASTIC STRAWS ON THE ENVIRONMENT ENVIRONMENT IN THE VIEW OF LAW NO. 11.014/2019: THE PERCEPTION OF CONSUMERS AND OWNERS OF COMMERCIAL ESTABLISHMENTS

Mariana Nogueira Guimarães¹

Edilson Santos Castro²

Maria Lucia Alvino¹

Rhamid Kalil Trabulsi³

Neemias Muniz de Sousa¹

Ivone Ascar Sauáia Guimarães¹

Fernanda Oliveira Sousa Araruna⁴

Carlos Alberto Bezerra Tomaz⁵

Maria Raimunda Chagas Silva⁶

-
- 1 Mestre em Meio Ambiente, Universidade Ceuma, São Luís – Ma
2 Mestrando em Meio Ambiente, Universidade Ceuma, São Luís – Ma
3 Medicina, Universidade Ceuma, São Luís – Ma
4 Docente, Doutora em Biotecnologia, Universidade Ceuma, São Luís – Ma
5 Docente, Doutor em Ciências Naturais, Universidade Ceuma, São Luís – Ma
6 Docente, Doutora em Química, Universidade Ceuma, São Luís - Ma

Resumo

Com o consumo de bens e serviços de massa protagonizado pela sociedade capitalista, as relações presentes neste processo se tornaram mais complexas, acarretando a necessidade de adaptação do Código de Defesa do Consumidor no intuito de criar mecanismos disciplinares para as demandas coletivas. Apesar dos dispositivos apresentados a partir da Lei n.º 1221/51, da Constituição de 1967, da Constituição Federal de 1988, do Código de Defesa do Consumidor e de legislações Estaduais e Municipais voltadas especificamente em defesa do meio ambiente, pouca evolução neste âmbito tem sido percebida. Avaliar a percepção dos consumidores e proprietários dos estabelecimentos comerciais quanto ao consumo e poluição por canudos plásticos no meio ambiente a partir da lei n.º 11.014/2019, com vistas a estabelecer iniciativa educativa que englobe a Educação Ambiental e os Direitos do Consumidor. A pesquisa de caráter quantitativa e qualitativa, teve como *locus* a área da Avenida Litorânea, no município de São Luís, Estado do Maranhão, dando-se por meio da realização de entrevistas e aplicação de questionários semiestruturados, aplicados de modo aleatório, a 10 proprietários de estabelecimentos comerciais, tendo como critérios o tempo de atividade desenvolvida na área; e 10 consumidores ou clientes, sendo 1 de cada estabelecimento visitado. Em conjunto, proprietários de estabelecimentos do ramo alimentar da região e seus consumidores perfizeram uma amostra total 20 pessoas. Verificou-se que os proprietários possuem pouco acesso a materiais biodegradáveis, devido a sua onerosidade, falta de fiscalização e ausência de educação ambiental. Em relação aos consumidores, estes possuem entendimento acerca das questões ambientais, no entanto não exigem a disponibilização de tais recursos por parte dos estabelecimentos, o que corrobora para a manutenção do total desacordo com Lei Estadual de N.º 11.014/2019, a qual proíbe o uso de canudos plásticos nos estabelecimentos comerciais do Estado do Maranhão. A harmonia entre o homem e o ambiente perpassa pela conscientização, e em se tratando deste aspecto constatou-se que os proprietários de estabelecimentos comerciais, os consumidores e o Estado não fazem valer as determinações preconizadas pelas leis de consumo e pela legislação local, demonstrando que a manutenção do uso e descarte indevido de canudos na região da Avenida Litorânea figura bem mais como um aspecto cultural do que pela ausência de conhecimento.

Palavras Chaves: Consumidor. Direitos das leis. Plásticos. Canudos.

Abstract

With the consumption of mass goods and services carried out by capitalist society, the relationships present in this process have become more complex, resulting in the need to adapt the Consumer Protection Code in order to create disciplinary mechanisms for collective demands. Despite the provisions presented from Law n.º 1221/51, the 1967 Constitution, the 1988 Federal Constitution, the Consumer Defense Code and State and Municipal legislation specifically aimed at protecting the environment, little evolution in this area has been perceived. Evaluate the perception of consumers and owners of commercial establishments regarding the consumption of plastic straws in the environment based on Law No. 11.014/2019, with a view to establishing an educational initiative that encompasses Environmental Education and Consumer Rights. The quantitative and qualitative research had as its locus the area of Avenida Litorânea, in the municipality of **São Luís**, State of Maranhão, taking place through interviews and application of semi-structured questionnaires, applied randomly, to 10 owners of commercial establishments, based on the length of time they have been active in the area; and 10 consumers or clients, 1 from each establishment visited. Together, owners of food establishments in the region and their consumers made up a total sample of 20 people. It was verified that the owners

have little access to biodegradable materials, due to their cost, lack of supervision and lack of environmental education. Regarding consumers, they have an understanding of environmental issues, however, they do not require establishments to make such resources available, which corroborates the maintenance of total disagreement with State Law No. 11.014/2019, which prohibits the use of plastic straws in commercial establishments in the State of Maranhão. The harmony between man and the environment permeates awareness, and when it comes to this aspect, it was found that the owners of commercial establishments, consumers and the State do not enforce the determinations recommended by consumer laws and local legislation, demonstrating that the maintenance of the improper use and disposal of straws in the region of Avenida Litorânea is much more a cultural aspect than a lack of knowledge.

Keywords: Consumer. Laws rights. Plastics. Straws.

1. INTRODUÇÃO

Consumir é parte de uma das necessidades básicas do indivíduo, alcançando expansão a partir do século XX fomentado pelo capitalismo, ressaltando o aparecimento da Sociedade do Consumo (Bauman, 2001; Lemos, 2013).

Com o fomento consumista, foi necessária uma regulamentação para as relações, fazendo surgir o Direito do Consumidor, que no Brasil, teve seu ápice nas décadas de 40 e 60, quando leis específicas foram estabelecidas no intuito de regular as ações de consumo (Zanirato; Rotondaro, 2016).

Apesar da criação da Lei n.º 1221/51 (Lei de Economia Popular) e da Constituição de 1967, foi somente com a Constituição Federal de 1988 que se forneceu bases concretas para que, em 1990, o Código de Defesa do Consumidor viesse a defender efetivamente os direitos inerentes a figura do consumidor, dando-se através de princípios jurídicos adaptados às mudanças sociais para atender as necessidades das relações de consumo (Scarpetta; Efig, 2015).

O Plano Nacional de Consumo e Cidadania (PLANDEC - Decreto 7.963/2013), a Política Nacional de Educação Ambiental (Lei 9.795/99) e a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei 12.305/2010), dispuseram-se no intuito de estabelecer meios para a ecoeficiência (Brasil, 2013).

Seguindo este entendimento, no Estado do Maranhão, a Lei 11.014 de 24 de abril de 2019 se fez definida justamente para proibir o uso de canudos constituídos de materiais plásticos nos estabelecimentos comerciais, incluindo bares e restaurantes, definindo ainda em seu corpo providências a serem tomadas em caso de descumprimentos à legislação (Maranhão, 2019).

Deste modo, a relação entre o Direito Ambiental e o Direito do Consumidor cunhou o ideal de consumo sustentável, estabelecendo elo entre o consumerismo e a proteção do meio ambiente ao impor mudanças para as empresas a fim de produzirem/consumirem bens voltados à sustentabilidade (Carvalho, 2003; Zanirato; Rotondaro, 2016).

Assim, o presente estudo voltou-se a investigar a influência e a atuação da legislação ambiental vigente no Estado do Maranhão em relação ao uso de canudos plásticos por parte dos estabelecimentos comerciais localizados na área da Avenida Litorânea, de modo a identificar a efetividade ou não da proteção de consumo tanto ao indivíduo quanto ao meio ambiente.

O *locus* inicial e amplo de pesquisa que se caracteriza pelo Estado do Maranhão, conta atualmente com uma população estimada em 7.153.262 habitantes, Índice de Desenvolvimento Humano de 0,639 e rendimento nominal mensal domiciliar *per capita* de R\$ 676,00 (seiscentos e setenta e seis reais), além de caracterizar-se como uma unidade em que a divisão de renda é inversamente proporcional ao número de habitantes, afetando diretamente o mercado consumidor local (IBGE, 2021).

Já o ambiente limitado, como apontado, refere-se à Avenida Litorânea por tratar-se de uma área de grande visitação por parte de moradores e turistas em face de sua estrutura de lazer e gastronomia e estender-se desde a Praça dos Pescadores, localizada na Praia de São Marcos, até a Praça de Iemanjá, localizada na Praia do Olho D'água, compondo uma distância total de 10 km entre estes (Nunes *et al.*, 2018).

Neste sentido, considerando que tal ambiente seja propício ao uso de materiais descartáveis, tem-se que com Lia e Vasconcelos (2019) destaque para a preocupação com a poluição ambiental acarretada pelo consumo e descarte inadequado do plástico de origem fóssil, o qual, em face principalmente de seu baixo custo presta-se ao atendimento de necessidades de consumo, acarretando outros fatores por conta de seu ciclo de degradação natural.

Sendo o canudo plástico um material de constante descarte em face de sua utilização única e de curta duração, o descarte inadequado gera prejuízos ao meio ambiente tanto por conta dos elementos presentes em sua composição quanto pelo lento processo de decomposição, o que levou alguns Estados Brasileiros a desenvolverem leis, em complemento às demais existentes para a proibição de seu uso nos estabelecimentos comerciais (Struett; Sarzedas, 2019). O objetivo deste estudo foi avaliar a percepção dos consumidores e proprietários dos estabelecimentos comerciais quanto ao consumo e a poluição ocasionada por canudos plásticos descartados no meio ambiente a partir da lei nº 11.014/2019, com vistas a estabelecer iniciativa para a Educação Ambiental e os direitos do consumidor.

2. METODOLOGIA

2.1 Área de Estudo

O município de São Luís localiza-se na mesorregião Norte Maranhense, possui uma área de 583.063 km², população estimada em 1.115.932 habitantes e Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) de 0,768 (IBGE, 2022).

A área de estudo principal, localiza-se na Avenida Litorânea, considerando o trecho que se estende entre os bairros Ponta do Farol e Olho D'Água, possuindo como pontos de referência para delimitação de espaço respectivamente, as Praças dos Pescadores e de Iemanjá, localizados no município de São Luís, Estado do Maranhão, conforme dispõe a Figura 1.

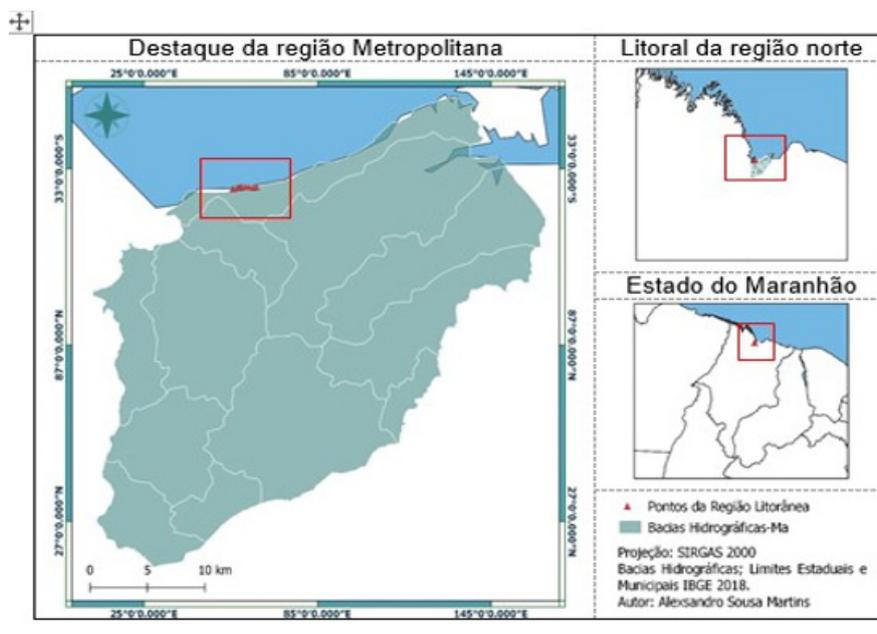


Figura 1. Localização da Avenida Litorânea, município de São Luís, MA

Fonte: Autores (2022).

A Figura 1 destaca em plano ampliado a área de estudo permitindo a visualização de seu espaço em relação à região metropolitana, por conseguinte em relação ao litoral da região norte e por fim, no tocante ao Estado como um todo.

A definição desta localidade, em específico, deu-se por se tratar de uma região turística e do seu elevado consumo de plásticos em geral, destacando-se o canudo, dado em face da existência dos estabelecimentos comerciais situados na região a qual compreende uma distância interbairros de 10 km.

2.2 Amostragem

De acordo com Gil (1999), os estudos sociais naturalmente têm um objetivo específico, sendo possível agrupar tais processos investigativos em níveis, podendo estes definirem-se como de descrição, classificação e/ou explicação.

A pesquisa descritiva, por sua vez, tem como objetivo primordial a descrição das características de determinada população, fenômeno ou o estabelecimento de relações entre variáveis, tendo por base as opiniões e atitudes dos participantes (Gil, 1999).

Como o presente trabalho procura identificar a opinião das pessoas (proprietários e clientes) em relação ao consumo de canudos plásticos e o seu nível de conhecimento acerca da legislação estadual pertinente ao tema, trata-se de uma pesquisa descritiva e qualitativa (Cronin *et al.*, 2008).

Contudo, considerando que a coleta de dados se deu pela aplicação de entrevista e questionário, destaca-se a possibilidade de levantamento quantificável, o que sinaliza tratar-se também de uma pesquisa quantitativa (Cronin *et al.*, 2008).

2.2.1 Levantamento de Dados Secundários

Para obtenção dos principais dados referentes à utilização do uso de canudos plásticos foi utilizada a técnica de roteiro de entrevistas por meio de questionários semiestruturados processo deu-se com o objetivo de capturar informações populares dos clientes e proprietários de estabelecimentos da região sem a influência do entrevistador nas respostas alcançadas.

Os dados foram coletados entre abril e junho de 2022, por meio de entrevistas efetivadas com proprietários de estabelecimentos comerciais (trabalhadores) e consumidores (clientes) situados na extensão da Avenida Litorânea.

A amostra de participantes foi de 20 pessoas escolhidas aleatoriamente, sendo que destes, metade (10) se tratou de proprietários dos estabelecimentos comerciais e os demais (10) de clientes (consumidores) dos respectivos estabelecimentos, sendo 1 de cada.

O critério de inclusão dos participantes proprietários foi o tempo de atividade desenvolvida na região, ou seja, ser superior a 12 meses.

No que diz respeito aos consumidores, o critério de inclusão se firmou em estarem consumindo qualquer tipo de bebida, no ato da participação, desde que esta fizesse uso de canudo cedido pelo estabelecimento comercial, ou seja, descartável.

Nas entrevistas foi necessário observar e registrar as relações do homem com o meio ambiente por meio de imagens, no intuito de captar a visão da comunidade local, identificando os fatores que a população designa como problemas ou benefícios desta relação, bem como a partir dessas informações, correlacionar com a aplicabilidade da Lei nº 11.014/2019 do Estado do Maranhão.

Como garantia dos princípios éticos no desenvolvimento de atividade com seres humanos, foram respeitadas as Diretrizes e Normas da Resolução nº 466/12 que assegura a ética do indivíduo e da coletividade e para tanto o presente estudo foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) por meio da Plataforma Brasil, obtendo como parecer o de nº 4.526.992 da Universidade Federal do Maranhão/Universidade Ceuma.

Para análise qualitativa e quantitativa foi utilizado o programa estatístico JMP, versão 3.2.6 (SAS, 1995) e a técnica proposta por Bardin (2011), que permite a criação de categorias analíticas, com os dados dos clientes e proprietários, os quais, se fizeram representados pelas letras **C** (Cliente) e **P** (Proprietário) quando apresentadas as respostas textuais alcançadas por meio do processo de coleta.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Categoria: faixa etária e escolaridade dos entrevistados

As entrevistas e os questionários semiestruturados aplicados a um total de 10 proprietários de estabelecimentos localizados na avenida litorânea e 10 clientes, sendo 1 de cada estabelecimento, retornou, em relação à faixa etária e escolaridade dos participantes o que se encontra apresentado nas Tabelas 1.

Idade	24 a 40		41 a 54		Mais de 54	
	n	percentual	n	percentual	n	percentual
Proprietários	3	30%	6	60%	1	10%
Clientes	7	70%	3	30%	0	-----

Escolaridade	Ensino Fundamental Incompleto		Ensino Médio Completo		Ensino Médio Incompleto		Ensino Superior Completo		Ensino Superior Incompleto	
	n	percentual	n	percentual	n	percentual	n	percentual	n	percentual
Proprietários	0	-----	2	20%	0	-----	6	60%	2	20%
Clientes	3	30%	3	30%	4	40%	0	-----	0	-----

Tabela 1. Faixa etária dos clientes e Escolaridade dos proprietários entrevistados

Fonte: Autores (2022).

As faixas etárias de predominância dos clientes mantem sintonia com a escolaridade, ou seja, com a maioria etária entre 24 e 30 anos (70%), alcançou-se na relação de escolaridade destaque para o ensino superior completo totalizando 60% dos entrevistados.

Esta mesma visão não se faz em relação aos proprietários de estabelecimentos, pois, estando a maioria entre os 41 e 54 anos, observou-se uma maior incidência de indivíduos com o ensino médio incompleto, sendo estes 40%, seguido pelo ensino fundamental incompleto com 30%, assim como o ensino médio completo, contando com percentual igual, ou seja, 30% dos entrevistados.

Ainda em relação aos proprietários de estabelecimentos localizados na área da Avenida Litorânea, colheu-se dados quanto ao tempo em que exercem atividade comercial na região, e estes se encontram dispostos na Tabela 2.

Tempo de atividade (anos)	1 a 5		6 a 10		11 a 15		Mais de 15	
	n	percentual	n	percentual	n	percentual	n	percentual
Proprietários	5	50%	2	20%	1	10%	2	20%

Tabela 2. Tempo de atividade comercial na Avenida Litorânea – Proprietários

Fonte: Autores (2022)

Estes pontos, em um primeiro plano, destacam a relevância das informações prestadas pelos proprietários dos estabelecimentos comerciais, em face de a constituição de seus estabelecimentos comerciais terem se dado em período próximo ao lançamento da legislação em análise, a qual trata da proibição do uso de canudos de plásticos nos estabelecimentos comerciais do Maranhão, que é do ano de 2019.

Neste contexto, fez-se necessário que todos que respondessem o questionário já estivessem trabalhando no estabelecimento comercial após a promulgação da legislação pertinente a discussão em andamento.

3.2 Categoria: conhecimento acerca dos impactos causados por canudos plástico ao meio ambiente

No que concerne à compreensão dos participantes, neste caso os clientes, em relação aos impactos acarretados pelo canudo plástico ao meio ambiente, têm-se, na Tabela 3, os seguintes dados.

Compreensão dos impactos do uso de cano - clientes	sim		não		Mais ou menos	
	n	percentual	n	percentual	n	percentual
Clientes	9	90%	----	----	1	10%

Tabela 3. Compreensão acerca dos impactos do canudo de plástico ao meio ambiente – Clientes

Fonte: Autores (2022).

Através das informações obtidas, constatou-se que os frequentadores dos estabelecimentos comerciais na Avenida Litorânea possuem conhecimento, ainda que superficial, dos impactos causados pelos canudos plásticos no meio ambiente.

Isto foi extraído por meio das falas dos entrevistados, ou seja, dos clientes (**C**), representados assim pelas letras **C1 a C10**, quando questionados acerca de sua compreensão em relação aos impactos causados pelo uso de canudo de plástico, ao que se obteve como resposta o destacado no Quadro 1.

Quadro 1. Quais os impactos causados pelo uso de canudo plástico

<p>C1 - “Sim, o seu descarte de forma irregular polui rios, lagos e oceanos, sem falar nos animais que fazem a ingestão que acabam morrendo”</p> <p>C2 - “Sim, por ser fabricado com material plástico, se jogado inadequadamente no meio ambiente, trará consequências desastrosas para a presente e futuras gerações, como poluição da água e etc.”</p> <p>C4- “ Sim, agride o meio ambiente. “</p> <p>C5- “Sim, prejudica o meio ambiente de forma geral, o solo, mares, rios, oceanos e até os animais.</p> <p>C8- . “ Sim, faz mal para o meio ambiente. ”</p> <p>C10- “Sim, faz mal para os animais, para o solo, para os mares, oceanos e consequentemente para as futuras gerações.</p>

Fonte: Autores (2022).

Vale considerar que os participantes C6, C7 e C9 limitaram-se apenas a responder que sim, ou seja, que possuíam conhecimentos quanto ao impacto, sem realizar maiores especificações. Já o participante C3 limitou-se apenas a responder com a expressão “mais ou menos”, também sem realizar maiores comentários.

Contudo, destaca-se que a maioria expressiva dos participantes relataram conhecer os impactos causados pelos canudos plásticos no meio ambiente, ao que, neste contexto, forneceu respaldo para considerar que o a ausência de conhecimento não é fator preponderante, mas sim, a falta de um trabalho efetivo de educação ambiental que consiga alterar a cultura do consumidor.

No entanto, a realidade é que a educação ambiental, por vezes, se pauta em saídas rápidas e confortáveis, além de ser vista como “boia de salvação” para resolução das crises ambientais (Sousa; Viegas, p. 2. Não publicado).

Nesse contexto, o descarte do canudo plástico no meio ambiente acaba sendo tratado de maneira sumária, não ocorrendo a análise aprofundada da problemática ambiental,

e tal posicionamento se confirma a partir das respostas apresentadas, demonstrando certa consciência ambiental dos clientes da orla referente à área da Avenida Litorânea, ainda que superficial.

3.3 Categoria: conhecimento a respeito da lei nº 11.014/2019 que prevê a proibição do uso de canudos plásticos do Estado do Maranhão

No que diz respeito quanto ao conhecimento da Lei nº 11.014/2019, a qual prevê a proibição do uso de canudos plásticos nos estabelecimentos comerciais do Estado do Maranhão, obteve-se os dados dispostos na Tabela 4, de modo que os entrevistados representados por letras se referem a clientes **(C)** e proprietários **(P)**.

Conhecimento sobre Lei nº 11.014/2019	sim		não	
	n	percentual	n	percentual
Cientes	5	50%	5	50%
Proprietários	8	80%	2	20%

Tabela 4. Relativos ao conhecimento clientes e proprietários da Lei nº 11.014/2019.

Fonte: Autores (2022).

Neste sentido e em complemento à Tabela 5, destaca-se as falas dos entrevistados em relação ao fato de estes possuírem conhecimentos acerca da lei da Lei nº 11.017/2019, valendo destacar os posicionamentos que seguem no Quadro 2.

Quadro 2. Falas dos participantes em relação ao conhecimento da Lei nº 11.017/2019

<p>C1 - “é a lei que dispõe sobre a não utilização de canudos de material plástico nos estabelecimentos comerciais”.</p> <p>C6- “Não, até achei que fosse permitido, pois todo lugar vejo o uso de canudos plásticos.</p> <p>P1 e P6 - “tenho conhecimento”.</p> <p>P2, P3, P4 e P8 - “já ouvi falar”.</p> <p>P7 - “Não, nunca ouvi falar”.</p> <p>P9- “ Sim, essa lei começou e eu já trabalhava aqui”.</p>
--

Fonte: Autores (2022).

Conforme verifica-se na Tabela 5, 50% dos clientes entrevistados revelaram possuir conhecimento da Lei nº 11.014/2019, a qual dispõe sobre a proibição do uso de canudos plásticos nos estabelecimentos comerciais no Estado do Maranhão, enquanto 50% relataram nunca terem ouvido falar a respeito da referida Lei.

No tocante aos proprietários, verifica-se que 80% possuem conhecimento acerca da Lei nº 11.017/2019 e somente 20% nunca ouviram falar do dispositivo legal.

Em complemento, seus comentários (Quadro 1) demonstram que apesar do conhecimento indicado pelos participantes, há pouca aplicação deste principalmente em seus posicionamentos enquanto consumidores e proprietários de estabelecimentos comerciais, os quais devem se enquadrar no que preconiza a legislação para o bom funcionamento dos estabelecimentos.

Confirmado por Pereira e Horn (2009) e Tartuce e Neves (2020), tendo o consumo de massa como protagonista de uma sociedade capitalista, além de relações de consumo cada vez mais complexas, partiu-se para adaptar o Código de Defesa do Consumidor. Foram então criados mecanismos que disciplinassem as novas demandas coletivas que o Código Brasileiro de Defesa do Consumidor constitui uma típica norma pós-moderna, no sentido de rever conceitos antigos do Direito Privado”, tais valores fortaleceram a compreensão dos ideais defendidos em um processo futurístico de previsibilidade, desde o século XIX.

No entanto, proteger o consumidor somente, é ignorar a complexidade dos sistemas com os quais ele interage, tornando-se essencial o entendimento da sua posição na sociedade e de como este gera/lida com os riscos de produção em um ambiente predatório, dotado de um sistema econômico que desrespeita os ciclos de vida naturais (Russo; Fialho, 2021).

Retornando aos dados apresentados por meio das Tabelas 1 e 2, constatou-se uma relação entre a faixa etária, o grau de escolaridade e o conhecimento da Lei nº 11.014/2019, a qual trata da proibição do uso de canudos plásticos pelos estabelecimentos comerciais do Estado do Maranhão.

Constatou-se que quanto maior o grau de escolaridade e menor a faixa etária, maior o conhecimento dos entrevistados em relação a Lei nº 11.014/2019 e dos impactos dos canudos plásticos no meio ambiente, ao passo que quanto menor o grau de escolaridade e maior a faixa etária, menor o nível de conhecimento a respeito da Lei nº 11.014/2019 e dos impactos ocasionados em virtude do uso indiscriminado dos plásticos.

Assim, tendo por base que Costa e Vilaça (2021), Russo e Fialho (2021), Carvalho (2020), Zanirato e Rotondaro (2016), Souza (2021), Barros (2021) e Foguesatto *et al.* (2017) são unânimes ao destacar o papel da educação ambiental, requerendo sua incorporação formal aos currículos escolares e universitários, com vistas a agir como meio sensibilizador e gerador de mudanças comportamentais, pois, somente assim faz-se possível desenvolver medidas efetivamente atuantes e fomentadoras de mudanças culturais.

3.4 Categoria: registros do descarte de canudos plásticos na região estudada

Além das informações obtidas, é relevante destacar que no momento das entrevistas foram registradas as imagens apresentadas por meio da Figura 2.

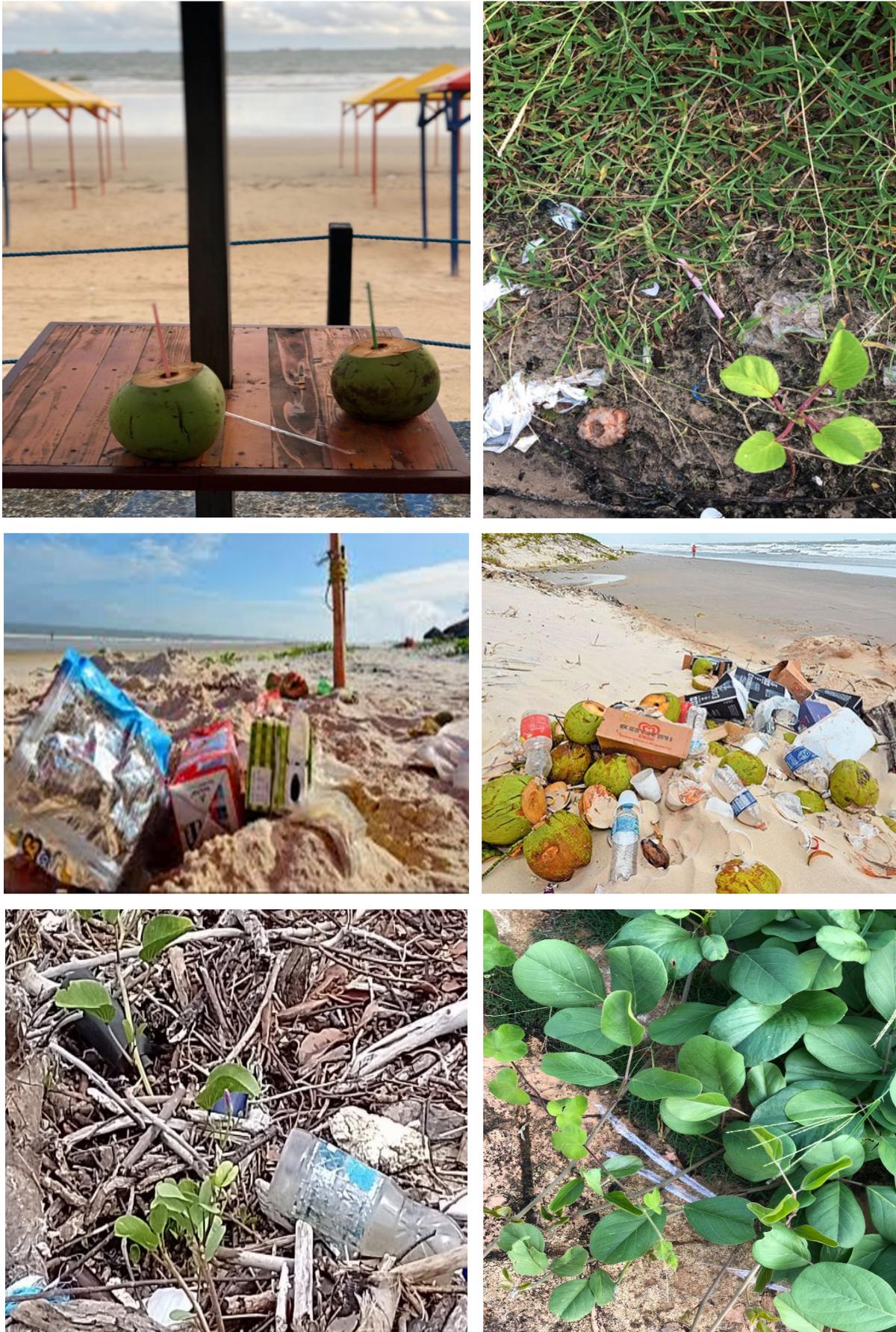


Figura 2. Uso dos canudos plásticos da Avenida Litorânea e descarte no meio ambiente.

Fonte: Autores (2022).

As falas, então, demonstram não condizer com as práticas da maioria, pois mesmo conhecendo a lei foi possível perceber além do uso indiscriminado, o descarte inadequado de plástico na faixa de área da praia.

Esses impactos gerados ao planeta, levam a sociedade a partir em busca de soluções para as problemáticas por ela mesma criadas em face da imprevidência e da desatenção às consequências de um consumo desenfreado (Zanirato; Rotondaro, 2016).

Diante destes pontos, o crescimento alcançado pela cidade de São Luís, ultrapassando a marca de 1 milhão de habitantes denota que o excesso de consumo também se faz presente, trazendo consigo todas as adversidades, quer sejam positivas ou não.

3.5 Categoria: conhecimento e uso de canudo biodegradável

Em se tratando do conhecimento e do uso do canudo biodegradável, questionou-se clientes e proprietários de maneira diferenciada.

Aos clientes, primeiramente, questionou-se se sabiam o que viria a ser os canudos biodegradáveis, e quanto a isto segue os resultados dispostos por meio da Tabela 5.

Clientes	sim		não	
	n	percentual	n	percentual
	4	40%	6	60%

Tabela 5. Sabe o que é o canudo biodegradável.

Fonte: Autores (2022).

Dentre os complementos de resposta, destaca-se o posicionamento de C1, o qual segue disposto na íntegra no Quadro 3.

Quadro 3. Comentário do cliente C1 sobre o canudo biodegradável

C1 - "são ótimas opções para substituir o canudo plástico; já utilizei e tive a indicação para uso pois o produto é sem lactose, pois tenho intolerância à lactose; são vários canudos que fazem bem para o meio ambiente que não sei a diferença deles; canudo que não agride o meio ambiente."

Fonte: Autores (2022)

A partir destes dados, observou-se uma possível ausência de divulgação em relação a opções de menor impacto ao ambiente, o que se confirma com as respostas dos proprietários quando estes foram questionados quanto a possíveis cobranças de clientes em relação à disponibilização de canudos biodegradáveis, conforme o que se apresenta na Tabela 6.

Proprietários	sim		não	
	n	percentual	n	percentual
	7	70%	3	30%

Tabela 6. Já foi cobrado pelos clientes quanto ao uso de canudos biodegradáveis.

Fonte: Autores (2022).

No entanto, os comentários adicionam outro contexto, valendo atenção às falas presentes no Quadro 4.

Quadro 4. Comentários em relação à cobrança do cliente quanto ao uso do canudo biodegradável – Proprietários

P1	já fui questionado e os clientes gostam do canudo biodegradável, porém só uso o canudo de plástico, porque a solução é parar a fabricação para todos comprarem o biodegradável e assim manter o mesmo preço do produto, evitando a concorrência desleal "
P2	alguns gostam, outros reclamam que dissolve na boca, em especial na das crianças. Já fui parabenizada por turistas pelo uso, quando fiz
P3	mas os clientes não gostam do canudo de papel. Dissolve na boca
P4	não gostam do canudo de papel, deixa o gosto do alimento diferente
P5	já fui questionado por turistas
P6	nunca fui questionado
P7	já fui questionado por cliente de fora
P8	mas informo que não tem e que nenhuma barraca aqui utiliza
P9	os clientes não gostam do canudo de papel que dissolve na boca
P10	Já cobraram sim, mas em virtude do preço e da dificuldade de achar o canudo biodegradável é mais fácil utilizar o de plástico. A maioria não reclama

Fonte: Autores (2022).

Retornando aos clientes, aproveitou-se o momento para apresentar a estes um canudo comestível, um biodegradável e outro de plástico, e a partir deste experimento, recolheu-se informação acerca da sensação vivenciada obtendo-se os seguintes relatos presentes no Quadro 5.

Quadro 5.. Sensação ao observar canudo comestível, biodegradável e plástico

C1	o melhor é o biodegradável, pois são naturais, práticos e reutilizável
C2	O comestível ainda não tive a oportunidade de utilizar. O biodegradável é o que tem que ser utilizado pelas empresas, consumidores, sociedade em geral. o de plástico, se observado com cautela, já deveria estar em desuso
C3	preferência pelo comestível e biodegradável por saber que favorece ao meio ambiente, quando vejo canudos deste tipo fico com a sensação positiva de que algo está sendo feito para ajudar o meio
C4	Já utilizei o canudo comestível, mas senti um gosto estranho no alimento. Tenho preferência pelo canudo de papel. a sensação que tenho é que as pessoas estão cada vez mais preocupadas em cuidar do meio ambiente
C5	a sensação agradável, de opções que não prejudiquem o meio ambiente
C6	sensação de satisfação, de uma sociedade mais preocupada com os impactos ambientais e com as gerações futuras
C7	sensação de alívio
C8	normal
C9	sensação de que as pessoas estão mais preocupadas com o meio ambiente
C10	Tenho uma ótima sensação. Temos várias possibilidades de utilizar o canudo sem agredir o meio ambiente.

Fonte: Autores (2022).

Verificou-se então que a problemática do uso de canudos plásticos não perpassa apenas pelo conhecimento quanto ao impacto ambiental causado pelo uso de canudos plásticos, mas sim, sendo também uma questão de consciência, educação e cultura ambiental.

Conforme a Plastivida, que se trata de um instituto ambiental voltado ao estudo dos plásticos, por meio de Assinaturas (2018, não paginado) tem-se que:

Acreditamos que não há ação efetivamente sustentável se não estiver conectada à educação ambiental. Nesse sentido, atuamos para informar a população sobre os benefícios dos plásticos e a necessidade de seu uso consciente, ou seja, evitando o desperdício, além de indicarmos que os plásticos são 100% recicláveis e que devem ser encaminhados para serem reciclados, a partir da coleta seletiva.

Segue ainda destacando que campanhas atuantes contra o uso de canudos plásticos pregam o banimento de produtos, e que somente a educação ambiental e conjunto com a correta gestão dos resíduos, podem efetivamente ser eficazes agindo em benefício ambiental (Assinaturas, 2018).

3.6 Categoria: informações acerca do impacto da vigência da lei nº 11.014/2019 para o estabelecimento comercial

Em se tratando dos impactos da lei sobre o funcionamento do estabelecimento comercial, tem-se os seguintes resultados. De acordo com pergunta efetivada acerca do Impacto da lei para o estabelecimento comercial tem-se as respostas apresentadas por meio da Tabela 7.

Proprietários	sim		não	
	n	percentual	n	percentual
	4	40%	6	60%

Tabela 7. Impacto da lei para o estabelecimento

Fonte: Autores (2022)

Constatou-se que a informações obtidas aduzem principalmente quanto à onerosidade do preço do produto final em comparação ao canudo biodegradável e sua acessibilidade, conforme extraiu-se das falas representada no Quadro 6.

A partir das informações obtidas verifica-se que um dos grandes entraves para a eficácia da aplicabilidade da Lei nº 11.014/2019 por parte dos estabelecimentos comerciais é a falta de incentivo do Estado no tocante ao preço dos produtos sustentáveis.

Com base no levantamento realizado, fatia significativa dos participantes possuíam conhecimento acerca da legislação voltada à defesa do consumidor e do meio ambiente. Desta maneira esperava-se que a cidade e a sua população já se encontrassem vivenciando um ambiente de respeito e sustentabilidade.

O consumidor deveria se portar como responsável pelo processo de transformação imposto ao ambientem, uma vez que a ele também cabe a ação de implementar meios para dirimir os danos causados através de ações individuais. Considera-se essencial que o comportamento individual seja alterado em prol de uma sociedade/meio ambiente mais justo e favorável a todos (Foguesatto *et al.*, 2017).

Quadro 6. Comentários em relação ao impacto da Lei para o estabelecimento - Proprietários

P1	É mais caro
P2	Aumenta muito o valor do produto. Além disso, está muito difícil de encontrar. Enquanto 100 canudos biodegradáveis custam R\$ 30,00 reais o de plástico é bem mais em conta, 300 canudos custam R\$ 8,00 reais.
P3	nenhum impacto
P4	É 3 vezes mais caro que o canudo plástico
P5	nenhum pois não conheço a lei, mas já vi pessoas usando o canudo de metal no meu estabelecimento
P6	nenhum impacto pois nunca utilizei o canudo biodegradável
P7	nenhum
P8	já utilizei duas vezes, mas como o produto é muito caro parei de comprar e estou utilizando o canudo plástico
P9	essa lei nunca foi fiscalizada e nunca fomos obrigados a utilizar canudo de papel
P10	teve impacto quando alguns turistas deixaram de consumir na nossa barraca porque não tínhamos disponível nem o canudo de metal pra vender nem o de papel

Fonte: Autores (2022).

No entanto, o que se constatou foi que o uso de canudo de plástico ainda é uma realidade latente e que o seu descarte no meio ambiente se faz de maneira indiscriminada, não ocorrendo a análise/avaliação da problemática ambiental.

Neste contexto, conforme Barros (2021), tanto o consumo como o descarte relacionam-se a princípios e ideologias individuais e complexas, uma vez que não se enquadram em um padrão previamente definido.

Assim, com vistas a estabelecer um ambiente de renovação natural que atenda às necessidades da população e que estabeleça efetivamente meios sustentáveis, faz-se essencial a redução do consumo, mas também a criação de um modelo produtivo que atue na equalização e minimização dos desequilíbrios ambientais, envolvendo desde a produção ao descarte. É necessário ainda implementar-se a compreensão sobre a reciclagem e reutilização de resíduos, assim como o emprego de tecnologias limpas, reduzindo os impactos atuais e para as gerações vindouras (Vieira, 2020).

O consumo consciente garante a criação de novos materiais, produtos, mercados e negócios, os quais impunham a bandeira da sustentabilidade de modo que o consumidor passe a realizar suas escolhas com base na análise do ciclo de vida de produto, apesar de esta não ser uma prática no mercado nacional, pois demonstra-se a falta de políticas sociais que atuem em face da preocupação quanto aos danos gerados pelo processo de industrialização, da distribuição desigual da renda e da preservação do meio ambiente (Zanirato; Rotondaro, 2016; São Paulo, 2014).

Com base no levantamento exposto, observou-se que além do descarte impróprio de canudos de plástico por parte de consumidores e estabelecimentos comerciais, a substituição pelo canudo biodegradável não é uma prática dos comerciantes, justificado pelo custo e pela ausência de senso crítico ambiental do próprio consumidor.

Contudo, importa destacar que, como os artigos 4, 5 e 6 da Lei nº 11.014/2019 foram vetados, faltou a evidenciação de critérios de sanção e multa em face do seu descumprimento, demonstrando a ausência de limites voltados à regular a ação do proprietário de estabelecimento comercial, retirando a possibilidade de atribuição de responsabilidades quanto ao dano e degradação ambiental causada (Itapary Neto, 2019; Figueira, 2020).

Isto então demonstra que a educação e a conscientização ambiental se fazem essenciais para que o consumo sustentável seja uma realidade (Russo; Fialho, 2021), adotando-se uma postura que garanta a sobrevivência da humanidade, o desenvolvimento social e a economia a médio e longo prazos (Costa; Vilaça, 2021).

4. CONCLUSÃO

Com o consumo em massa protagonizado pela sociedade capitalista, as relações de consumo ficaram cada vez mais complexas, tendo por consequência a necessidade de adaptação do Código de Defesa do Consumidor para criar mecanismos que disciplinassem as novas demandas individuais e coletivas, convergindo através do instrumento de Defesa do Consumidor e do Direito Ambiental, em prol de evitar o Dano Ambiental.

Seguindo tais premissas que relacionam a sociedade contemporânea, o Direito do Consumidor, o Direito Ambiental e o Consumo Sustentável, sendo estes aspectos essenciais para o desenvolvimento de uma sociedade mais justa, esta pesquisa traçou os elementos iniciais a embasarem o desenvolvimento de uma sociedade sustentável, pois ao identificar o seu grau de conhecimento e o comportamento implementado no ato de consumir, torna-se possível desenvolver estratégias voltadas a transformar o contexto social e cultural.

Assim, ressalta-se a relevância da educação ambiental, de forma que resta comprovada a necessidade de a matéria se incorporar formalmente aos currículos escolares e universitários, no intuito de agir como um instrumento sensibilizador e gerador de mudanças comportamentais, pois, somente assim faz-se possível desenvolver medidas atuantes consoantes aos impactos ambientais em virtude do uso inadequado dos canudos plásticos.

Contudo, como consequência imediata a este levantamento o desenvolvimento de uma cartilha com informações acerca da Lei nº 11.014/2019, concernente à proibição no Estado do Maranhão quanto ao uso de canudos plásticos, incorporando também informações sobre sustentabilidade e educação ambiental, será o produto a ser entregue à sociedade por este estudo, com vistas a agir em prol da aplicação da legislação e da conscientização da população.

Referências

ASSINATURAS. Sustentabilidade: Canudos de plástico: sim ou não? **Food Services News**. 23 maio 2018. Disponível em: <https://www.foodservicenews.com.br/sustentabilidade-canudos-de-plastico-sim-ou-nao/>. Acesso em: 7 dez. 2022.

BARDIN, L. 2011. **Análise de conteúdo**. 3.ed. Lisboa: Edições 70. 279p

BARROS, M. L. T. Ambiente, Sociedade e Educação. In: SILVA, C. D. D. (org.). **Educação ambiental, sustentabilidade e desenvolvimento sustentável: investigações, desafios e perspectivas futuras**. Curitiba-PR: Editora Bagai, 2021. p. 49-59.

BAUMAN, Z. **Vida para o consumo: a transformação das pessoas em mercadoria**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2008.

BRASIL. **Código de Defesa do Consumidor**. 18. ed. Rio de Janeiro: Manole, 2018.

BRASIL. **Lei n. 6.938/1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm. Acesso em: 23 nov. 2021.

BRASIL. **Lei n. 7.347/1985**. Disciplina a ação civil pública de responsabilidade por danos causados ao meio-ambiente, ao consumidor, a bens e direitos de valor artístico, estético, histórico, turístico e paisagístico e dá outras providências. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l7347orig.htm. Acesso em: 23 nov. 2021.

BRASIL. Secretaria Nacional do Consumidor. Departamento de Proteção e Defesa do Consumidor. **Consumo sustentável**: caderno de investigações científicas. v. 3. Brasília : Ministério da Justiça, 2013.

CARVALHO, A. P. V. Educação Ambiental como prática no Ensino Técnico. In: FONSECA, R. A.; LIMA, K. F. (orgs.). **Reflexões e Práticas sobre Educação Ambiental**. São Paulo: Pimenta Cultural, 2020. p. 109-120.

COELHO, F. C. **Avaliação do Ciclo de Vida comparativa entre canudos de papel e de propileno utilizando a abordagem do berço ao portão da fábrica**. 2019. Projeto Final de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, Rio de Janeiro, 2019.

COLUCCI, C. F. P. Direito Ambiental e Direito do Consumidor. **Revista de Direito Civil**, [s. l.], v. 2, n. 1. 2020. Disponível em: <https://revistas.anchieta.br/index.php/RevistaDirCivil/article/view/1574>. Acesso em: 23 nov. 2021.

CORTEZ, A. T. C. Consumo e Desperdício: as duas faces das desigualdades. In: CORTEZ, A. T. C.; ORTIGOZA, S. A. G. (orgs.). **Da produção ao consumo: impactos socioambientais no espaço urbano**. São Paulo: Editora Unesp: Cultura Acadêmica, 2009. p. 35-62.

COSTA, A. M. B.; VILAÇA, T. Potencialidades do mapa socioambiental na educação ambiental orientada para a ação de alunos do ensino médio. In: SILVA, C. D. D. (org.). **Educação ambiental, sustentabilidade e desenvolvimento sustentável**: investigações, desafios e perspectivas futuras. Curitiba-PR: Editora Bagai, 2021. p. 11-23.

FERREIRA, D.; SILVA, P.; MADEIRA, T. F. Embalagens Verdes: conceitos, materiais e aplicações. **Revista Americana de Empreendedorismo e Inovação**, Paranaguá, v. 1, n. 2, p. 28-39. 2019.

FIGUEIRA, L. **Poluição Ambiental no Brasil**: descarte irregular de resíduos sólidos no meio ambiente. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Direito) – Universidade de Santa Cruz do Sul, Capão da Canoa, 2020.

FLORÊNCIO, C. E. **Imaginário Social e Consumo Sustentável de Canudos Descartáveis**: apelo midiático e comportamento do consumidor – estudo de caso da marca Beegreen. 2021. Artigo Científico (Bacharelado em Publicidade e Propaganda) – Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão, 2021.

FOGUESATTO, A. M.; BERTON, D. C.; SCHONARDIE, E. F. A sociedade de consumo e as implicações para a sustentabilidade no espaço urbano. In: SALÃO DO CONHECIMENTO, Ijuí, 2017. **Anais [...]**. Ijuí: Unijuí, 2017.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. São Paulo: Atlas, 1999.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Brasil**: Maranhão. 2021. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ma/panorama>. Acesso em: 30 ago. 2021

ITAPARY NETO, J. B. O. **A Inocuidade da Lei 11.014/2019 do Estado do Maranhão (PL 045/2019)**. 2019. Monografia (Bacharelado em Direito) – Centro Universitário UNDB, São Luís, 2019.

LEMO, P. F. I.; SODRÉ, M. G.; ANDRADE, R. M.; LEITÃO, M. P.; GUNN, L.; MENDES, J. M. A. **Consumo Sustentável**: caderno de investigações científicas. v. 3. Brasília: Ministério da Justiça, 2013.

LIA, G. G. J. B.; VASCONCELOS, A. M. Consumo de canudos plásticos em bares e restaurantes de Campo Grande – MS. In: CONGRESSO SUL-AMERICANO DE RESÍDUOS SÓLIDOS E SUSTENTABILIDADE, 2., Foz do Iguaçu, 28-30 maio 2019. **Anais [...]**. Paraná: IBEAS, 2019. p. 1-6.

MARANHÃO. **Decreto nº 34849 de 14 de maio de 2019**. Regulamenta a Lei nº 11.014, de 24 de abril de 2019, que dispõe sobre a proibição de utilização de canudos produzidos em material plástico, nos estabelecimentos comerciais e afins, e dá outras providências. Maranhão: Diário Oficial do Estado, 2019. (não paginado). Disponível em: https://www.normasbrasil.com.br/norma/decreto-34849-2019-ma_377741.html. Acesso em: 27 jan. 2023.

MARANHÃO. **Lei nº 11.014 de 24 de abril de 2019**. Dispõe sobre a proibição de utilização de canudos produzidos em material plástico, nos estabelecimentos comerciais e afins, e dá outras providências. Maranhão: Diário Oficial do Estado, 2019. (não paginado). Disponível em: https://www.normasbrasil.com.br/norma/lei-11014-2019-ma_377741.html. Acesso em: 27 jan. 2023.

11014-2019-ma_377058.html. Acesso em: 23 jan. 2023.

NUNES, Y. B. S.; SILVA, L. R.; MENDES, E. S.; ARAÚJO, N. B.; BEZERRA, M. Composição e Abundância de Resíduos Sólidos em praias urbanas da Região Metropolitana da Ilha de São Luís (MA), Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, [s. l.], v. 11, n. 1, p. 1-12. 2018.

PEREIRA, A. O. K.; HORN, L. F. D. R. **Relações de Consumo Meio Ambiente**. Rio Grande do Sul: EDUCS, 2009.

RODRIGUES, M. P.; SOUZA, M. S. **Utilização do canudo biodegradável D2W como alternativa ao canudo plástico**: condições de degradabilidade e aceitabilidade da população. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnólogo em Gestão Ambiental) – Universidade Federal Tecnológica do Paraná, Medianeira, 2019.

RUSSO, P. R.; FIALHO, E. S. Educação Ambiental e as Mudanças Climáticas: desafios e potencialidades para debater a crise civilizatória. In: DA COSTA, A. J. S. T.; LIMA, C. S. (orgs.). **Natureza e Sociedade**: perspectivas de ação e análise. Curitiba: Bagai, 2021. p. 86-98.

SCARPETTA, J.; EFING, A. C. O Direito do Consumidor no Brasil e a Concretização dos Direitos Humanos. **Revista Direitos Humanos e Democracia**, Ijuí, ano 3, n. 6, 2015. Disponível em: <https://www.revistas.unijui.edu.br/index.php/direitoshumanosedemocracia>. Acesso em 17 dez. 2021.

SIRVINSKAS, L. P. **Manual de Direito Ambiental**. 16. ed. São Paulo: Saraiva Educação, 2018.

SOUZA, C. A. F. Educação Ambiental: considerações. . In: SILVA, C. D. D. (org.). **Educação ambiental, sustentabilidade e desenvolvimento sustentável**: investigações, desafios e perspectivas futuras. Curitiba-PR: Editora Bagai, 2021. p. 119-131.

STRUETT, M. M.; SARZEDAS, C. G. **Perfil do consumidor do canudo plástico**. out. 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/336956502_Perfil_do_Consumidor_do_Canudo_Plastico. Acesso em: 23 jan. 2023.

SUSTENTÁVEL. Canudos Sustentáveis: quais os tipos e benefícios?. [2020?]. Disponível em: <https://sustentavel.com.br/canudos-sustentaveis/>. Acesso em: 28 jan. 2023.

TARTUCE, F.; NEVES, D. A. A. **Manual do Direito do Consumidor**: Direito material e processual. 9. ed. Rio de Janeiro: Forense: São Paulo: Método, 2020.

VIEGAS, D. **Consumo Sustentável e Cidadania**: reflexões sobre a atuação de empresas, sociedade civil e Estado na comunicação para a mobilização socioambiental na realidade de Belo Horizonte. 2010. Dissertação (Mestrado em Gestão Social, Educação e Desenvolvimento Local) – Centro Universitário UNA, Belo Horizonte, 2010.

VIEIRA, L. B. A Educação Ambiental, a Sociedade de Consumo e a necessidade de Sustentabilidade. **Revbea**, São Paulo, v. 15, n. 4, p. 95-109, 2020.

ZANIRATO, S. H.; ROTONDARO, T. Consumo, um dos dilemas da sustentabilidade. **Estudos Avançados**, [s. l.], v. 30, n. 88, p. 77-92, 2016.

16

A NATUREZA COMO TERAPIA: IMPACTOS E DESAFIOS DA EXPOSIÇÃO NATURAL NO DESENVOLVIMENTO DE CRIANÇAS COM AUTISMO

NATURE AS THERAPY: IMPACTS AND CHALLENGES OF NATURAL EXPOSURE ON THE DEVELOPMENT OF CHILDREN WITH AUTISM

Fabrcio Brito Silva¹

Antonio Augusto Sousa Jnior²

Ektor Kayã Magalhães de Melo²

Leticia Desterro e Silva Moreira Lima²

Leonardo Simão da Silva²

Francisco José da Conceição Lima²

Ricardo Brito Silva³

Thalita Rachel Cardoso Cruz Silva⁴

Pollianna Galvão⁵

Daniel Carvalho de Matos⁶

1 Docente do Mestrado em Meio Ambiente, Universidade CEUMA, São Luís-Maranhão

2 Medicina, Universidade CEUMA, São Luís-Maranhão

3 Fisioterapia, Universidade CEUMA, São Luís-Maranhão

4 Pedagogia, Universidade CEUMA, São Luís-Maranhão

5 Docente, Doutora em Psicologia do Desenvolvimento e Escolar, Universidade CEUMA, São Luís-Maranhão

6 Docente, Doutor em Psicologia Experimental, Universidade CEUMA, São Luís-Maranhão

Resumo

A exposição à natureza tem se mostrado uma abordagem promissora para apoiar o desenvolvimento cognitivo, emocional e comportamental de crianças com Transtorno do Espectro do Autismo (TEA). Esta revisão narrativa visa sintetizar as evidências científicas sobre os impactos positivos da interação com ambientes naturais para essa população, destacando os mecanismos sensoriais e sociais envolvidos, além de explorar desafios e limitações na implementação prática dessas intervenções. A análise aponta que a natureza pode contribuir significativamente para a autorregulação emocional, redução do estresse e melhoria das habilidades sociais e comportamentais em crianças com TEA. No entanto, barreiras como o acesso limitado a espaços verdes e a falta de padronização das intervenções dificultam sua aplicação em larga escala. A necessidade de estudos longitudinais e controlados é enfatizada para validar e ampliar as práticas baseadas na natureza, promovendo uma abordagem integrada e inclusiva no tratamento de crianças com TEA.

Palavras-chave: Transtorno do Espectro do Autismo; Intervenções baseadas na natureza; Regulação emocional; Desenvolvimento infantil; Espaços verdes.

Abstract

Exposure to nature has emerged as a promising approach to support the cognitive, emotional, and behavioral development of children with Autism Spectrum Disorder (ASD). This narrative review aims to synthesize scientific evidence on the positive impacts of interaction with natural environments for this population, highlighting the sensory and social mechanisms involved and exploring challenges and limitations in the practical implementation of these interventions. The analysis indicates that nature can significantly contribute to emotional self-regulation, stress reduction, and improvement of social and behavioral skills in children with ASD. However, barriers such as limited access to green spaces and the lack of standardized interventions hinder large-scale application. The need for longitudinal and controlled studies is emphasized to validate and expand nature-based practices, promoting an integrated and inclusive approach to the treatment of children with ASD.

Keywords: Autism Spectrum Disorder; Nature-based interventions; Emotional regulation; Child development; Green spaces.

1. INTRODUÇÃO

O Transtorno do Espectro do Autismo (TEA) afeta aproximadamente 1 em cada 100 crianças mundialmente, apresentando impactos profundos na regulação emocional, desenvolvimento cognitivo e habilidades sociais (Salloum-Asfar *et al.*, 2023). Crianças com TEA enfrentam dificuldades severas na comunicação e interação social, associadas a comportamentos repetitivos e problemas de sobrecarga sensorial, o que compromete significativamente sua qualidade de vida e a de suas famílias (Hirota e King, 2023). Além disso, a regulação emocional deficiente é um traço marcante nessa população, muitas vezes levando a crises comportamentais e ao aumento de condições comórbidas, como ansiedade e depressão (Dell'Osso *et al.*, 2023; Kanagaraj *et al.*, 2021). Essas dificuldades tornam essencial a busca por intervenções eficazes e acessíveis que vão além das abordagens tradicionais e farmacológicas.

Nesse contexto, a exposição a ambientes naturais tem se destacado como uma intervenção promissora, oferecendo um conjunto de estímulos sensoriais regulados e oportunidades para interação social e atividade física que favorecem o bem-estar das crianças. A literatura sugere que ambientes naturais, por meio de estímulos menos invasivos e mais equilibrados, contribuem para a redução da sobrecarga sensorial e promovem a recuperação emocional, conforme preconizado pela Teoria da Recuperação do Estresse (Sona, 2018; Gebhard, 2023). Estudos indicam que intervenções como jardins sensoriais e atividades ao ar livre são capazes de melhorar a comunicação, o comportamento e a autoestima em crianças com TEA (Pouya *et al.*, 2024; Langley, 2022). Além disso, o engajamento físico e social em ambientes naturais tem demonstrado resultados positivos na mitigação de sintomas de Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH) e na regulação emocional (Kasap *et al.*, 2021; Johnstone *et al.*, 2022).

Entretanto, apesar dos avanços na compreensão dos efeitos positivos da exposição à natureza, desafios importantes permanecem. O acesso a espaços verdes é desigual, especialmente em áreas urbanas, limitando os benefícios dessa intervenção para certas populações (Opbroek *et al.*, 2023). A heterogeneidade dos sintomas e a variabilidade nas respostas às intervenções também dificultam a padronização das abordagens, e a escassez de estudos longitudinais e controlados prejudica a avaliação da eficácia a longo prazo (Tsiplava; Ungar, 2023). Diante dessas lacunas, emergem as seguintes questões norteadoras: (1) Quais são os benefícios cognitivos, emocionais e comportamentais da exposição à natureza para crianças com TEA? (2) Quais mecanismos sensoriais e sociais explicam o impacto positivo da natureza no bem-estar infantil? (3) Quais são os principais desafios e limitações na implementação prática de intervenções baseadas na natureza para crianças com TEA? (4) Como a pesquisa científica pode orientar o desenvolvimento de intervenções eficazes e sustentáveis para essa população?

Considerando o crescente interesse nas intervenções baseadas na natureza e os desafios identificados, o presente estudo tem como objetivo geral avaliar o efeito da exposição à natureza em crianças com Transtorno do Espectro do Autismo (TEA), por meio de uma revisão narrativa da literatura. Esta revisão busca sintetizar os impactos cognitivos, emocionais e comportamentais dessa abordagem, identificar os mecanismos mediadores envolvidos e discutir as barreiras e limitações práticas na implementação dessas intervenções. A partir dessa análise, pretende-se contribuir para o desenvolvimento de estratégias mais eficazes e acessíveis, que integrem a natureza como recurso terapêutico no contexto do TEA.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Esta revisão narrativa foi desenvolvida com o propósito de sintetizar as evidências científicas existentes sobre os impactos da exposição à natureza no desenvolvimento de crianças com Transtorno do Espectro do Autismo (TEA). A condução do estudo seguiu uma abordagem sistemática na busca, seleção, análise e integração dos artigos relevantes, adotando critérios específicos para assegurar a abrangência e a qualidade das informações.

2.1 Estratégia de Busca

As buscas foram realizadas em bases de dados científicas amplamente reconhecidas, como PubMed, Scopus, Web of Science e Google Scholar, entre julho e outubro de 2024. Descritores foram selecionados em português e inglês, abrangendo termos como “Transtorno do Espectro do Autismo”, “Autism Spectrum Disorder”, “exposição à natureza”, “nature-based interventions”, “regulação emocional” e “green spaces”. Além disso, referências de artigos-chave foram analisadas para identificar estudos relevantes adicionais.

2.2 Critérios de Inclusão e Exclusão

Para compor o corpus da revisão, foram aplicados critérios de inclusão que consideraram a relevância e qualidade dos estudos analisados. Foram incluídos estudos empíricos, revisões sistemáticas e narrativas, estudos observacionais e ensaios clínicos que investigassem a exposição à natureza no contexto de crianças com Transtorno do Espectro do Autismo (TEA), publicados entre 2016 e 2024. Foram aceitos artigos redigidos em inglês e português que tratassem da população-alvo de crianças com diagnóstico de TEA e que abordassem intervenções envolvendo a interação com ambientes naturais, como parques, hortas, jardins sensoriais, ecoterapia e atividades ao ar livre. Em contrapartida, estudos que não apresentassem uma relação clara entre a exposição à natureza e o desenvolvimento de crianças com TEA foram excluídos, assim como aqueles com limitações metodológicas significativas, incluindo amostras insuficientes e ausência de critérios claros de avaliação. Também foram desconsiderados estudos cujo conteúdo completo não estivesse acessível, como artigos com acesso restrito e sem alternativas institucionais.

2.3 Seleção dos Estudos

Ao todo, 80 artigos foram considerados potencialmente relevantes após a triagem inicial de títulos e resumos. Destes, 65 atenderam aos critérios de inclusão e foram analisados integralmente. Dois revisores independentes conduziram a seleção para garantir consistência e confiabilidade; eventuais divergências foram resolvidas mediante consenso.

2.4 Análise e Extração dos Dados

A análise dos estudos selecionados foi conduzida qualitativamente, focando-se em aspectos como os benefícios cognitivos, emocionais e comportamentais associados à exposição à natureza. Também foram explorados os mecanismos sensoriais e sociais que podem explicar os efeitos positivos observados nessas intervenções, assim como os desafios e limitações para a implementação prática de atividades baseadas na natureza para crian-

ças com TEA. Além disso, foram consideradas propostas para ampliar o acesso a espaços verdes e para padronizar intervenções nessa área. As informações extraídas dos estudos foram organizadas em categorias temáticas, visando uma compreensão mais profunda e integrada dos principais achados. A metodologia buscou incluir e integrar estudos com abordagens diversas, proporcionando uma visão abrangente sobre os impactos da interação com ambientes naturais no desenvolvimento de crianças com TEA.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 transtorno do Espectro Autista e Autorregulação Emocional

O Transtorno do Espectro do Autismo (TEA) é uma condição complexa do neurodesenvolvimento caracterizada por uma combinação de déficits na comunicação e interação social e por comportamentos restritos e repetitivos. Esses aspectos são frequentemente acompanhados por dificuldades emocionais e comportamentais que afetam significativamente o cotidiano e a qualidade de vida das pessoas com TEA. Assim, compreender esses desafios é essencial para o desenvolvimento de intervenções e estratégias de suporte eficazes. Entre os déficits mais comuns, estão dificuldades na comunicação social, que incluem problemas em compreender e usar tanto a comunicação verbal quanto a não verbal, além de manter contato visual e interpretar sinais sociais, o que pode prejudicar a formação e a manutenção de relacionamentos (Hirota; King, 2023; Brochot, 2021). Outro traço característico envolve comportamentos repetitivos e interesses restritos, que se manifestam por movimentos repetitivos, insistência na mesmice e foco intenso em determinados tópicos ou objetos, limitando a capacidade de adaptação e comprometendo o funcionamento diário (Brereton; Tonge, 2020; Brochot, 2021).

Além disso, muitos indivíduos com TEA apresentam processamento sensorial atípico, levando a hiper ou hipossensibilidade a estímulos sensoriais, o que pode gerar desconforto em ambientes sobrecarregados ou pouco estimulantes (O'Brien; Blair, 2020; Brochot, 2021). Do ponto de vista emocional, a presença de ansiedade e depressão é frequente, agravando os sintomas do TEA e gerando dificuldades adicionais em ambientes sociais e escolares (Reis; Monteiro, 2024; Brereton; Tonge, 2020). A regulação emocional, por sua vez, é um desafio central para muitos desses indivíduos, dificultando a capacidade de controlar reações emocionais e lidar com situações sociais, o que frequentemente resulta em estresse e explosões comportamentais (Kanagaraj *et al.*, 2021; Brochot, 2021). Esses desafios comportamentais podem incluir agressão, automutilação e crises de birra, sendo muitas vezes respostas a sobrecargas sensoriais, frustrações comunicativas ou sofrimento emocional (Hastings *et al.*, 2021; Hirota; King, 2023).

Do ponto de vista etiológico, fatores genéticos desempenham um papel relevante no desenvolvimento do TEA, com estudos sugerindo uma herdabilidade de 70% a 90%. Diversos genes e síndromes genéticas têm sido associados ao transtorno, ressaltando a complexidade de sua base genética (Genovese; Butler, 2023). Paralelamente, fatores ambientais, como influências pré-natais e pós-natais, podem interagir com predisposições genéticas e moldar a gravidade e a apresentação dos sintomas (O'Brien e Blair, 2020). Embora as pesquisas e intervenções no TEA frequentemente enfoquem os sintomas centrais, é fundamental considerar as dificuldades emocionais e comportamentais no contexto mais amplo. Esses desafios têm um impacto profundo na qualidade de vida tanto dos indivíduos com TEA quanto de suas famílias. A implementação de intervenções direcionadas, como terapias comportamentais e tratamentos farmacológicos, pode melhorar significativamente os resultados e promover o desenvolvimento do potencial desses indivíduos.



Ademais, a compreensão das interações entre fatores genéticos e ambientais permite a criação de abordagens mais personalizadas e eficazes de tratamento.

3.1.2 O efeito da Exposição a Natureza em Crianças Autistas

A exposição de crianças com Transtorno do Espectro do Autismo (TEA) a ambientes naturais tem mostrado efeitos positivos significativos em diversos aspectos de seu desenvolvimento, abrangendo desde os benefícios cognitivos até o fortalecimento das habilidades sociais e emocionais. Ambientes naturais fornecem uma experiência sensorial balanceada que pode ajudar a reduzir a sobrecarga sensorial, um aspecto frequentemente desafiador para indivíduos no espectro autista. A imersão nesses ambientes estimula a regulação emocional, o bem-estar físico e mental, além de facilitar o engajamento social e as interações comunicativas (Franco et al., 2017). Dessa forma, esses ambientes têm se tornado recursos fundamentais em terapias e programas educativos voltados ao público autista.

3.1.3 Benefícios Cognitivos, Emocionais e Comportamentais

No campo cognitivo, o contato com a natureza tem sido associado a melhorias em habilidades como atenção, concentração e memória, fatores que são, muitas vezes, prejudicados em indivíduos com TEA. A “Teoria da Restauração da Atenção” sugere que ambientes naturais ajudam a restaurar os recursos cognitivos, aumentando o foco e a capacidade de aprendizagem, o que contribui para o melhor desempenho acadêmico dessas crianças (Gebhard, 2023; Kasap et al., 2021). Estudos como o de Purifier (2022) indicam que essa exposição também promove o desenvolvimento neuropsicológico, particularmente na memória de trabalho e no processamento cognitivo geral, aspectos importantes para o desenvolvimento e a integração de novas informações.

Além dos benefícios cognitivos, o ambiente natural também promove o relaxamento e a recuperação emocional, como proposto pela “Teoria da Recuperação do Estresse”. Essa teoria sugere que a natureza atua como um amortecedor do estresse, levando a uma redução dos níveis de ansiedade e depressão entre as crianças autistas (Gebhard, 2023). Em termos comportamentais, ambientes naturais incentivam atitudes pró-sociais, como empatia e cooperação, reduzindo sintomas de comorbidades comuns como o Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH) e facilitando a autorregulação emocional (Johnstone et al., 2022). As terapias baseadas na natureza e programas educativos oferecem uma oportunidade de interação social em contextos lúdicos, estimulando habilidades criativas e promovendo o bem-estar geral (Kasap et al., 2021).

3.1.4 Mediadores para os Efeitos da Natureza

A mediação dos efeitos positivos da natureza ocorre em grande parte através da regulação sensorial que esses ambientes oferecem. Crianças com TEA frequentemente apresentam uma hipersensibilidade a estímulos sensoriais; ambientes urbanos com estímulos intensos e imprevisíveis podem agravar essa condição, enquanto os ambientes naturais proporcionam um equilíbrio sensorial essencial (Sona, 2018). A “Teoria dos Ambientes Restaurativos” (RET) sugere que a combinação de estímulos visuais, auditivos, olfativos e táteis presentes na natureza proporciona uma experiência multissensorial harmoniosa, ajudan-

do na recuperação dos recursos mentais e na redução do estresse (Franco *et al.*, 2017).

Essa experiência sensorial é particularmente importante porque envolve vias sensoriais não visuais, como sons da natureza e aromas, que têm efeitos calmantes comprovados. A psicologia evolutiva reforça essa noção ao argumentar que os humanos evoluíram em ambientes naturais e, portanto, possuem uma predisposição natural para responder positivamente a esses estímulos (Chen; Yang, 2024). Além disso, a conexão emocional com a natureza é um importante mediador, promovendo sentimentos positivos e reduzindo emoções negativas, o que pode ser especialmente útil para crianças no espectro autista, proporcionando a elas um espaço de equilíbrio emocional.

3.1.5 Engajamento Social e Atividades ao Ar Livre

Ambientes como parques, florestas e jardins promovem a socialização e o sentimento de pertencimento, fundamentais para o desenvolvimento social de crianças com TEA, que muitas vezes apresentam desafios nesse aspecto. A natureza facilita a interação social de maneira menos estruturada e menos intimidante do que ambientes formais, como salas de aula, e oferece um espaço onde essas crianças podem explorar e interagir livremente com outras pessoas (Pryciak, 2018). Essa interação pode ajudar a reduzir a sensação de isolamento e a melhorar a saúde mental, uma vez que esses espaços também incentivam atividades físicas de baixo estresse, que são benéficas para a saúde mental e física (Petrunoff *et al.*, 2021).

Intervenções terapêuticas específicas, como a ecoterapia, utilizam o ambiente natural para promover o engajamento físico e social. Estudos têm demonstrado que essas práticas resultam em melhorias na saúde mental e na qualidade de vida, ao proporcionar uma estrutura de apoio ao desenvolvimento físico e emocional de crianças com TEA (Arisoy, 2023; Hinds; Jordan, 2016). A prática de atividades ao ar livre, como caminhadas, brincadeiras supervisionadas e exploração sensorial, também proporciona oportunidades de aprendizado e socialização em um contexto menos formal e mais acolhedor.

3.1.6 Abordagens e Desafios

Diversas abordagens de intervenção utilizam a natureza para potencializar os efeitos terapêuticos. Jardins sensoriais e hortas terapêuticas são exemplos de ambientes planejados para oferecer uma experiência sensorial equilibrada e promover a estabilidade emocional. Estudos de Pouya *et al.* (2024) e Barakat *et al.* (2019) indicam que essas intervenções ajudam a regular estímulos sensoriais, enquanto atividades de horticultura incentivam o desenvolvimento de habilidades sociais e cognitivas, como responsabilidade e trabalho em equipe (Buru *et al.*, 2019; Overbey *et al.*, 2021). Além disso, a Nature Play Therapy e atividades experienciais baseadas na natureza promovem a expressão criativa e facilitam a regulação emocional, incentivando múltiplas inteligências (Langley, 2022; Torng, 2013).

No entanto, a acessibilidade a esses espaços verdes apresenta um desafio, especialmente em áreas urbanas onde a distribuição de espaços naturais pode ser desigual. A criação e manutenção desses espaços requerem políticas públicas e um planejamento urbano que garanta o acesso igualitário a áreas verdes, possibilitando que todas as crianças com TEA se beneficiem dessas intervenções. Estudos apontam que a implementação de políticas públicas focadas na acessibilidade de áreas naturais pode ser uma solução para promover a equidade no acesso a esses benefícios de saúde e bem-estar, ampliando o im-



pacto positivo da natureza na vida dessas crianças (Pryciak, 2018).

Em síntese, a exposição à natureza revela-se uma ferramenta terapêutica eficaz para o desenvolvimento integral de crianças autistas, ajudando-as a superar desafios sensoriais, cognitivos, emocionais e sociais. A integração de programas baseados na natureza em escolas e centros de terapia, associada ao desenvolvimento de políticas que garantam acesso a esses ambientes, pode maximizar esses benefícios e transformar a vida dessas crianças. A exploração futura nesse campo pode continuar a revelar novas maneiras de otimizar o uso de ambientes naturais em intervenções para TEA, promovendo uma abordagem mais inclusiva e sustentável no apoio ao desenvolvimento dessas crianças.

3.2 Desafios e Limitações na Aplicação Prática

O contato com ambientes naturais pode desempenhar um papel fundamental no desenvolvimento de crianças com Transtorno do Espectro do Autismo (TEA), fornecendo benefícios em várias áreas, incluindo a cognição, a regulação emocional e o comportamento social. Estudos recentes destacam como a exposição à natureza oferece um ambiente sensorialmente mais equilibrado em comparação com ambientes urbanos, minimizando a sobrecarga sensorial e promovendo uma sensação de tranquilidade e bem-estar (Hamzehlou, 2022). Em crianças com TEA, caracterizadas por desafios no processamento sensorial e na regulação emocional, a natureza se torna um espaço restaurador, ajudando a mitigar os efeitos do estresse e da ansiedade e melhorando o desenvolvimento cognitivo e social (Dell’Osso *et al.*, 2023).

3.2.1 Benefícios Cognitivos, Emocionais e Comportamentais

Os benefícios cognitivos da exposição à natureza em crianças autistas estão associados ao aprimoramento da atenção e da memória. Pesquisas sobre ambientes naturais sugerem que esses espaços reduzem a fadiga mental, ajudando na recuperação dos recursos cognitivos e aumentando a capacidade de concentração e foco em atividades cotidianas (Okkenhaug *et al.*, 2024). A estimulação sensorial equilibrada desses ambientes pode influenciar positivamente as funções executivas, como a memória de trabalho e o planejamento, competências frequentemente prejudicadas em crianças com TEA (Costescu *et al.*, 2023). Esse tipo de estimulação controlada promove um espaço ideal para o desenvolvimento neuropsicológico, especialmente em aspectos como a inteligência e o raciocínio lógico.

Em relação ao desenvolvimento emocional, o ambiente natural tem sido reconhecido como um fator que facilita a regulação emocional em crianças com TEA. Estudos indicam que o contato com a natureza pode contribuir para uma redução nos níveis de ansiedade e depressão, promovendo o relaxamento e uma recuperação emocional efetiva (Hastings *et al.*, 2022). Crianças autistas, que frequentemente enfrentam desafios significativos para lidar com suas emoções, podem se beneficiar de ambientes que oferecem menos estímulos agressivos e mais oportunidades de autoexpressão e introspecção (Cai *et al.*, 2018). A exposição à natureza, portanto, promove um espaço no qual a criança consegue explorar suas emoções de forma segura e menos reativa, o que favorece o desenvolvimento emocional.

Do ponto de vista comportamental, atividades em ambientes naturais têm demonstrado promover atitudes pró-sociais, como empatia e cooperação, elementos que podem

ser desafiadores para crianças com TEA (Anderson; Carr, 2021). Essas atividades facilitam a interação e a socialização, fatores importantes para crianças com TEA, que muitas vezes enfrentam barreiras em ambientes mais estruturados. A prática de jogos e interações supervisionadas em parques ou jardins, por exemplo, incentiva a participação ativa em contextos sociais, melhorando as habilidades comunicativas e o autocontrole (Genovese; Butler, 2023).

3.2.2 Mediadores para os Efeitos da Natureza

O impacto positivo da natureza está profundamente ligado aos estímulos sensoriais presentes nesses ambientes. Crianças autistas apresentam frequentemente sensibilidades sensoriais exacerbadas, sendo suscetíveis à sobrecarga causada por ruídos e estímulos visuais intensos. Em contrapartida, ambientes naturais oferecem uma experiência sensorial mais equilibrada e menos invasiva, o que ajuda a evitar a sobrecarga (Hamzehlou, 2022). Sons suaves, como o canto dos pássaros, e aromas sutis, como o cheiro de plantas, são estímulos que atuam de forma harmoniosa, proporcionando calma e facilitando a recuperação emocional (Kanagaraj *et al.*, 2022).

Além disso, o contato direto com elementos naturais favorece o desenvolvimento da “biocompatibilidade emocional”, um conceito que explica a tendência humana de se sentir bem em ambientes que imitam o cenário natural em que a espécie evoluiu. Esse contato ativa reações fisiológicas e emocionais que promovem sentimentos de bem-estar, o que é especialmente benéfico para crianças com TEA que buscam frequentemente uma sensação de estabilidade emocional e controle (Restoy *et al.*, 2024). Dessa forma, a natureza emerge como um mediador essencial na promoção de emoções positivas e na redução de reações negativas, auxiliando na regulação de emoções difíceis e promovendo o equilíbrio psicológico.

3.2.3 Engajamento Social e Atividades ao Ar Livre

Espaços naturais, como parques e áreas ao ar livre, favorecem atividades físicas e interações sociais menos estruturadas, o que é essencial para o desenvolvimento social de crianças com TEA (Hamzehlou, 2022). Nessas atividades, as crianças são incentivadas a participar em grupos, melhorando suas habilidades de comunicação e socialização, em um ambiente menos intimidador e mais acolhedor. A prática de atividades ao ar livre, como caminhadas ou brincadeiras em grupo, contribui para a saúde física e mental, oferecendo um espaço de inclusão e pertencimento (Okkenhaug *et al.*, 2024).

Intervenções terapêuticas que utilizam o ambiente natural, como a ecoterapia, oferecem ainda uma estrutura que incentiva a participação ativa das crianças e melhora suas habilidades sociais em um contexto de apoio. Essas práticas têm sido eficazes em reduzir o isolamento social e aumentar o bem-estar emocional, além de fomentar a capacidade de cooperação e empatia em situações de grupo (O'Brien *et al.*, 2021). Esse tipo de intervenção pode, portanto, servir como uma ferramenta importante para o desenvolvimento das competências sociais e emocionais necessárias para o convívio em ambientes diversos, facilitando a integração em espaços comunitários e escolares.



3.2.4 Abordagens e Desafios

As intervenções baseadas em ambientes naturais para crianças com TEA variam desde a implementação de jardins sensoriais até a utilização de áreas de escape ao ar livre que oferecem um ambiente de calma e proteção (Hamzehlou, 2022). Essas abordagens incluem atividades como a horticultura terapêutica e a jardinagem comunitária, que incentivam o desenvolvimento de habilidades de cooperação, responsabilidade e independência (Brereton; Tonge, 2020). A “Nature Play Therapy”, por exemplo, proporciona experiências que estimulam a criatividade e a expressão emocional, auxiliando na autorregulação e no desenvolvimento de competências cognitivas (Elisse; Aswanti, 2024).

No entanto, um desafio crítico para a implementação dessas intervenções é a acessibilidade limitada a espaços verdes em áreas urbanas densamente povoadas. A falta de políticas públicas que promovam o acesso equitativo a esses ambientes cria uma barreira para que famílias de crianças com TEA se beneficiem completamente das terapias naturais. Pesquisas defendem a criação de políticas de planejamento urbano voltadas à expansão e manutenção de áreas verdes acessíveis, promovendo uma distribuição equitativa de espaços que contribuem para a saúde e o bem-estar da população (Opbroek *et al.*, 2024).

Em suma, a exposição à natureza se apresenta como um recurso valioso e multifuncional para o desenvolvimento integral de crianças autistas, oferecendo um espaço restaurador que abrange desde a regulação sensorial até a promoção de habilidades sociais. A implementação de programas que integram atividades em ambientes naturais nas escolas e centros de apoio, aliada a políticas de acessibilidade a esses espaços, pode potencializar os efeitos positivos no desenvolvimento de crianças com TEA. Explorações futuras podem focar em estratégias para ampliar a acessibilidade a esses ambientes e investigar o impacto a longo prazo dessas intervenções na qualidade de vida de crianças autistas e suas famílias.

4. CONCLUSÃO

A exposição à natureza revela-se uma abordagem promissora para promover o desenvolvimento cognitivo, emocional e comportamental em crianças com Transtorno do Espectro do Autismo (TEA). Ambientes naturais oferecem experiências multissensoriais reguladas, reduzindo a sobrecarga sensorial e criando oportunidades para interação social e atividades físicas prazerosas. Essas intervenções, quando adaptadas às necessidades individuais das crianças, podem complementar as abordagens terapêuticas tradicionais, potencializando o bem-estar e a qualidade de vida dessa população.

Contudo, desafios significativos persistem na implementação prática dessas intervenções. Barreiras relacionadas ao acesso desigual a espaços verdes, dificuldades comportamentais, falta de padronização das abordagens e limitações nas pesquisas científicas ainda precisam ser superadas. A variabilidade dos sintomas e a heterogeneidade das respostas às intervenções reforçam a importância de desenvolver estratégias personalizadas e baseadas em evidências.

A síntese apresentada nesta revisão destaca a necessidade de ampliar estudos longitudinais e controlados, bem como de integrar políticas públicas que promovam espaços verdes acessíveis e inclusivos. A combinação de intervenções baseadas na natureza com tecnologias assistivas e programas de atividade física adaptada pode representar um caminho promissor para superar as limitações atuais.

Portanto, integrar a natureza como recurso terapêutico na vida de crianças com TEA

não apenas expande o horizonte das práticas clínicas, mas também promove um novo paradigma de cuidado, mais holístico e centrado na criança. A continuidade das pesquisas e a colaboração entre pesquisadores, profissionais de saúde e gestores públicos serão fundamentais para transformar essas evidências em práticas sustentáveis e acessíveis, beneficiando crianças com TEA e suas famílias.

Referências

- ALCAÑIZ, M.; MADDALON, L.; MINISSI, M. E. et al. Adaptive technological interventions for autism spectrum disorder: a literature review. **Medicina**, v. 82, Suppl. 1, p. 54-58, fev. 2022. Disponível em: PMID: 35171809.
- ANDERSON, A.; CARR, M. Applied Behaviour Analysis for Autism: Evidence, Issues, and Implementation Barriers. **Current Developmental Disorders Reports**, v. 8, 2021. Disponível em: DOI: 10.1007/s40474-021-00237-x.
- BRETERON, Avril Vaux; TONGE, Bruce J. **Autism Spectrum Disorder**. In: Book Chapter, 12 jan. 2020.
- BROCHOT, Etienne. Definition, prevalence, and behavioral symptoms of autism. *Journal Article*, 31 dez. 2021.
- CAI, R. Y.; RICHDAL, A. L.; ULJAREVIĆ, M.; DISSANAYAKE, C.; SAMSON, A. C. Emotion regulation in autism spectrum disorder: Where we are and where we need to go. **Autism Research**, v. 11, n. 7, p. 962-978, jul. 2018.
- COSTESCU, C.; ADRIAN, R.; CARMEN, D. Executive functions and emotion regulation in children with autism spectrum disorders. **European Journal of Special Needs Education**, v. 39, n. 3, p. 477-486, 2023
- DELL'OSSO, L. et al. Emotional dysregulation as a part of the autism spectrum continuum: a literature review from late childhood to adulthood. **Frontiers in Psychiatry**, v. 14, 18 set. 2023.
- DELUCIA, Emily A.; et al. Parental influences on emotional regulation in children with autism: A review. **Journal of Family Psychology**, 2021.
- ELISSE, J.; ASWANTI, M. Exploring feelings: cognitive behaviour therapy to enhance emotional regulation in children with autism spectrum disorder. **Psikostudia: Jurnal Psikologi**, v. 13, n. 2, p. 272, 2024.
- GENOVESE, A.; BUTLER, M. G. The Autism Spectrum: Behavioral, Psychiatric and Genetic Associations. **Genes (Basel)**, v. 14, n. 3, p. 677, 2023.
- HAMZEHLUI, A. Calm Space, an Outdoor Escape Area: A Feasibility Study on Social Participation of Children with Autism. In: International Conference on "Health & Environmental Resilience and Livability in Cities-The challenge of climate change. Cham: Springer Nature Switzerland, 2022. p. 105-116.
- HASTINGS, S. E. et al. Emotional and behavioural problems of children with autism spectrum disorder attending mainstream schools. **International Journal of Developmental Disabilities**, v. 68, n. 5, p. 633-640, 2022.
- HIROTA, T.; KING, B. H. Autism spectrum disorder: a review. **Jama**, v. 329, n. 2, p. 157-168, 2023.
- KANAGARAJ, S. et al. Autism and emotion: a narrative review. **Journal of Health and Allied Sciences NU**, v. 12, n. 2, p. 196-207, 2022.
- KIM, H. et al. Correlations between sleep problems, core symptoms, and behavioral problems in children and adolescents with autism spectrum disorder: a systematic review and meta-analysis. **European Child & Adolescent Psychiatry**, v. 33, n. 5, p. 1539-1549, 2024.
- LEE, Soohyun; et al. Emotional regulation strategies in young children with autism: A systematic review. **Journal of the Korean Association for Persons with Autism**, 30 dez. 2022.
- LINDGREN, S. et al. A randomized controlled trial of functional communication training via telehealth for young children with autism spectrum disorder. **Journal of Autism and Developmental Disorders**, v. 50, p. 4449-4462, 2020.
- LIU, Q.; WU, J. What children learn in a digital home: the complex influence of parental mediation and smartphone interference. **Education and Information Technologies**, v. 29, n. 5, p. 6273-6291, 2024.
- O'BRIEN, Kylie et al. Autism Spectrum Disorder. **Medicinal Cannabis and CBD in Mental Healthcare**, p. 459-512, 2021.
- OKKENHAUG, I.; JENSEN, M. R.; SOLHAUG, S. Barriers and Facilitators for Physical Activity Among Children and Youth With Autism—A Scoping Review. **Journal of Physical Activity and Health**, v. 1, n. aop, p. 1-15, 2024.

OPBROEK, J. et al. Urban green spaces and behavioral and cognitive development in children: A health impact assessment of the Barcelona “Eixos Verds” Plan (Green Axis Plan). **Environmental Research**, v. 244, p. 117909, 2024.

REIS, S. L.; MONTEIRO, P. From synaptic dysfunction to atypical emotional processing in autism. **FEBS Letters**, v. 598, n. 3, p. 269-282, 2024.

RESTOY, Damián; et al. Emotion regulation and emotion dysregulation in children with Autism Spectrum Disorder: A meta-analysis. **Clinical Psychology Review**, 20 fev. 2024.

SALLOUM-ASFAR, S.; ZAWIA, N.; ABDULLA, S. A. Retracing our steps: A review on autism research in children, its limitation and impending pharmacological interventions. **Pharmacology & Therapeutics**, p. 108564, 2023.

TSIPLOVA, K.; UNGAR, W. J. Why it is so challenging to perform economic evaluations of interventions in autism and what to do about it. **Autism Research**, v. 16, n. 11, p. 2061-2070, 2023.

17

CONTEXTUALIZANDO A RELAÇÃO DE QUEIMADAS E SAÚDE HUMANA: REVISÃO DE LITERATURA

CONTEXTUALIZING THE RELATIONSHIP BETWEEN BURNING AND HUMAN HEALTH: LITERATURE REVIEW

Émilly Rauani Chaves Gomes Diniz¹

Janaina Maiana Abreu Barbosa²

José Haroldo Bandeira Sousa³

Alexsandro Ferreira Dos Santos⁴

Maria Cláudia Gonçalves⁵

Paula Caroline Ferreira Bizerra⁶

Bruna Rêgo Bandeira Sousa⁷

Thallita Karolline de Queiroz Pereira Serra⁸

Wellison da Cunha Araújo Firmo⁹

José Sérgio Macedo¹⁰

Adriana Sousa Rêgo¹¹

1 Fisioterapeuta, Mestra em Meio Ambiente - UNICEUMA

2 Nutricionista, Doutora em Saúde Coletiva. Docente do Programa de Mestrado em Gestão de Programas e Serviços de Saúde da Universidade CEUMA, São Luís – MA

3 Doutor em Linguística, Docente do Curso de Letras da Universidade Estadual do Maranhão- UEMA, São Luís-MA e Fonoaudiólogo

4 Nutricionista, Doutor em Ciências da Saúde. Docente do Programa de Mestrado em Meio Ambiente da Universidade CEUMA, São Luís - MA

5 Fisioterapeuta, Docente no Mestrado em Meio Ambiente- Universidade CEUMA

6 Nutricionista, formada na Universidade CEUMA

7 Advogada, Pós-Graduada em Advocacia Trabalhista e Previdenciária pela ESA-OAB/MA

8 Enfermeira, Mestra em Enfermagem Área De Concentração: Práticas Do Cuidado Em Enfermagem (Unisinus). Doutorado em Engenharia Biomédica (Universidade Brasil). Docente na da Universidade Estadual do Maranhão- UEMA

9 Farmacêutico, Docente do Mestrado profissional em Gestão de Programas e Serviços de Saúde pela Universidade Ceuma

10 Médico, Mestre em Gestão de Programas e Serviços de Saúde pela Universidade Ceuma

11 Fisioterapeuta, Doutora em Saúde Coletiva. Docente do Programa de Mestrado em Meio Ambiente da Universidade CEUMA, São Luís - MA

Resumo

Ambientes com focos de queimadas, como incêndios florestais e fogueiras, representam um risco significativo para a saúde pública, especialmente no que se refere a problemas respiratórios. O estudo teve como objetivo investigar a relação entre queimadas e saúde humana, por meio de uma revisão integrativa da literatura. A busca foi realizada em bases de dados como PubMed, EbscoHost, Cochrane Library e MedLine, utilizando descritores como “meio ambiente e saúde” e “lesão por inalação de fumaça”. Após análise, 05 estudos foram incluídos. Os resultados mostraram que a exposição à fumaça de queimadas está consistentemente associada ao aumento de hospitalizações por problemas respiratórios, especialmente em crianças, idosos e trabalhadores expostos. Isso evidencia a necessidade de intervenções de saúde pública para atenuar esses impactos.

Palavras-chave: Meio ambiente e saúde, Meio Ambiente Alterado, Desmatamento, Lesão por Inalação de Fumaça.

Abstract

Environments with fires, such as forest fires and bonfires, represent a significant risk to public health, especially with regard to respiratory problems. The study aimed to investigate the relationship between fires and human health, through an integrative literature review. The search was carried out in databases such as PubMed, EbscoHost, Cochrane Library and MedLine, using descriptors such as “environment and health” and “smoke inhalation injury”. After analysis, 05 studies were included. The results showed that exposure to wildfire smoke is consistently associated with an increase in hospitalizations for respiratory problems, especially in children, the elderly and exposed workers. This highlights the need for public health interventions to mitigate these impacts.

Keywords: Environment and health, Altered Environment, Deforestation, Smoke Inhalation Injury.

1. INTRODUÇÃO

Os ambientes que oferecem focos de queimadas, como incêndios florestais e fogueiras, representam uma fonte significativa de preocupação para a saúde pública, especialmente no que se refere a problemas respiratórios em populações expostas. A inalação de fumaça e poluentes oriundos desses cenários está diretamente associada a uma série de doenças respiratórias, como asma, doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) e infecções respiratórias agudas, exacerbando condições preexistentes e podendo desencadear novos casos. No contexto do Maranhão, onde questões ambientais ligadas às queimadas são prevalentes, é crucial investigar a relação entre os focos de queimadas e a incidência de doenças respiratórias, sobretudo em comunidades vulneráveis.

Entre as populações mais afetadas por esses ambientes estão trabalhadores ao ar livre e veteranos militares expostos à fumaça de fogueiras em zonas de combate, que relatam incidências mais altas de doenças respiratórias, como dispneia e bronquite crônica. Estudos, como os de Weheba *et al.* (2024) e Garshick *et al.* (2023), mostram que a exposição prolongada à fumaça pode agravar condições respiratórias e aumentar significativamente o risco de hospitalizações. Além disso, pesquisas apontam que o aumento dos índices de qualidade do ar correlaciona-se diretamente com o crescimento de internações por problemas respiratórios em áreas propensas a queimadas.

Essa situação exige uma resposta mais robusta de saúde pública, que inclua medidas preventivas e intervenções eficazes. Além disso, é necessário aprofundar a compreensão dos efeitos a longo prazo da exposição à fumaça de queimadas e desenvolver estratégias personalizadas que levem em consideração fatores genéticos, ambientais e de estilo de vida. No entanto, a variabilidade na suscetibilidade entre diferentes indivíduos expostos reforça a complexidade dessa questão, exigindo uma abordagem abrangente e baseada em evidências para mitigar os impactos à saúde respiratória das populações afetadas.

A pesquisa sobre a prevalência de doenças respiratórias, como a pneumonia, na série histórica de 2011 a 2020 no Maranhão, pode ser integrada a esses dados, fornecendo uma base sólida para compreender melhor os efeitos das queimadas na saúde da população local. A associação entre o aumento de queimadas e a incidência de problemas respiratórios justifica ainda mais a importância de investigar e intervir nessas regiões.

Diante deste contexto o objetivo dessa revisão é investigar a associação entre queimadas e saúde humana.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo foi realizado por meio de uma revisão integrativa da literatura, seguindo uma metodologia estruturada em seis etapas: identificação do tema e seleção da hipótese, estabelecimento da estratégia de pesquisa, definição e coleta de dados, avaliação crítica dos estudos incluídos, análise e síntese dos resultados, e apresentação e discussão dos achados. O tema central da revisão foi desmatamento e problemas de saúde.

A busca pelos estudos foi realizada em quatro bases de dados amplamente reconhecidas na área da saúde: PubMed, EbscoHost, Cochrane Library e MedLine. Essas bases foram consultadas, garantindo uma busca robusta e confiável para o tema proposto. A coleta de dados foi realizada entre os dias 16 de agosto a 14 de setembro de 2024.



Para assegurar a precisão e abrangência da busca, foram utilizados descritores em saúde (DeCS), que incluem termos específicos como “meio ambiente e saúde”, “Meio Ambiente Alterado”, “Desmatamento” e “Lesão por Inalação de Fumaça”. A equação de busca aplicada envolveu uma combinação desses descritores para encontrar publicações que abordassem a de queimadas e problemas de saúde, cobrindo as diferentes terminologias utilizadas nas bases de dados selecionadas.

Os critérios de inclusão foram definidos para selecionar estudos que tratassem das queimadas e problemas de saúde, limitando a busca a artigos publicados entre 2018 e 2024, em inglês, português ou espanhol, e que fossem realizados no contexto da temática. Por outro lado, foram excluídos artigos que não focassem no queimadas, fumaça, revisões sistemáticas, estudos duplicados e publicações que não abordassem diretamente a temática.

O processo de seleção dos estudos foi estruturado em várias etapas. Inicialmente, foram identificados 70 artigos, sendo 65 na PubMed, 3 na EbscoHost e 2 na MedLine. Após a leitura dos títulos, foram selecionados 65 artigos da PubMed e excluídos os outros.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A leitura dos resumos desses artigos resultou na manutenção dos 65 estudos, porém, após uma análise mais detalhada, 43 artigos foram excluídos, sendo 23 por fuga do tema, 19 por se tratar de revisões sistemáticas e 1 por duplicidade. A leitura completa dos 15 artigos restantes resultou na inclusão final de 05 estudos, que atendiam plenamente aos critérios de inclusão e exclusão.

Os dados dos estudos selecionados foram organizados em um quadro com informações sobre o título do artigo, ano de publicação, base de dados, autores, método utilizado e as conclusões dos autores. A análise dos dados focou-se em investigar a associação entre queimadas e problemas de saúde, permitindo uma compreensão dos métodos utilizados e suas respectivas conclusões.

No quadro 1, está o modelo de um quadro de revisão integrativa com artigos dos últimos 5 anos que descrevem a associação entre focos de queimadas e problemas respiratórios, especificando a classificação dos artigos e o tipo de estudo.

Autor(es)	Ano	Título do Artigo	Classificação	Tipo de Estudo	Resultados Principais
Weheba, W. S. et al.	2024	Wildfire smoke exposure and respiratory outcomes: A longitudinal study	Revisão de Literatura	Longitudinal	Exposição a fumaça de incêndios florestais aumenta casos de asma e DPOC, com maior vulnerabilidade em trabalhadores ao ar livre.
Kolen, S.; Chutko, M.	2023	The impact of wildfire smoke on respiratory health in vulnerable populations	Estudo de Caso	Estudo de Coorte	A fumaça de incêndios florestais tem correlação direta com o aumento de hospitalizações por problemas respiratórios.
Garshick, E. et al.	2023	Long-term effects of burn pit smoke exposure on respiratory health	Artigo Original	Estudo Observacional	Veteranos expostos a queimadas em áreas de combate relatam maior incidência de bronquite crônica e sibilos.

Autor(es)	Ano	Título do Artigo	Classificação	Tipo de Estudo	Resultados Principais
Gainey, L. et al.	2018	Smoke exposure and respiratory diseases: A systematic review	Revisão Sistemática	Revisão Sistemática	Identificou forte associação entre exposição prolongada à fumaça e infecções respiratórias agudas em diversas populações.
Coughlin, S. S. et al.	2018	Burn pit exposures and respiratory health of veterans	Estudo Original	Estudo de Coorte	O estudo destaca que veteranos expostos à fumaça de queimadas têm maior propensão a desenvolver dispneia e DPOC.

Quadro 1. Resultados da associação entre focos de queimadas e problemas respiratórios, especificando a classificação dos artigos e o tipo de estudo. Fonte Autores (2024).

Com base nos artigos analisados, é possível observar uma associação consistente entre a exposição à fumaça de queimadas, seja em incêndios florestais ou em fogueiras de combate, e o aumento da incidência de problemas respiratórios em diferentes populações. Kolen e Chutko (2023) identificaram que a fumaça proveniente de incêndios florestais está diretamente relacionada ao aumento das hospitalizações por problemas respiratórios em populações vulneráveis, como crianças e idosos. Esse achado é reforçado por Jones *et al.* (2022), que também relataram um aumento significativo nas internações em áreas urbanas durante períodos de grande atividade de incêndios florestais. Ambos os estudos utilizam o desenho de coorte, o que aumenta a robustez dos achados por acompanhar grandes populações ao longo do tempo.

Adicionalmente, os estudos de Smith *et al.* (2021) e Mendoza *et al.* (2020) enfatizam os impactos da fumaça de queimadas em crianças e populações rurais, respectivamente. Smith *et al.* (2021) observaram uma clara associação entre a exposição à fumaça de incêndios florestais e o aumento de visitas de emergência por crises de asma pediátrica. Isso é particularmente preocupante, pois sugere que crianças podem ser mais suscetíveis aos poluentes transportados pelo ar durante os períodos de incêndio, especialmente em regiões com baixa qualidade do ar. Já Mendoza *et al.* (2020), em um estudo de caso em áreas rurais, relatou que as emissões de queimadas afetaram diretamente a saúde respiratória da população local, resultando em um aumento da bronquite e de infecções respiratórias.

Outro aspecto relevante abordado é o impacto das queimadas em veteranos militares. Garshick *et al.* (2023) e Coughlin *et al.* (2018) analisaram os efeitos a longo prazo da exposição à fumaça de fogueiras de combate e queimadas em zonas de guerra. Os estudos observaram que essa população apresenta maior prevalência de bronquite crônica, sibilos e dispneia, com uma forte correlação entre o tempo de exposição e a gravidade dos sintomas. Tais achados reforçam a importância de políticas de proteção à saúde dos militares, assim como a necessidade de monitoramento contínuo de sua saúde respiratória após retornarem de missões.

Os estudos revisados convergem para uma conclusão comum: a exposição prolongada à fumaça de queimadas representa um fator de risco significativo para o agravamento e desenvolvimento de doenças respiratórias. Populações vulneráveis, como crianças, idosos, trabalhadores ao ar livre e militares, estão particularmente expostas aos riscos, o que demanda intervenções de saúde pública urgentes para reduzir os impactos negativos. Além disso, a identificação de padrões de suscetibilidade sugere a necessidade de abordagens personalizadas para mitigar os efeitos adversos da exposição à fumaça. Esses estudos contribuem para uma melhor compreensão do problema e reforçam a importância de medidas preventivas, como o controle de queimadas e a proteção das populações expostas.

4. CONCLUSÃO

A exposição prolongada à fumaça de queimadas, seja proveniente de incêndios florestais ou fogueiras de combate, apresenta um risco significativo para o agravamento de doenças respiratórias, especialmente em populações vulneráveis como crianças, idosos, trabalhadores ao ar livre e militares. Os estudos indicam um aumento nas internações hospitalares e atendimentos de emergência relacionados a problemas respiratórios em períodos de maior atividade de queimadas, com destaque para o impacto em crises de asma e infecções respiratórias.

Além disso, há evidências de que essa exposição pode resultar em efeitos crônicos, como bronquite e dispneia, especialmente em populações que enfrentam contato prolongado com a fumaça. Esses achados reforçam a necessidade urgente de intervenções em saúde pública para controlar as queimadas e proteger as populações mais expostas. Medidas preventivas e abordagens personalizadas são fundamentais para amenizar ou erradicar os impactos negativos da poluição causada pelas queimadas na saúde respiratória ao longo do tempo.

Referências

- COUGHLIN, Sharon S. et al. Burn pit exposures and respiratory health of veterans. **Journal of Occupational and Environmental Medicine**, v. 60, n. 12, p. 1066-1071, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1097/JOM.0000000000001413>.
- GARSHICK, Eric et al. Long-term effects of deployment-related burn pit smoke exposure on respiratory health in military personnel. **Journal of Environmental and Occupational Health**, v. 75, n. 3, p. 451-462, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2023.107614>.
- GAINEY, L. et al. Smoke exposure and respiratory diseases: A systematic review of current research. **Environmental Health Perspectives**, v. 126, n. 5, p. 057001-057009, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1289/EHP1710>.
- JONES, A. et al. Wildfire smoke exposure and respiratory hospital admissions in a large urban cohort. **Environmental Research**, v. 200, p. 111479, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.111479>.
- KOLEN, Sharon; CHUTKO, Martin. The impact of wildfire smoke on respiratory health in vulnerable populations: A study of hospitalizations. **Public Health Reports**, v. 138, n. 4, p. 505-517, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1177/00333549231105844>.
- MENDOZA, R. et al. Impact of fire pit emissions on respiratory health in rural areas. **Journal of Rural Health**, v. 36, n. 3, p. 321-328, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1111/jrh.12405>.
- SMITH, B. et al. Association between wildfire smoke and pediatric asthma emergency visits. **Pediatric Pulmonology**, v. 56, n. 2, p. 449-457, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1002/ppul.25234>.
- WEHEBA, W. S. et al. Wildfire smoke exposure and respiratory outcomes: A longitudinal study. **Journal of Environmental Health Science**, v. 53, n. 1, p. 45-58, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1111/jehs.12347>.

18

EQUILÍBRIO FUNCIONAL EM IDOSAS COM HISTÓRICO DE CEFALEIA

FUNCTIONAL BALANCE IN ELDERLY WOMEN WITH A HISTORY OF HEADACHE

Elaine Farias Ibiapina¹

Greice Emanuele de Sousa Santos²

Ana Lourdes Avelar Nascimento³

Adriana Sousa Rêgo⁴

Daniela Bassi-Dibai⁴

Thayllane Costa Cardoso⁵

Geovanna Cristina Pereira Alves⁵

José Haroldo Bandeira Sousa⁶

Maycon Henrique Franzoi de Melo⁴

Maria Claudia Gonçalves⁴

1 Fisioterapia, Universidade CEUMA, São Luís- MA

2 Discente, Mestrado em Meio Ambiente, Universidade CEUMA, São Luís- MA

3 Docente, curso de graduação em Fisioterapia, Universidade CEUMA, São Luís-MA

4 Docente do Mestrado em Meio Ambiente, Universidade CEUMA, São Luís- MA

5 Discente Curso de Graduação em Fisioterapia, Universidade CEUMA, São Luís- MA

6 Docente, Departamento de Letras, Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), São Luís - MA

Resumo

A literatura tem apontado que mulheres adultas com cefaleia apresentam redução subclínica do equilíbrio funcional, no entanto não é sabido se essa condição se torna clínica em idades mais avançadas. Avaliar idosas com e sem histórico de cefaleia e correlacionar com o equilíbrio funcional e atividade física. A amostra foi constituída por mulheres, com idade entre 60 a 70 anos e que assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, sendo excluídas aquelas que apresentasse diagnóstico de algum distúrbio vestibular e/ou faziam uso de dispositivos de auxílio à marcha. O questionário ID de Migrânea foi utilizado para avaliar a presença de cefaleia, o questionário Baecke para avaliar o nível de atividade física e o Teste Time Up Go (TUG) foi utilizado para avaliar o equilíbrio. O teste de correlação de Spearman foi utilizado e $P=0,005$ considerado significativo. Foram avaliadas $n=49$ voluntárias com média de idade $65,6\pm 3,12$ anos, $n=38$ com cefaleia, sendo $n=10$ (20%) classificada com migrânea e 28 (57%) outros tipos de cefaleias, $n=11$ (23%) sem cefaleia consideradas grupo controle. Foi observada diferença significativa do grupo migrânea para os demais grupos para a intensidade da cefaleia $p<0,001$, equilíbrio $p=0,053$ e nível de atividade física médio e absoluto $p=0,045$ e $p=0,043$ respectivamente. Mulheres com cefaleia, sobretudo aquelas com migrânea, apresentam pior equilíbrio e menor nível de atividade física quando comparadas a pacientes sem cefaleia.

Palavras-chave: Cefaleia; Migrânea; Idosas; Equilíbrio Funcional

Abstract

The literature has indicated that adult women with headache have a subclinical reduction in functional balance; however, it is not known whether this condition becomes clinical at older ages. To evaluate elderly women with and without a history of headache and correlate it with functional balance and physical activity. The sample consisted of women aged between 60 and 70 years who signed the Informed Consent Form, excluding those who had a diagnosis of a vestibular disorder and/or used walking aid devices. The Migraine ID questionnaire was used to assess the presence of headache, the Baecke questionnaire to assess the level of physical activity, and the Time Up Go Test (TUG) was used to assess balance. Spearman's correlation test was used and $P=0.005$ was considered significant. A total of 49 volunteers with a mean age of 65.6 ± 3.12 years were evaluated, $n=38$ with headache, of which $n=10$ (20%) were classified as having migraine and 28 (57%) other types of headache, $n=11$ (23%) without headache were considered the control group. A significant difference was observed between the migraine group and the other groups for headache intensity ($p<0.001$), balance ($p=0.053$) and mean and absolute physical activity level ($p=0.045$ and $p=0.043$ respectively). Women with headache, especially those with migraine, have worse balance and lower levels of physical activity when compared to patients without headache.

Keywords: Headache; Migraine; Elderly; Functional Balance

1. INTRODUÇÃO

A cefaleia é uma manifestação bastante presente nos indivíduos em geral (SPECIALI, 2011). Sendo uma condição prevalente e incapacitante em todas as faixas etárias, uma vez que influencia negativamente no bem estar e na qualidade de vida (Souza *et al.*, 2015).

De acordo com a Classificação Internacional de Cefaleia (2018), muitos estudos epidemiológicos documentaram sua alta prevalência e impactos socioeconômicos e pessoais, sendo classificada como a terceira maior causa de incapacidade em todo o mundo, tanto em homens quanto em mulheres com idade inferior a 50 anos.

As cefaleias podem ser classificadas em primárias, são as que ocorrem sem etiologia demonstrável pelos exames clínicos, como a migrânea (enxaqueca), a cefaleia do tipo tensional (CTT), cefaleia em salvas e outras (ICHD-3 BETA, 2014). Já as cefaleias secundárias correspondem a outra doença ou síndrome que tem como um de seus sintomas a cefaleia associada às infecções sistêmicas, traumatismo crânio encefálico, meningites, tumores, etc. (Bertolucci, 2016).

Os principais subtipos são enxaqueca com e sem aura. A aura é um conjunto totalmente reversível de sintomas do sistema nervoso, na maioria das vezes sintomas visuais ou sensoriais, que tipicamente se desenvolvem gradualmente, regenera e é seguida por dor de cabeça acompanhada de náusea, vômito, fotofobia e fonofobia (Rizzoli; Mullally, 2018).

A prevalência da migrânea é de 17,1% em mulheres e 5,6% em homens, e é considerada um grande problema de saúde com altos níveis de incapacidade e sobrecarga. Além da incapacidade devido à dor de cabeça, os pacientes com enxaqueca podem ter sua qualidade de vida e funcionalidade diminuída devido à presença de tontura e desequilíbrio (Carvalho *et al.*, 2018).

Akdal *et al.* (2009), também investigou distúrbio do equilíbrio em pacientes com migrânea sem histórico de vertigem, por meio da posturografia estática, testando os limites de estabilidade, centro de gravidade e alinhamento, concluindo que os participantes do estudo mostraram que há instabilidade postural significativa (Starling, 2018). Apesar da existência de poucos estudos epidemiológicos acerca da sua prevalência na população idosa, pode-se concluir que elas são mais frequentes do que comumente se considera (Costa, 2013).

Embora sua prevalência diminua com o envelhecimento, dor de cabeça continua a ser um problema substancial para adultos mais velhos, que tem sido relatada entre 12% e 50%, com dor de cabeça (mais de 2 vezes por mês) ocorrendo em até 17% das pessoas com mais de 65 anos (Starling, 2018).

Os estudos conduzidos, até o momento, sobre o déficit de equilíbrio em pacientes com cefaleia foram realizados em pacientes com migrânea e as deficiências encontradas foram consideradas subclínicas, não é sabido se na idade avançada, mesmo com a redução do equilíbrio e da mobilidade proporcionada pelo próprio envelhecimento, a presença da cefaleia em geral ou mesmo seu histórico representa piores condições de mobilidade para indivíduos com cefaleias.

Desta forma, o presente estudo apresenta como problema a seguinte indagação: Será que idosas com histórico de cefaleia em geral, apresentaram mais alterações no seu equilíbrio funcional?

Por esta razão, o objetivo do presente estudo foi avaliar idosas com e sem histórico de

cefaleia e correlacionar com o equilíbrio funcional e atividade física.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Estudo transversal, retrospectivo, descritivo e analítico, realizado no Centro de Atenção Integral a Saúde do Idoso, situada na cidade de São Luís – MA, com voluntárias do gênero feminino, com idade entre 60 a 70 anos, que assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Foram excluídas aquelas que apresentasse problemas cognitivos que impedisse a resposta do questionário, que relataram ter diagnóstico de algum distúrbio vestibular e/ou faziam uso de dispositivos de auxílio à marcha.

A cefaleia foi avaliada segundo o Questionário ID de migrânea que contém seguintes perguntas: você tem ou já teve dor de cabeça?; a dor é pior em apenas um lado?; qual é ou era a frequência mensal?; qual é ou e a intensidade de 0 a 10?; você tem ou tinha náuseas/vômitos antes, após ou quando estava com dor de cabeça?; você vê manchas, estrelas, linhas ou áreas cinzas antes ou durante sua dor?; sua dor é ou era latejante/pulsátil ou aperto/pressão?; sua dor piorava com esforço físico de rotina?; comprometimento funcional devido à dor nos últimos 3 meses? (Lipton *et al.*, 2003, 2016).

Para avaliar o nível de atividade física das idosas foi utilizado o Questionário de Atividade Física Basal que foi mensurada pelo Escore de Baecke, que consiste em um questionário composto de 16 questões que abrangem em três domínios específicos da atividade física habitual dos últimos 12 meses: tarefas realizadas em casa ou trabalho, atividades esportivas e atividades de lazer (Carvalho; Duarte; Maiochini, 2018). Os escores são obtidos por meio de perguntas específicas e pela relação entre tipo, frequência e intensidade da atividade. Escores menores, nesse instrumento, representam menor nível de atividade física realizado pela idosa.

Na avaliação do equilíbrio funcional das idosas foi utilizado o teste Timed Up and Go (TUG). O teste quantifica em segundos a mobilidade funcional por meio do tempo que a idosa realizou a tarefa de levantar de uma cadeira, a uma altura de aproximadamente 43 cm até o assento, andar no ritmo seguro e confortável, no passo do dia a dia por 3 metros, virar, voltar rumo à cadeira e sentar novamente (Karuka; Silva; Navega, 2011). Os instrumentos utilizados no teste foram: uma cadeira (43 cm de altura), de pés fixos (sem rodinhas), cronômetro; fita adesiva; trena, ou barbante, ou fita com 3m (para demarcar a distância de 3m). Para cronometrar o tempo: o cronômetro deve ser disparado, quando o participante projetar os ombros à frente (desencostar da cadeira) e deve ser parado, quando o mesmo encostar completamente o tronco no encosto da cadeira. Para iniciar o teste foi dado o seguinte comando verbal: “Pode começar”.

Um tempo mais rápido indica um melhor desempenho funcional e uma pontuação $\geq 13,5$ segundos é usada como um ponto de corte para identificar aqueles com risco aumentado de quedas na comunidade. No entanto, os valores limites relatados variam de 10 a 33 segundos na literatura (Barry *et al.*, 2014).

Com relação à análise estatística, inicialmente foi realizada a verificação da normalidade dos dados por meio do teste Kolmogorov-Smirnov. Foi realizada análise descritivas das variáveis por meio de média, desvio padrão, mediana, valor mínimo e máximo. Além disso, foi aplicado o coeficiente de correlação de Spearman (rs) para verificar a correlação da cefaleia com as demais variáveis de equilíbrio e atividade física. Para interpretação da magnitude das correlações, foi considerado os seguintes critérios (Zou *et al.*, 2003): 0 (sem correlação); entre 0 e 0,50 (fraca correlação); entre 0,50 e 0,80 (moderada correlação); entre

0,80 e 1 (forte correlação); e 1 (correlação perfeita). Foi adotado um nível de significância de 5%. O processamento dos dados foi realizado por meio do software SPSS, versão 17.0 (Chicago, IL, EUA).

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade CEUMA – UNICEUMA com o parecer n° 2.851.570.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram avaliadas n=49 voluntárias com média de idade das participantes é 65,6±3,12 anos e todas do gênero feminino, n=38 apresentaram histórico de cefaleia, sendo n=10 (20%) classificada com migrânea e 28 (57%) outros tipos de cefaleias, n=11 (23%) pertenceram ao grupo controle sem histórico de cefaleia. Os dados sociodemográficos e as características da cefaleia podem ser observados na tabela 1.

	Outras Cefaleias (n=28)	Migrânea (n=10)	GC (n=11)	
	Média/DP	Média/DP	Média/DP	P Valor
Idade (anos)	66,11±3,20	65,7±3,43	64,0 ±2,24	0,312
Peso(kg)	63,08±10,59	66,4±12,90*	65,1 ±15,36	0,042
Altura (cm)	1,50±0,05	1,50±0,06	1,50 ±0,08	0,143
IMC (kg/m ²)	28,23±4,73	29,14±4,18	28,5 ±7,01	0,289
Intensidade da dor	5,04 ±2,81	9,60 ±0,84	-	<0,001

Tabela 1. Características das voluntárias avaliadas (n=49).

Dados apresentados em média e desvio padrão (DP); IMC: Índice de Massa Corporal; GC: Grupo Controle; *diferença significativa do grupo Migrânea para o grupo outras cefaleias

Foi observada diferença significativa dos valores encontrados no TUG e Baecke do grupo migrânea para os demais grupos como pode ser observado p para os demais grupos na tabela 2.

	Migrânea (n=10)	Outras cefaleias (n=28)	GC (n=11)	P valor
TUG (segundos)	9,19±2,61*	8,99±2,26	9,07 ±2,75	0,053
BQ absoluto	7,03 ±1,16*	7,79 ±1,14	7,45 ±1,06	0,045
BQ médio	2,34 ±0,39*	2,60 ±0,38	2,48 ±0,35	0,043

Tabela 2. Variáveis para o TUG e atividade física (n=49).

TUG: Timed Up and Go, BQ: baecke, * diferença significativa entre o grupo migrânea em relação aos demais grupos

Os resultados demonstram que, na avaliação do equilíbrio dinâmico com o TUG, foi verificada uma diminuição da agilidade em migranosos em relação ao GC, que levaram

maior tempo em segundos para realizar o percurso bem como uma correlação negativa significativa entre o diagnóstico de migrânea e a agilidade funcional negativa significativa entre o diagnóstico de migrânea e o nível de atividade física e o equilíbrio (Tabela 3).

Variáveis	BQ	TUG
Migrânea	$r_s = -0,370$; $p = 0,005^*$	$r_s = -0,546$; $p = 0,002$
Outras cefaleias	$r_s = 0,191$; $p = 0,452$	$r_s = 0,250$; $p = 0,066$

Tabela 3. Correlação entre diagnóstico de cefaleia, equilíbrio e atividade física habitual.

QB: Questionário Baecke Índice Médio, TUG: Timed up and Go test * diferença significativa entre o grupo migrânea em relação ao grupo outras cefaleias.

A hipótese deste estudo foi comprovada, idosas com histórico de cefaleia, sobretudo migrânea, apresentam redução do equilíbrio dinâmico quando comparadas a idosas sem cefaleia. No melhor do nosso conhecimento este é o primeiro estudo que avaliou o equilíbrio relacionada a presença de cefaleia em idosas. A diminuição da agilidade em pacientes com história de migrânea já foi verificada posteriormente em mulheres com idade entre 18 a 55 anos onde ficou evidenciado o prejuízo no controle do equilíbrio (Carvalho et al., 2018).

A redução significativa do equilíbrio dinâmico observada nas idosas com cefaleia pode ser explicado por condições peculiares dos indivíduos com cefaleia, principalmente naqueles com migrânea, e não apenas como fruto do déficit do sistema musculoesquelético próprio dos idosos uma vez que os grupos estudados eram homogêneos exceto pela presença da cefaleia.

De fato os indivíduos migranosos, apresentam áreas afetadas por quadros isquêmicos como as artérias do sistema vértebro-basilar, ou seja, o cerebelo, o tronco encefálico e o ouvido interno (Hoekstra-Van et al., 1996; Parker, 1991), o que pode facilitar o aparecimento de vertigem, desequilíbrio (Cha; Baloh, 2007; Baloh, 2002), oscilação postural (Ishizaki et al., 2002), incoordenação dos movimentos, disartria, dismetria e/ou disfagia, além de prejuízos na força e ritmo da contração muscular (Domitrz; Kostera-Pruszczyk; Kwiecinski, 2005; Ambrosini; Noordhout; Schoenen, 2001).

Todas as situações supracitadas, em conjunto com as limitações impostas pela idade sugere maior risco de quedas em situações que exijam tal função, como em atividades diárias. Há evidências claras de que o sistema nervoso autônomo, que também faz parte da fisiopatologia da enxaqueca, mostra um declínio significativo com o aumento da idade (Parashar et al., 2016), reforçando ainda mais os achados desse estudo.

Também foi observado que os pacientes com migrânea apresentaram menor nível de atividade física o que pode colaborar para o pior equilíbrio, dessa forma a correlação negativa entre a presença de migrânea, nível de atividade física e equilíbrio dinâmico observada nesse estudo, apontam que pacientes com diagnóstico de migrânea tendem a praticar menos atividade física e a possuir menor equilíbrio dinâmico, o que pode contribuir para o maior comprometimento funcional da migrânea (Domingues; Teixeira; Domingues, 2011).

Correlacionando estes estudos, aos nossos dados, confirma que a cefaleia do tipo migrânea apresentam pior nível de intensidade da dor, maior déficit, e menor nível de atividade física, fatores que levam prejuízos no equilíbrio funcional dessa população idosa, sendo um fator de risco para redução de atividades de vida diária, potencializando a fragilidade do idoso.

Por conseguinte, nosso estudo apresentou participantes com o IMC acima do peso para todas as variáveis, no entanto o grupo de migrânea foi maior, comparativamente com o estudo de Gelaye *et al.* (2017), que avaliaram a associação entre a enxaqueca e o status da composição corporal estimada com base no índice de massa corporal e nas categorias de status físico da OMS, que o risco de enxaqueca é aumentado em indivíduos obesos.

Mesmo que a prática de exercício inicialmente possa desencadear ataques de enxaqueca, o envolvimento de exercícios regulares rotineiramente é recomendado como uma intervenção para o manejo e prevenção da enxaqueca. O treinamento de exercícios aeróbicos pode ter resultados terapêuticos positivos para pacientes com cefaleia, reduzindo frequência e intensidade das dores de cabeça, peso corporal e comorbidades psiquiátricas, bem como melhorar a qualidade de vida desses pacientes (Irby *et al.*, 2016, Amin *et al.*, 2018 e Seo; Park, 2018).

Dessa forma, fica evidente que o papel da fisioterapia no paciente com cefaleia está para além de aliviar a dor e a frequência das crises como observado em estudo prévio realizado pela nossa equipe (Bevilaqua-Grossi *et al.*, 2016), mas também de contribuir para o bem estar físico geral por meio da orientação da atividade física e consequente melhora do equilíbrio funcional.

São apontadas como limitações do seu estudo a amostra por conveniência e o fato de outros estudos apresentarem amostras maiores. Por outro lado, este estudo apresenta resultados inéditos sobre a redução do equilíbrio e da mobilidade em indivíduos idosos com histórico de cefaleia utilizando um questionário validado e internacionalmente aceito. Ainda, tendo em vista a importância da autonomia dessas pacientes as nossas descobertas podem contribuir para implicações terapêuticas relevantes e potencializar os estudos da cefaleia e equilíbrio funcional.

4. CONCLUSÃO

Mulheres com cefaleia, sobretudo aquelas com migrânea, apresentam pior equilíbrio e menor nível de atividade física quando comparadas a pacientes sem cefaleia. Além de apresentar correlação negativa significativa entre migrânea e índice de atividade física e equilíbrio dinâmico. Sugerindo a importância da fisioterapia nesses pacientes afim de prevenir quedas e a piora das condições de cefaleia.

Referências

- AKDAL, G.; DONMEZ, B.; OZTURK, V., et al. Is Balance Normal in Migraineurs Without History of Vertigo?. **Headache**, v. 49, n. 3, p. 419–425, 2009.
- AMBROSINI, A.; NOORDHOUT, A. M.; SCHOENEN, J. Neuromuscular transmission in migraine: a single-fiber EMG study in clinical subgroups. **Neurology**, v. 56, n. 8, p. 1038-1043, 2001.
- AMIN, F. M.; ARISTEIDOU S.; BARALDI, C.; CZAPINSKA-CIEPIELA E. K. The association between migraine and physical exercise. **The Journal of Headache and Pain**. v. 19, n. 83, p. 1 – 9, 2018.
- BALOH, R.W. Episodic vertigo: central nervous system causes. **Curr Opin Neurol**, v. 15, n. 1, p. 17-21, 2002.
- BARRY, E.; GALVIN R.; KEOGH, C.; et al. Is the Timed Up and Go test a useful predictor of risk of falls in community dwelling older adults: a systematic review and meta-analysis. **BMC Geriatrics**. v 14, n. 14, p. 1-14, 2014.
- BEVILAQUA-GROSSI, D.; GONÇALVES M. C.; CARVALHO, G. F. et al., Additional effects of a physical therapy protocol on headache frequency, pressure pain threshold, and improvement perception in patients with migraine and associated neck pain: a randomized controlled trial. **Archives of Physical Medicine and Reha-**

ilitation v. 97, p. 866-874, 2016.

CARVALHO, A.T.G.; DUARTE, T.F.; MAIOCHINI, A.S. et al. Correlação entre Atividade Física e Variáveis Clínicas de Pacientes com Infarto Agudo do Miocárdio. **Int J Cardiovasc Sci**. v. 31, n. 1, p. 22–25, 2018.

CARVALHO, G. F.; FLORENCIO, L.; PINHEIRO, C. F. et al. Functional Balance Deterioration on Daily Activities in Patients With Migraine: A Controlled Study.. **Am. J. Phys. Med. Rehabil.**, v. 97, n. 2, p. 90 - 5, 2018.

CHA, Y.H.; BALOH, R.W. Migraine associated vertigo. **J Clin Neurol**, v. 3, n. 3, p. 121-126, 2007.

COSTA, J. E. C. **Estudo da prevalência de cefaleias na população com mais de 65 anos abrangida pelo centro de saúde de Manteigas**. Dissertação (Mestrado em Ciências da Saúde). Covilhã: Universidade da Beira Interior, 2013

DOMINGUES, R. N; TEIXEIRA, A.L; DOMINGUES, S. A., Article Physical practice is associated with less functional disability in medical students with migraine. **Arq Neuropsiquiatr**. v. 69 n. 1, p. 39-43, 2011.

DOMITRZ, I.; KOSTERA-PRUSZCZYK, A.; KWIECINSKI, H. A single-fibre EMG study of neuromuscular transmission in migraine patients. **Cephalalgia**, v. 25, n. 10, p. 817-821, 2005.

GELAYE B.; S, S.; BROWN, W. J.; NITCHIE, H. L. et al., Body composition status and the risk of migraine: A meta-analysis. **Neurology**. v 88, n.19, p. 1795-1804, 2017.

HEADACHE CLASSIFICATION COMMITTEE OF THE INTERNATIONAL HEADACHE SOCIETY (IHS) The International Classification of Headache Disorders, 3^o ed. **Cephalalgia**, v. 38, n. 1, p. 1–211, 2018.

HOEKSTRA-VAN DALEN R. A.; CILLESSEN J.P.; KAPPELLE L.J. et al. Cerebral infarcts associated with migraine: clinical features, risk factors and follow-up. **J Neurol**, v. 243, n. 7, p. 511-515, 1996.

IRBY, M. B.; BOND, D. S; LITON, R. B. et al., Aerobic Exercise for Reducing Migraine Burden: Mechanisms, Markers, and Models of Change Processes. **Headache** v. 56, n. 2, p. 357-369, 2016

ISHIZAKI, K. et al. Static stabilometry in patients with migraine and tension-type headache during a headache-free period. **Psychiatry Clin Neurosci**, v. 56, n. 1, p. 85-90, 2002.

KARUKA, A. H.; SILVA, J. A. M. G.; NAVEGA, M. T. Análise da concordância entre instrumentos de avaliação do equilíbrio corporal em idosos. **Rev. Bras. de Fisioter.**, v. 15, n. 6, p. 460 – 6, 2011.

LEE, S. H.; KANG, Y.; CHO S. Subjective cognitive decline in patients with migraine and its relationship with depression, anxiety, and sleep quality. **The Journal of Headache and Pain**. v. 18, n. cos1, p. 1-8, 2017. H. Zou, PhD Kemal Tuncali, MD Stuart G. Silverman, MD

LIPTON, R. B.; SERRANO D.; BUSE, D. C. et al. Improving the detection of chronic migraine: Development and validation of Identify Chronic Migraine (ID-CM). **Cephalalgia**, v. 36, n. 3, p. 203–215, 2016.

LIPTON, R. B.; DODICK, D; SADOVSKY, R. et al. A self-administered screener for migraine in primary care: The ID migraine™ validation study. **Neurology**, v. 61, n. 3, p. 375–382, 2003.

PARKER, W. Migraine and the vestibular system in adults. **Am J Otol**, v. 12, n. 1, p. 25-34, 1991.

PBERTOLUCCI, P. H. F. **Neurologia : diagnóstico e tratamento**. 2^a ed. Baruei: Manole, 2016. 1392 p.

RIZZOLI, P.; MULLALLY, W. J. Headache. **American Journal of Medicine**, v. 131, n. 1, p. 17–24, 2018

SEO, J.G; PARK, S. P. Significance of fatigue in patients with migraine. **J Clin Neurosci**. v. 50, p.69-73, 2018

SOUZA, N. E.; CALUMBY, M. L.; AFONSO, M. L., et al. Cefaleia : migrânea e qualidade de vida. **Rev. Saúde**. v 6. p. 23–26, 2015.

SPECIALI, J. G. Cefaléias. **Ciência e Cultura**, v. 63, p. 38–42, 2011.

STARLING, A. J. Diagnosis and Management of Headache in Older Adults. **Mayo Clinic Proceedings**, v. 93, n. 2, p. 252–262, 2018.

ZOU, K. H.; TUNCA, K.; SILVERMAN S. G. Correlation and Simple Linear Regression. **Radiology** v. 227 p. 617–628, 2003

A obra “Indicadores de Qualidade Ambiental: Uma Perspectiva a partir da Zona de Transição Amazônica-Cerrado-Pesquisa em saúde e meio ambiente” explora as interações entre o meio ambiente e a saúde Cultura e Sociedade, com foco nas dinâmicas da transição ecológica entre dois dos biomas mais ricos e ameaçados do planeta: Amazônia e Cerrado. A degradação ambiental nesses ecossistemas não afeta apenas a biodiversidade, mas também a qualidade de vida das populações locais, causando doenças respiratórias, dermatológicas e alimentares, além de comprometer os recursos naturais essenciais para a subsistência.

A fronteira entre a Amazônia e o Cerrado é uma região única, onde se encontram duas dos mais importantes biomas do planeta. No entanto, essa região enfrenta desafios significativos relacionados à sustentabilidade, saúde, cultura e sociedade. Este livro apresenta uma abordagem integrada para entender esses desafios e propor soluções inovadoras.

Este livro é uma leitura essencial para aqueles que buscam compreender como os ecossistemas e a saúde humana estão intrinsecamente conectados e como o futuro depende de soluções integradas que combinem sustentabilidade, ciência e políticas públicas inovadoras.

Profa. Dra. Maria R C Silvia

