Estudos Interdisciplinares em Saúde e Meio Ambiente

Luciano Lorenzi / João Carlos Ferreira de Melo-Júnior (Orgs.)



Joinville, 2024

CAPES

fapesc
Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina

25 anos 1999 · 2024 PPGSMA

univille

EDITORA univille

FUNDAÇÃO EDUCACIONAL DA REGIÃO DE JOINVILLE – FURJ – MANTENEDORA

ÓRGÃOS DA ADMINISTRAÇÃO SUPERIOR DA FURJ

Conselho de Administração
Presidente – Loacir Gschwendtner

Conselho Curador
Presidente – Maria Salete Rodrigues Pacheco

PRESIDÊNCIA

Presidente
Alexandre Cidral

Vice-Presidente
Therezinha Maria Novais de Oliveira

Diretor Administrativo
Mário César de Ramos

Procuradora-Geral da Furj
Ana Carolina Amorim Buzzi

UNIVERSIDADE DA REGIÃO DE JOINVILLE – UNIVILLE – MANTIDA

ÓRGÃO DELIBERATIVO SUPERIOR DA UNIVILLE

Conselho Universitário
Presidente – Alexandre Cidral

ÓRGÃO EXECUTIVO SUPERIOR DA UNIVILLE – REITORIA

Reitor
Alexandre Cidral

Vice-Reitora
Therezinha Maria Novais de Oliveira

Pró-Reitor de Ensino
Eduardo Silva

Pró-Reitor de Pesquisa e Pós-Graduação
Paulo Henrique Condeixa de França

Pró-Reitora de Extensão e Assuntos Comunitários
Patrícia Esther Fendrich Magri

Pró-Reitora de Infraestrutura (pro tempore)
Therezinha Maria Novais de Oliveira

Diretora do Campus São Bento do Sul
Liandra Pereira

PARQUE DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA DE JOINVILLE E REGIÃO – INOVAPARQ – MANTIDA

Diretor Executivo
Paulo Marcondes Bousfield

PRODUÇÃO EDITORIAL

Coordenação geral
Silvio Simon de Matos

Revisão*
João Vinicius de Almeida Braga

Projeto gráfico e diagramação*
Marisa Kanzler Aguayo

***Apoio da carta convite e da responsabilidade dos organizadores**

Luciano Lorenzi / João Carlos Ferreira de Melo-Júnior (Orgs.)

Estudos Interdisciplinares em Saúde e Meio Ambiente

ISBN IMPRESSO N.º 978-65-87142-61-6
ISBN DIGITAL N.º 978-65-87142-66-1

Catalogação na fonte pela Biblioteca Universitária da Univille

E82 Estudos interdisciplinares em saúde e meio ambiente / Luciano Lorenzi, João Carlos Ferreira de Melo-Júnior (organizadores). – Joinville, SC : Ed. Univille, 2024.

274 p. : il.

ISBN: 978-65-87142-61-6

1. Saúde. 2. Meio ambiente. 3. Pesquisa. 4. Abordagem interdisciplinar do conhecimento. I. Lorenzi, Luciano (org). II. Melo-Júnior, João Carlos Ferreira de (org.).

CDD 610

Elaborada por Ana Paula Blaskovski Kuchnir – CRB 14/1401

SUMÁRIO

6 **PREFÁCIO**
Nelma Baldin

LINHA DE PESQUISA: SAÚDE E DOENÇA

10 **CAPÍTULO 1**
ESTRESSE OXIDATIVO, DISFUNÇÃO MITOCONDRIAL E COMORBIDADES: RELAÇÃO COM FATORES AMBIENTAIS E ESTILO DE VIDA
Daniela Delwing-de Lima, Katherine Plautz, Gabriela Borgmann, Alessandra Betina Gastaldi, Karine Louize Vincenzi Lüetke, Ricardo Clemente Rosa, Natalia Cavichioli, Débora Delwing Dal-Magro, Gustavo Schuetzler Gomes Fernandes, Klaus Johann Jacques Schebek Teixeira, Kassielly Longo Brizola, Luana Gabriely de Almeida Campos, Ana Carolini Toporowicz Soares e Mirela Parissa Bondan Misaghi

28 **CAPÍTULO 2**
PREVALÊNCIA E PADRÃO DE IMPACTAÇÃO DE TERCEIROS MOLARES INFERIORES EM UMA AMOSTRA DE JOVENS ADULTOS DO SUL DO BRASIL
Isabela Ribeiro Madalena, Lílian Márcia da Silva Calsavara, Paloma Francia de Carvalho, Poliana Ferreira Santos, Maria Angélica Hueb de Menezes-Oliveira, César Penazzo Lepri, Paulo Henrique Condeixa França, Allan Abuabara, Thaís Kauana Magalhães Sobral, Daniel Hemming, Rafaela Scariot, Christian Kirschneck, Erika Calvano Kuchler e Flares Baratto-Filho

44 **CAPÍTULO 3**
GENES CODIFICADORES DE β-LACTAMASES DE ESPECTRO ESTENDIDO EM BACILOS GRAM-NEGATIVOS ISOLADOS DE ANIMAIS DE COMPANHIA E HUMANOS: UMA ABORDAGEM ONE HEALTH (SAÚDE ÚNICA)
Vanessa Cristine Kobs, Ana Júlia Corrêa, Francielle de Medeiros, Patrícia Pochapski Fernandes, Roseneide Campos Deglmann e Paulo Henrique Condeixa de França

64 **CAPÍTULO 4**
PERFIL EPIDEMIOLÓGICO, ANTROPOMÉTRICO E FUNCIONAL DE IDOSOS COMUNITÁRIOS DA CIDADE DE JOINVILLE – SC DURANTE A PANDEMIA DA COVID-19
Mariana R. B. Toschi, Rafaela Korn, Marilda M. Costa, Mauren S. Salin, Yoshimasa Sagawa Júnior, Helbert N. Lima e Antonio Vinicius Soares

LINHA DE PESQUISA: QUALIDADE AMBIENTAL E SAÚDE

82 **CAPÍTULO 5**
DO CONTINENTE AO OCEANO: A JORNADA DOS PLÁSTICOS ATRAVÉS DOS RIOS ATÉ OS MARES
Bruna Conte Reginato, Luciano Lorenzi, David Valença Dantas e Eduardo Gentil

100 **CAPÍTULO 6**
MAPEAMENTO DE MANCHA DE INUNDAÇÃO DO RIO ÁGUAS VERMELHAS NO BAIRRO VILA NOVA, JOINVILLE/SC
Gabriel do Vale Almeida e Celso Voos Vieira

120 **CAPÍTULO 7**
POTENCIAL DE APROVEITAMENTO DOS RESÍDUOS DA INDÚSTRIA DE CERVEJA COMO FORMA DE DIMINUIÇÃO DO IMPACTO AMBIENTAL
Sebastian M. Strauch, Victoria Fonseca Silveira, Monique Fröhlich, Jamile Rosa Rampinelli e Gilmar S. Erzinger

138 **CAPÍTULO 8**
PLANTAS E ESTUDOS INTERDISCIPLINARES: POTENCIALIDADES E CONTRIBUIÇÕES NO ATUAL CENÁRIO DE MUDANÇAS GLOBAIS
João Carlos Ferreira de Melo-Júnior, André Werlang Garcia, Bruna Kamila da Conceição, Deivid Rodrigo Correa, Gustavo Borba de Oliveira, Igor Shoiti Shiraishi, Magda Carrion Bartz,Ricardo Larroyed de Oliveira e Rodrigo Dümes Chaves Cabral

158 **CAPÍTULO 9**
A INTERAÇÃO MEIO AMBIENTE, ALIMENTO E BIODISPONIBILIDADE DE NUTRIENTES
Marco Fabio Mastroeni, Flavia Lemos e Silmara Salete de Barros Silva Mastroeni

176 **CAPÍTULO 10**
UM ESTUDO SOBRE OS MEIOS DE PROTEÇÃO DA ÁGUA E SUA RELAÇÃO COM O ORDENAMENTO JURÍDICO
Jefferson Alexandre Provezi e Rodolfo Coelho Prates

196 **CAPÍTULO 11**
SUSTENTABILIDADE E CELULOSE BACTERIANA: NOVAS FRONTEIRAS MATERIAIS ECOLÓGICOS
Andrea Schneider, Michele Formolo Garcia e Ana Paula Pezzin

216 **CAPÍTULO 12**
RESPONSABILIDADE CIVIL E PENAL NOS ACIDENTES AMBIENTAIS
Acir Alves Coelho Junior e Therezinha Maria Novais de Oliveira

236 **CAPÍTULO 13**
A PROBLEMÁTICA DA INGESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE ORIGEM ANTRÓPICA POR TARTARUGAS-VERDES E O PANORAMA DO LITORAL NORTE DO ESTADO DE SANTA CATARINA
Marta Jussara Cremer, Luan Bergmann Marquardt e Thiago Felipe de Souza

251 **MINICURRÍCULOS**

271 **ÍNDICE REMISSIVO**

PREFÁCIO

Sinto-me honrada e ao mesmo tempo feliz pelo convite que recebi da Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Saúde e Meio Ambiente da Univille para prefaciar a obra *Estudos Interdisciplinares em Saúde e Meio Ambiente*.

Estudos Interdisciplinares em Saúde e Meio Ambiente se constitui em uma coletânea de textos que destacam estudos desenvolvidos pelos docentes do Programa e que englobam as linhas de pesquisa *Saúde e Doença* e *Qualidade Ambiental e Saúde*. Esta coletânea, ou este livro, melhor dizendo, é de fundamental importância para a comunidade acadêmica envolvida nessa área de atuação, uma vez que apresenta temas que interligam as linhas de pesquisa referências do Programa.

Na Univille, o Programa de Pós-Graduação em Saúde e Meio Ambiente, Mestrado e Doutorado, atua numa visão formativa aos profissionais, preparando-os, em seus respectivos níveis, para a implementação de políticas de gestão da saúde e da conservação ambiental.

Lembro-me ainda quando nos idos de 1999, corajosamente, iniciávamos as aulas do Mestrado em Saúde e Meio Ambiente com uma turma de alunos pioneiros. Na ocasião, tínhamos, como premissa, que o objetivo do curso era o de formar "profissionais de diferentes correntes do conhecimento, mas alinhados às áreas de Saúde e Meio Ambiente". E dali em diante, com percalços, claro, seguimos para a frente. E sempre para a frente.

Em 2002 recebemos uma notícia alvissareira, o nosso Mestrado fora reconhecido pelo Estado de Santa Catarina por meio do Decreto n.º 3.841 DOE/SC de 7 de janeiro daquele ano. No ano seguinte, fomos reconhecidos pelo MEC por

meio da Portaria n.º 1.585 de 20 de junho/2003. E assim, nós, ou seja, a equipe de professores mais os nossos alunos, continuamos trabalhando com verdadeiro afinco de exploradores em terras novas, por anos a fio. Nesse decorrer do tempo, ano a ano passamos a receber novas turmas e sempre atuando com energia e paixão renovadas. O nosso objetivo era o de fortalecer o Mestrado em Saúde e Meio Ambiente e assim sedimentarmos um Programa de Pós-Graduação, pois já almejávamos mais, era nossa determinação a criação do Doutorado.

E o trabalho intenso continuou. mas as alegrias também!! Em 14 de março de 2019 via a Portaria de n.º 609, o MEC reconheceu os nossos esforços, e o Mestrado em Saúde e Meio Ambiente teve a sua licença de atuação renovada.

Cabe mencionar, aqui, que o precursor Mestrado em Saúde e Meio Ambiente foi a base sólida para a instalação do Programa de Pós Graduação em Saúde e Meio Ambiente que obteve, em agosto de 2013, em pleno inverno, a recomendação da CAPES para a abertura da primeira turma do Doutorado.

Em 2014 iniciamos o Doutorado em Saúde e Meio Ambiente. O curso seguiu com muito boa aceitação acadêmica, tendo sido reconhecido pelo MEC por meio da Portaria n.º 652, de 22 de maio de 2017 e, para alegria de todos os envolvidos, teve sua licença renovada com a Portaria n.º 609 de 14 de março de 2019.

E então, pensávamos, o que nós, da Univille, almejamos com o Programa de Pós-Graduação em Saúde e Meio Ambiente? O objetivo nos era claro, visávamos formar, numa perspectiva interdisciplinar, recursos humanos devidamente qualificados tanto em saúde como em meio ambiente para quesaindo da universidade estivessem aptos a contribuir para/com a sociedade. E essa contribuição, sem dúvidas, desde então e sempre, cabe voltar-se para a geração de novos conhecimentos, para a formulação de políticas públicas e privadas indicadas à gestão e conservação ambiental, bem como à promoção de ações para a melhoria da saúde e da qualidade ambiental. E, principalmente, que essas ações estejam norteadas para o desenvolvimento regional sustentável.

De fato, uma proposição grande, audaciosa! E os nossos alunos corresponderam ao que esperávamos. No Doutorado e no

Mestrado, passamos a receber profissionais das mais diversas áreas do conhecimento, atuantes no setor público ou privado e que ansiavam pela promoção da consciência ambiental, investigavam problemas locais buscando soluções que proporcionam a garantia de saúde, da qualidade de vida e o desenvolvimento sustentável.

Se pensarmos no quanto essas aspirações já repercutiram na sociedade, no impacto que o Programa de Pós-Graduação em Saúde e Meio Ambiente da Univille tem proporcionado à região de Joinville e ao Estado de Santa Catarina, perceberemos que é incomensurável a sua contribuição. Os artigos publicados nesta coletânea que ora lhes apresento, já dão o tom da relação interdisciplinar das áreas de atuação do Programa. A obra *Estudos Interdisciplinares em Saúde e Meio Ambiente* reflete de maneira interligada esse quadro quando os textos abordam temas como o estresse oxidativo, a impactação dos terceiros molares inferiores em jovens adultos do sul do Brasil, a questão da resistência antimicrobiana que está crescendo mundialmente, a análise do perfil epidemiológico de idosos da cidade de Joinville, a crescente poluição plástica nos ecossistemas marinhos, as vulnerabilidades de bairros da cidade de Joinville à eventos de alta magnitude, o potencial do uso dos resíduos da indústria de cerveja, a plasticidade das plantas e sua adaptação às mudanças ambientais, a alteração do padrão alimentar desde a dieta dos hominídeos da pré-história ao século XXI para acompanhar um estilo de vida que prioriza o tempo em detrimento da saúde, os mecanismos de proteção da água e sua integração com o ordenamento jurídico, a importância da celulose como um dos biopolímeros mais abundantes do planeta e que representa interesses econômicos e tecnológicos, além, ainda, da ampla abrangência acadêmica e social que esses temas podem repercutir.

Assim, o Programa de Pós Doutorado em Saúde e Meio Ambiente da Univille estruturado na Coordenação dos Cursos, com os docentes do Programa, com o pessoal funcional e administrativo e com todo o corpo discente, posso dizer que está de parabéns pelos seus 25 anos de atividade intensa, colaborativa e contributiva pelos tantos estudos produzidos.

E convém aqui destacar que os alunos são de fato os elementos que fazem valer todo o nosso esforço para consubstanciar o trabalho desenvolvido pelo Programa. Juntos, empenhados com os seus respectivos orientadores, meus colegas professores, os alunos garantiram e garantem a efetividade e o sucesso do Programa de Pós-Graduação em Saúde e Meio Ambiente da Univille.

A esses alunos e aos meus colegas professores, a minha profunda gratidão pelos momentos que juntos passamos seja em atividades administrativas, seja em atividades de trabalho ou estudos e reflexão sobre as questões que norteiam a vida na sociedade em geral. Momentos esses que estão registrados para sempre na minha memória e que com certeza fizeram-me despertar para o sentimento do valor e do belo em relação ao ambiente onde vivemos e também tornaram-me uma pessoa melhor.

Nelma Baldin, início da primavera de 2024.

CAPÍTULO

1

SAÚDE E DOENÇA

ESTRESSE OXIDATIVO, DISFUNÇÃO MITOCONDRIAL E COMORBIDADES: RELAÇÃO COM FATORES AMBIENTAIS E ESTILO DE VIDA

Daniela Delwing-de Lima[1]
Katherine Plautz[2]
Gabriela Borgmann[3]
Alessandra Betina Gastaldi[4]
Karine Louize Vincenzi Lüetke[5]
Ricardo Clemente Rosa[6]
Natalia Cavichioli[7]
Débora Delwing Dal-Magro[8]
Gustavo Schuetzler Gomes Fernandes[9]
Klaus Johann Jacques Schebek Teixeira[10]
Kassielly Longo Brizola[11]
Luana Gabriely de Almeida Campos[12]
Ana Carolini Toporowicz Soares[13]
Mirela Parissa Bondan Misaghi[14]

[1] Doutora, Universidade da Região de Joinville – UNIVILLE, lattes.cnpq.br/5765728791389269
[2] Doutoranda, Universidade da Região de Joinville – UNIVILLE, lattes.cnpq.br/6894624985290022
[3] Doutoranda, Universidade da Região de Joinville – UNIVILLE, lattes.cnpq.br/5475876668217808
[4] Doutoranda, Universidade da Região de Joinville – UNIVILLE, lattes.cnpq.br/1875279922817789
[5] Doutoranda, Universidade da Região de Joinville – UNIVILLE, lattes.cnpq.br/3450315781414048
[6] Doutorando, Universidade da Região de Joinville – UNIVILLE, lattes.cnpq.br/6964264449795380
[7] Mestranda, Universidade da Região de Joinville – UNIVILLE, lattes.cnpq.br/9785992882457966
[8] Doutora, Universidade Regional de Blumenau – FURB, lattes.cnpq.br/0372263962185763
[9] Graduando, Universidade da Região de Joinville – UNIVILLE, lattes.cnpq.br/1052643640473829
[10] Graduando, Universidade da Região de Joinville – UNIVILLE, lattes.cnpq.br/0649027906597161
[11] Graduanda, Universidade da Região de Joinville – UNIVILLE, lattes.cnpq.br/3077477331669054
[12] Graduanda, Universidade da Região de Joinville – UNIVILLE, lattes.cnpq.br/5974927180558781
[13] Graduanda, Universidade da Região de Joinville – UNIVILLE, lattes.cnpq.br/9947790974744400
[14] Graduanda, Universidade da Região de Joinville - UNIVILLE, lattes.cnpq.br/1298065746526368

INTRODUÇÃO

O estresse oxidativo é conceituado como um desequilíbrio entre a produção de radicais livres e a capacidade do organismo de neutralizá-los por meio de defesas antioxidantes. Esse estado de desequilíbrio pode resultar em danos celulares e está associado a diversas condições patológicas e fatores ambientais.

A inflamação crônica, associada ao estresse oxidativo, desempenha um componente chave em várias doenças crônicas, incluindo a síndrome metabólica, diabetes mellitus, obesidade, aterosclerose, hipercolesterolemia, doenças cardiovasculares, respiratórias, cânceres e que acometem o sistema nervoso central, como depressão, Alzheimer, Parkinson, entre outras. Essas enfermidades induzem o aumento da produção de radicais livres. Além disso, o estresse oxidativo afeta o metabolismo energético, prejudicando a eficiência mitocondrial e contribuindo para a disfunção celular.

Fatores ambientais, como a exposição a agrotóxicos, metais pesados e poluentes inalados, aumentam a carga de estresse oxidativo no organismo, promovendo a geração excessiva de espécies reativas de oxigênio (EROs). Da mesma forma, o tabagismo e o consumo excessivo de álcool aumentam o estresse oxidativo, danificando tecidos e células e contribuindo para doenças cardiovasculares, hepáticas e pulmonares. A interação complexa entre doenças crônicas, fatores ambientais e comportamentais justifica a importância de uma abordagem multifacetada para mitigar os efeitos adversos do estresse oxidativo e promover a saúde geral.

ESTRESSE OXIDATIVO, DISFUNÇÃO MITOCONDRIAL E COMORBIDADES: CONCEITOS E RELAÇÕES COM FATORES AMBIENTAIS E ESTILO DE VIDA

A formação de radicais livres e espécies reativas é um processo fisiológico do organismo. Estes compostos são produzidos a partir de diferentes vias do metabolismo, e auxiliam na manutenção, proteção

e sobrevivência das células. A geração exacerbada de radicais livres e espécies reativas sem que haja neutralização suficiente estabelece o estresse oxidativo, ou seja, há um desequilíbrio deste mecanismo, (HAJAM et al., 2022; WU et al., 2020).

As espécies reativas de oxigênio (EROs) e espécies reativas de nitrogênio (ERNs) desempenham como função fisiológica a proteção contra microrganismos e agentes exógenos, formação de estruturas celulares, sinalização pró-inflamatória, proliferação e morte celular (SIES, 2015; ZHANG et al., 2021; YATMAZ et al., 2013; HAJAM et al., 2022). Entretanto, o excesso dessas moléculas desencadeia alterações maléficas ao organismo pelo fato de serem altamente instáveis. Os principais alvos de danos do estresse oxidativo são lipídios, proteínas, glicídios e o ácido desoxirribonucleico (DNA) (BIRBEN et al., 2012).

A principal preocupação em relação aos danos lipídicos é a membrana plasmática, uma barreira flexível de lipídios e proteínas em bicamada. Sua permeabilidade seletiva regula a movimentação de substâncias e íons entre os ambientes intra e extracelular, sendo extremamente importante para a manutenção do potencial de membrana e da osmolaridade celular, além de possibilitar a função adequada de proteínas transportadoras e enzimas (TORTORA et al., 2016).

Os lipídios da membrana plasmática, especialmente os resíduos de ácidos graxos poliinsaturados dos fosfolipídios, são altamente suscetíveis à oxidação através do processo denominado peroxidação lipídica. Estes danos alteram a fluidez da membrana e prejudicam a seletividade no transporte iônico e na sinalização transmembrana, afetando o transporte celular e podendo levar à apoptose (SILVA; FERRARI, 2011; LUO *et al*., 2020). Ainda, os produtos resultantes da peroxidação lipídica podem danificar o DNA, as proteínas, alterar a atividade enzimática e promover morte celular (ŁUCZAJ *et al*., 2016).

Proteínas são polímeros de aminoácidos unidos por ligações covalentes, formando as macromoléculas biológicas mais abundantes, presentes em todas as partes das células e atuando como ferramentas moleculares para representar a informação genética. A variedade de sequências em que os aminoácidos podem ser ligados permite a formação de produtos diversos, como enzimas, hormônios, anticorpos, e

muitos outros, com atividades variadas (NELSON; COX, 2022). Portanto, danos oxidativos a proteínas representam um malefício que pode atingir diferentes estruturas, em sistemas distintos no organismo (LUO et al., 2020; ZHANG *et al*., 2021).

A oxidação proteica pode ocorrer através de quatro mecanismos: modificação oxidativa de resíduos de aminoácidos sítio-específicos, fragmentação proteica através da clivagem oxidativa da estrutura peptídica, formação de proteínas carboniladas, e geração de ligações cruzadas proteína-proteína (LUO *et al*., 2020). A arginina, lisina, prolina e treonina, por exemplo, podem ter suas cadeias laterais carboniladas através da exposição a sistemas de oxidação catalisadas por metais (NYSTROM, 2005).

Além disso, as proteínas carboniladas acumuladas em forma de agregados podem se tornar citotóxicas (DALLE-DONNE et al., 2006). Derivados carbonílicos, como aldeídos e cetonas, são formados pela oxidação direta de resíduos de aminoácidos suscetíveis pela clivagem oxidativa das proteínas por EROs, ou ainda por reações não oxidativas com lipídios oxidados que contenham grupos carbonila (DALLE-DONNE et al., 2006; WEBER *et al*., 2015; GRYSZCZYŃSKA *et al*., 2017).

Ainda, o estresse oxidativo pode danificar o DNA. As maiores consequências destes danos são a mutagênese e a perda de informação epigenética (PIZZINO *et al*., 2017). O principal mecanismo de dano ao DNA é a utilização da guanina para formar seu derivado oxidativo 8-hidroxiguanosina. A partir da formação de espécies oxidativas, pode ocorrer a formação de tumores malignos e outras doenças relacionadas a erros do DNA (SHEKAFTIK; NASIRZADEH, 2021).

Para prevenir ou neutralizar os danos causados pelas EROs, o organismo possui um sistema de defesa antioxidante, que inclui elementos enzimáticos e não enzimáticos. Com relação às enzimas antioxidantes, citam-se como principais a superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT), glutationa peroxidase (GSH-Px) e glutationa redutase (GR) e, às substâncias antioxidantes não enzimáticas, citam-se a glutationa, melatonina, ácido lipoico, ácido úrico, flavonoides, ubiquinol, ácido ascórbico, alfa-tocoferol, entre outros (DEMIRCI-ÇEKIÇ *et al*., 2021).

O processo inflamatório pode ser potencializado pelo estresse oxidativo. As EROs podem ativar fatores de transcrição, como NF-κB (fator nuclear kappa B) e AP-1 (proteína ativadora 1), que promovem a expressão de citocinas pró-inflamatórias, quimiocinas e moléculas de adesão, levando ao recrutamento e ativação de células imunológicas no local da lesão, contribuindo assim para a resposta inflamatória (REUTER *et al*., 2010).

Durante a inflamação, células imunológicas como neutrófilos, macrófagos e células dendríticas são ativadas e produzem EROs como parte de seus mecanismos de defesa para eliminar patógenos. No entanto, a produção excessiva de EROs pode levar ao estresse oxidativo. Citocinas pró-inflamatórias, como TNF-α, IL-1β e IL-6, têm a capacidade de estimular a produção de EROs em diversas células, o que contribui de maneira significativa para o aumento do estresse oxidativo (VALKO *et al*., 2007; REUTER *et al*., 2010).

A inflamação crônica pode resultar em estresse oxidativo persistente, que, por sua vez, perpetua a inflamação, desencadeando um estado cíclico em que o dano oxidativo e a inflamação se reforçam continuamente. O estresse oxidativo e a inflamação persistentes podem levar a danos significativos nos tecidos, contribuindo para a patogênese de várias doenças crônicas, incluindo síndrome metabólica, diabetes mellitus, aterosclerose, hipercolesterolemia, entre outras (MITTAL *et al*., 2014; NATHAN; DING, 2010).

Essas doenças metabólicas induzem à produção excessiva de EROs (MITTAL et al., 2014; SPAHIS et al., 2017; SILBERNAGL; LANG, 2016; VONA et al., 2019; PLAUTZ et al., 2021; FRANCO et al., 2022; WATTS et al., 2023). Indivíduos afetados têm menores níveis de enzimas antioxidantes e maiores biomarcadores de dano oxidativo, resultando em disfunção endotelial. Isso agrava as alterações causadas pela fisiopatologia das doenças, criando um ciclo vicioso onde o dano oxidativo e as alterações se reforçam mutuamente (BEKKOUCHE *et al*., 2014; ČOLAK; PAP, 2021; CHO *et al*., 2023; RAUT; KHULLAR, 2023; MASENGA *et al*., 2023).

A disfunção mitocondrial está relacionada à progressão do estresse oxidativo nas doenças metabólicas e crônicas. As mitocôndrias, responsáveis pela produção de ATP através da fosforilação oxidativa,

podem liberar elétrons de alta energia que formam radicais superóxido e peróxido de hidrogênio, levando à produção de radicais altamente reativos que causam danos celulares. Em condições normais, o sistema antioxidante neutraliza essas EROs, mas sua produção excessiva, comum nas doenças metabólicas, pode levar à reprogramação metabólica e aumento da síntese de gordura. Isso resulta em um ciclo vicioso de disfunção mitocondrial, estresse oxidativo, morte celular e inflamação, contribuindo para resistência à insulina e outras complicações metabólicas (SHARMA; GUPTA; SHARMA, 2018; PRASUN, 2020; RIUS-PÉREZ et al., 2020).

Alguns padrões comportamentais podem influenciar no desenvolvimento destas doenças, e consequentemente acarretar o aumento do estresse oxidativo. A literatura aponta que o tabaco contém substâncias tóxicas, como nicotina, monóxido de carbono e metais pesados, assim como o etanol, presente em bebidas alcoólicas. Essas substâncias aumentam a produção de EROs e reduzem a capacidade antioxidante das células, elevam os marcadores de dano oxidativo e diminuem as defesas antioxidantes, elevando o risco de várias doenças, incluindo cardiovasculares e câncer (YUGAR-TOLEDO; MORENO JÚNIOR, 2002; SHIELD *et al*., 2013; METRO *et al*., 2022).

Para a prevenção de diversas patologias, a prática de atividade física tem um papel fundamental, e sua importância está diretamente relacionada ao combate ao estresse oxidativo e inflamação. Exercícios físicos, que incluem movimentos corporais e uso da massa muscular, como musculação e esportes, são essenciais para a manutenção da saúde nesse sentido (ALVES; ALVES, 2019). Atividades físicas regulares reduzem o estresse oxidativo, pois aumentam a produção de antioxidantes endógenos e melhoram a capacidade do organismo de neutralizar EROs, diminuindo o risco de doenças cardiovasculares, diabetes, síndrome metabólica e outras condições relacionadas (VINA *et al*., 2009).

De acordo com a Política Nacional de Promoção de Saúde (PNPS), a rede básica de saúde deve mapear e apoiar serviços de atividades físicas na estratégia de saúde da família e comunidade, além de promover a inclusão dessa prática onde não está presente. Após a publicação da PNPS em 2006, houve um crescimento exponencial de

projetos relacionados, especialmente para grupos de caminhadas para hipertensos e diabéticos, conhecidos como Hiperdia (CARVALHO; NOGUEIRA, 2016). Esses programas têm mostrado benefícios significativos na redução do estresse oxidativo e na melhoria da saúde geral dos participantes.

O estresse oxidativo desempenha um papel central em diversas doenças crônicas, incluindo as que acometem o sistema nervoso central, como a depressão, que também pode ser beneficiada com a prática regular de atividade física (MITTAL *et al*., 2014; SPAHIS *et al*., 2017; CHO *et al*., 2023). Além disso, fatores ambientais, incluindo a exposição a metais pesados, bem como poluentes, intensificam o estresse oxidativo ao elevar a produção de EROs e reduzir a capacidade antioxidante do organismo. Essa interação agrava a disfunção celular e tecidual, contribuindo significativamente para a progressão das doenças associadas ao estresse oxidativo (CORTÉS-GÓMEZ *et al*., 2018; FERRAZZA *et al*., 2023). Assim, a consideração dos impactos ambientais é crucial no estudo e manejo dessas doenças, pois a redução da exposição a esses agentes pode atenuar o estresse oxidativo e seus efeitos nocivos à saúde.

Vários elementos químicos, desempenham funções vitais nos organismos vivos. Destacam-se os metais pesados, que recebem essa denominação através do peso atômico e densidade específica (PERELLI *et al*., 2022). Esses elementos apresentam elevados níveis de reatividade e bioacumulação, podendo desencadear diversas reações químicas não metabolizáveis, em que os organismos vivos não são capazes de os degradar, permanecendo em caráter cumulativo nos indivíduos (DUFFUS, 2002).

Em pequenas quantidades, cobre, manganês, selênio, cromo, molibdênio e zinco são nutrientes essenciais à saúde em níveis adequados, sendo consumidos de forma natural através de determinados alimentos como frutas, verduras, legumes e proteínas animais e vegetais (CASERTA *et al*., 2013; LEITE *et al*., 2015). Entretanto, é necessário que seja garantida a integridade desses alimentos, para que não ocorra a eutrofização que altere suas características nutricionais, em que o efluente bruto é lançado sem nenhum tratamento prévio nos cursos de água ou ainda a influência das atividades de origem humana, que afetam negativamente

o ambiente, impulsionada pela industrialização, desenvolvimento urbano, novas práticas agrícolas e as mudanças no uso da água (BRANDÃO et al., 2024; SMITH; SCHINDLER, 2009).

Outros metais, como o cádmio, chumbo, mercúrio e arsênio não possuem nenhuma função biológica conhecida, são xenobióticos e persistentes no ambiente e sua disponibilidade no ambiente propicia a incorporação deles na biota, dando início ao processo de biomagnificação, bioacumulação e a bioconcentração (BRANDÃO *et al*., 2024; ASHARP *et al*., 2019).

Na literatura, existem relatos de acompanhamento de organismos que, após a presença de metais pesados, demonstraram redução da atividade da SOD renal. A exposição ao cádmio causou diminuição da atividade da SOD, CAT e GSH-Px plasmáticas, além de aumento de malondialdeído (MDA), concluindo que o cádmio tem capacidade de causar estresse oxidativo e diminuir a atividade antioxidante do organismo, visto que o cádmio se liga nos grupamentos sulfidrila da SOD e nos sítios de ação da GSH-Px, inibindo ou diminuindo suas atividades. Como consequência, ocorre aumento das EROs, que podem bloquear as vias de síntese da CAT. Além disso, o aumento de peróxido de hidrogênio eleva a produção de MDA, que consequentemente, em altas concentrações nos eritrócitos - podendo ser decorrentes do acúmulo de chumbo - levam ao estresse oxidativo (CORTÉS-GÓMEZ *et al*., 2018; HUO *et al*., 2018; ORTIZ-SANTALIESTRA *et al*., 2019; FERRAZZA *et al*., 2023).

Os metais pesados são introduzidos no ambiente por meio de várias fontes, incluindo naturais, agrícolas, industriais, atmosféricos, efluentes domésticos, e outras. Utilizados em larga escala nos cultivos mundiais e com sua liberação desenfreada, principalmente no Brasil, os fertilizantes orgânicos e inorgânicos, águas de irrigação e pesticidas, têm níveis variáveis de cádmio, cromo, níquel, chumbo e zinco. O uso destes materiais de forma prolongada pode ocasionar a acumulação elevada de alguns destes metais, que podem bioacumular em plantas que serão utilizadas em posterior consumo, biomagnificação em diferentes níveis tróficos e ainda lixiviar, provocando a contaminação de corpos de solo ou de água, além da dispersão pelo vento (SOUZA *et al*., 2018).

Também, os pesticidas organofosforados são extensamente empregados mundialmente no combate a pragas. Esses compostos

são responsáveis por inibir a acetilcolinesterase, resultando em danos neurotóxicos, disfunção mitocondrial e estresse oxidativo, associados a diversas desordens neurológicas. Os organofosforados podem afetar a função mitocondrial ao provocar estresse oxidativo nas mitocôndrias.

Muitos agrotóxicos promovem a formação de EROs através da oxidação de suas moléculas ou pela interferência em processos mitocondriais, interferindo no seu funcionamento e consequentemente levando à disfunção celular e morte. Esses produtos químicos inibem as enzimas antioxidantes, como a SOD e a CAT, e reduzem a capacidade do organismo de neutralizar as EROs e ainda, induzem estresse no retículo endoplasmático, contribuindo para a apoptose celular (DEREUMEAUX, *et al*., 2020; JÚNIOR; DUVOISIN, 2020).

Compreender como metais pesados e agrotóxicos induzem estresse oxidativo é crucial para desenvolver estratégias de mitigação. Reduzir a exposição, promover desintoxicação biológica e fortalecer sistemas antioxidantes podem minimizar impactos à saúde. Pesquisa contínua e conscientização sobre o uso seguro de substâncias químicas são essenciais para proteger a saúde humana e ambiental.

As atividades antrópicas liberam contaminantes no ambiente, tais como metais pesados, pesticidas, microrganismos patogênicos, excesso de nutrientes, surfactantes, resíduos e óleos, que podem ser nocivos para os seres vivos (SANTANA *et al*., 2015). A exposição a esses estressores ambientais contribui para a instalação do quadro de estresse oxidativo e intensifica a instabilidade da defesa antioxidante (STARK *et al*., 2022; ODETTI *et al*., 2020; HALLIWELL; GUTTERIDGE, 2015). Dessa forma, a ação antrópica pode interferir diretamente no desequilíbrio fisiológico dos organismos, tendo em vista que os xenobióticos presentes em resíduos das atividades humanas acabam gerando EROs.

A compreensão dos mecanismos de formação e neutralização dos radicais livres e espécies reativas é fundamental para elucidar os processos fisiopatológicos subjacentes a diversas doenças crônicas. A exposição a fatores ambientais como tabaco, álcool, metais pesados e pesticidas exacerba os processos de dano oxidativo, intensificando a inflamação crônica. A pesquisa contínua sobre esses mecanismos e suas consequências é crucial para a promoção da saúde pública e a prevenção de doenças crônicas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estresse oxidativo é um fenômeno complexo e multifacetado que desempenha um papel central em diversos processos patológicos, através do seu potencial de danificar proteínas, lipídios, glicídios e o material genético, resultando em disfunção metabólica, alterações genéticas e celulares, e apoptose; e é influenciado por uma ampla gama de fatores. A compreensão do papel do estresse oxidativo na saúde humana destaca a importância de abordagens integradas para a prevenção e tratamento de doenças. Estratégias, que incluem a redução da exposição a fatores ambientais nocivos, a promoção de hábitos de vida saudáveis, e a consideração das predisposições genéticas individuais, são cruciais para mitigar os efeitos adversos do estresse oxidativo. Promover um estilo de vida que incorpore atividade física regular, uma dieta balanceada rica em antioxidantes, e a abstinência de substâncias tóxicas é fundamental para melhorar a resiliência do organismo ao estresse oxidativo e promover a saúde a longo prazo.

REFERÊNCIAS

ALVES, J. G. B.; ALVES, G. V. Effects of physical activity on children's growth. **Journal de Pediatria**, v. 95, p. 72–78, 2019.

ASHRAP, P.; SÁNCHEZ, B. N.; TÉLLEZ-ROJO, M. M.; BASU, N.; TAMAYO-ORTIZ, M.; PETERSON, K. E.; MEEKER, J. D.; WATKINS, D. J. In utero and peripubertal metals exposure in relation to reproductive hormones and sexual maturation and progression among girls in Mexico City. **Environmental Research**, v. 177, p. 108630, 2019.

BEKKOUCHE, L.; BOUCHENAK, M.; MALAISSE, W. J.; YAHIA, D. A. The Mediterranean Diet Adoption Improves Metabolic, Oxidative, and Inflammatory Abnormalities in Algerian Metabolic Syndrome Patients. **Hormone and Metabolic Research**, v. 46, n. 04, p. 274–282, 2014.

BIRBEN, E.; SAHINER, U. M.; SACKESEN, C.; ERZURUM, S.; KALAYCI, O. Oxidative Stress and Antioxidant Defense. **World Allergy Organization Journal**, v. 5, n. 1, p. 9–19, 2012.

BRANDÃO, L. N.; SALES, D. S.; NUNES, C. H.; SALES, C. M. R.; CHAVES, G. C. Metais pesados como disruptores endócrinos. **GeSec**, v. 15, n. 1, p. 1342–1357, 2024.

CARVALHO, F. F. B. DE; NOGUEIRA, J. A. D. Práticas corporais e atividades físicas na perspectiva da Promoção da Saúde na Atenção Básica. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 21, n. 6, p. 1829–1838, 2016.

CASERTA, D; GRAZIANO, A.; MONTE, G. L.; BORDI, G.; MOSCARINI, M. Heavy metals and placental fetal-maternal barrier: a minireview on the major concerns. Eur **Rev Med Pharmacol Sci**, v. 17, n. 16, p. 2198–2206, 2013.

CHO, Y. H.; LEE, Y.; CHOI, J. I.; LEE, S. R.; LEE, S. Y. Biomarkers in metabolic syndrome. **Advances in Clinical Chemistry**, p. 101–156, 2022.

ČOLAK, E.; PAP, D. The role of oxidative stress in the development of obesity and obesity-related metabolic disorders. **Journal of Medical Biochemistry**, 2020.

CORTÉS-GÓMEZ, A. A.; MORCILLO, P.; GUARDIOLA, F. A.; ESPINOSA, C.; ESTEBAN, M. A.; CUESTA, A.; GIRONDOT, M.; ROMERO, D. Molecular oxidative stress markers in olive ridley turtles (*Lepidochelys olivacea*) and their relation to metal concentrations in wild populations. **Environmental Pollution**, v. 233, p. 156–167, 2018.

DALLE-DONNE, I.; ALDINI, G.; CARINI, M.; COLOMBO, R.; ROSSI, R.; MILZANI, A. Protein carbonylation, cellular dysfunction, and disease progression. **Journal of cellular and molecular medicine**, v. 10, n. 2, p. 389–406, 2006.

DEMIRCI-ÇEKIÇ, S.; ÖZKAN, G.; AVAN, A. N.; UZUNBOY, S.; ÇAPANOĞLU, E.; APAK, R. Biomarkers of Oxidative Stress and Antioxidant Defense. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis**, v. 209, p. 114477, 2021.

DEREUMEAUX, C.; FILLOL, C.; QUENEL, P.; DENYS, S. Pesticide exposures for residents living close to agricultural lands: A review. **Environment International**, v. 134, p. 105210, 2020.

DUFFUS, J. H. Heavy metals - A meaningless term? **Pure and Applied Chemistry**, v. 74, n. 5, p. 793–807, 2002.

FERRAZZA, M. H. S. H.; DAL-MAGRO, D. D.; SALAMAIA, E.; GUARESCHI, T. E.; ERZINGER, L. F. F.; MAIA, T. P.; SIEBERT, C.; SANTOS, T. M. D.; WYSE, A. T. S.; BORGMANN, G.; PLAUTZ, K.; DELWING-DE LIMA, D. Sub-chronic administration of lead alters markers of oxidative stress, acetylcholinesterase and Na+K+-ATPase activities in rat brain. **Acta Neurobiologiae Experimentalis**, 2023.

FRANCO, C.; SCIATTI, E.; FAVERO, G.; BONOMINI, F.; VIZZARDI, E.; REZZANI, R. Essential Hypertension and Oxidative Stress: Novel Future Perspectives. International **Journal of Molecular Sciences**, v. 23, n. 22, p. 14489, 2022.

GRYSZCZYŃSKA, B.; FORMANOWICZ, D.; BUDZYŃ; M.; WANIC-KOSSOWSKA, M.; PAWLICZAK, E.; FORMANOWICZ, P.; MAJEWSKI, W.; STRZYŻEWSKI, K. W.; KASPRZAK, M. P.; ISKRA, M. Advanced Oxidation Protein Products and Carbonylated Proteins as Biomarkers of Oxidative Stress in Selected Atherosclerosis-Mediated Diseases. **BioMed Research International**, v. 2017, p. 1–9, 2017.

HALLIWELL, B.; GUTTERIDGE, J. M. C. Free radicals in biology and medicine. 5. ed. Oxford: **Oxford University Press**, 2015.

HAJAM, Y. A.; RANI, R.; GANIE, S. Y.; SHEIKH, T. A.; JAVAID, D.; QADRI, S. S.; PRAMODH, S.; ALSULIMANI, A.; ALKHANANI, M. F.; HARAKEH, S.; HUSSAIN, A.; HAQUE, S.; RESHI, M. S. Oxidative Stress in Human Pathology and Aging: Molecular Mechanisms and Perspectives. **Cells**, v. 11, n. 3, p. 552, 2022.

HUO, J.; DONG, A.; NIU, X.; DONG, A.; SHAOCHIN, L.; MA, C.; WANG, L. Effects of cadmium on oxidative stress activities in plasma of freshwater turtle *Chinemys reevesii*. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 25, n. 8, p. 8027–8034, 2018.

JÚNIOR, C. A. M. ; DUVOISIN, C. A. AGROTÓXICOS. **Revista Ciências Humanas**, v. 13, n. 2, 2020.

LEITE, A.; SILVA, R.; CUNHA, E.; NOGUEIRA, T. M. B. Occupational disease. Médico legal importante. A case report. **Arquivos de Medicina**, v. 29, n. 4, p. 93–97, 2015.

ŁUCZAJ, W.; DOMINGUES, P.; DOMINGUES, M. R.; PANCEWICZ, S.; SKRZYDLEWSKA, E. Phospholipidomic Analysis Reveals Changes in Sphingomyelin and Lysophosphatidylcholine Profiles in Plasma from Patients with Neuroborreliosis. **Lipids**, v. 52, n. 1, p. 93–98, 2016.

LUO, J.; MILLS, K.; CESSIE, S. I.; NOORDAM, R.; HEEMST, D. V. Ageing, age-related diseases and oxidative stress: What to do next? **Ageing Research Reviews**, v. 57, p. 100982, 2020.

MASENGA, S. K.; KABWE, L. S.; CHAKULYA, M.; KIRABO, A. Mechanisms of oxidative stress in metabolic syndrome. **International Journal of Molecular Scien**ces, v. 24, n. 9, p. 7898–7898, 2023.

METRO, D.; CORALLO, F.; FEDELE, F.; BUDA, M.; MANASSERI, L.; BUONO, V. L.; QUARTARONE, A.; BONANNO, L. Effects of Alcohol Consumption on Oxidative Stress in a Sample of Patients Recruited in a Dietary Center in a Southern University Hospital: A Retrospective Study. **Medicina**, v. 58, n. 11, p. 1670, 2022.

MITTAL, M.; SIDDIQUI, M. R.; TRAN, K.; REDDY, S. P.; MALIK, A. B. Reactive Oxygen Species in Inflammation and Tissue Injury. **Antioxidants & Redox Signaling**, v. 20, n. 7, p. 1126–1167, 2014.

NATHAN, C.; DING, A. Nonresolving Inflammation. **Cell**, v. 140, n. 6, p. 871–882, 19 2010.

NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de Bioquímica de Leningher**. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2022.

NYSTRÖM, T. Role of oxidative carbonylation in protein quality control and senescence. **The EMBO Journal**, v. 24, n. 7, p. 1311–1317, 2005.

ODETTI, L. M.; GONZÁLEZ, E. C. L.; ROMITO, M. L.; SIMONIELLO, M. F.; POLLETA, G. L. Genotoxicity and oxidative stress in Caiman latiros tris hatchlings exposed to pesticide formulations and their mixtures during incubation period. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, 2020.

ORTIZ-SANTALIESTRA, M. E.; RODRÍGUEZ, A.; PAREJA-CARRERA, J.; MATEO, R.; MARTINEZ-HARO, M. Tools for non-invasive sampling of metal accumulation and its effects in Mediterranean pond turtle populations inhabiting mining areas. **Chemosphere**, v. 231, p. 194–206, 2019.

PERRELLI, M.; WU, R.; LIU, D. J.; LUCCHINI, R. G.; BOSQUE-PLATA, L. D.; VERGARE, M. J.; AKHTER, M. P.; OTT, J.; GRAGNOLI. Heavy metals as risk factors for human diseases - a Bayesian network approach. **DOAJ (DOAJ: Directory of Open Access Journals)**, v. 26, n. 24, p. 9275–9310, 2022.

PIZZINO, G.; IRRERA, N.; CUCINOTTA, M.; PALLIO, G.; MANNINO, F.; ARCORACI, V.; SQUADRITO, F.; ALTAVILLA, D.; BITTO, A. Oxidative Stress: Harms and Benefits for Human Health. **Oxidative Medicine and Cellular Longevity**, v. 2017, n. 8416763, p. 1–13, 2017.

PLAUTZ, K.; BORGMANN, G.; FERRAZZA, M. G. S. H.; LOPES, B. Y. G. S.; MOURA, T. A. P. S.; SEVEGNANI, K. Evaluation of differences in LDL cholesterol results obtained by Friedewald and Martin calculations in the analysis of the lipid profile in samples from the population of Jaraguá do Sul/SC. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 3, p. 22310–22322, 2021.

PRASUN, P. Mitochondrial dysfunction in metabolic syndrome. Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - **Molecular Basis of Disease**, v. 1866, n. 10, 2020.

RAUT, S. K.; KHULLAR, M. Oxidative stress in metabolic diseases: current scenario and therapeutic relevance. **Molecular and cellular biochemistry**, v. 478, n. 1, p. 185–196, 2022.

REUTER, S.; GUPTA, S. C.; CHATURVEDI, M. M.; AGGARWAL, B. B. Oxidative stress, inflammation, and cancer: How are they linked? **Free radical biology & medicine**, v. 49, n. 11, p. 1603–1616, 2010.

RIUS-PÉREZ, S.; TORRES-CUEVAS, I.; MILLÁN, I.; ORTEGA, A. L.; PÉREZ, S. PGC-1α, Inflammation, and Oxidative Stress: An Integrative View in Metabolism. **Oxidative Medicine and Cellular Longevity**, v. 2020, p. 1–20, 2020.

SANTANA, L. M. B. M.; LOTUFO, L. V. C.; ABESSA, D. M. S. A contaminação antrópica e seus efeitos em três estuários do litoral do Ceará, Nordeste do Brasil – revisão. **Arquivos de Ciências do Mar**, Fortaleza, v. 48, n. 2, p. 93–115, 2015.

SHEKAFTIK, O. S.; NASIRZADEH, N. 8-Hydroxy-2'-deoxyguanosine (8-OHdG) as a biomarker of oxidative DNA damage induced by occupational exposure to nanomaterials: a systematic review. **Nanotoxicology**, v. 15, n. 6, p. 850–864, 2021.

SIES, H. Oxidative stress: a concept in redox biology and medicine. **Redox Biology**, v. 4, p. 180–183, 2015.

SILBERNAGL, S.; LANG, F. **Fisiopatologia: texto e atlas.** 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2016.

SILVA, W. J. M. DA; FERRARI, C. K. B. Metabolismo mitocondrial, radicais livres e envelhecimento. **Revista Brasileira de Geriatria e Gerontologia**, v. 14, n. 3, p. 441–451, 2011.

SHARMA, G. N.; GUPTA, G.; SHARMA, P. A Comprehensive Review of Free Radicals, Antioxidants, and Their Relationship with Human Ailments. **Critical Reviews in Eukaryotic Gene Expression**, v. 28, n. 2, p. 139–154, 2018.

SHIELD, K. D.; PARRY, C.; REHM, J. Chronic diseases and alcohol use. **Alcohol Res**, v. 35, n. 2, p. 155–173, 2013.

SMITH, V. H.; SCHINDLER, D. W. Eutrophication science: where do we go from here? **Trends in Ecology and Evolution**, v. 24, p. 201–207, 2009.

SOUZA, A. K. R.; MORASSUTI, C. Y.; DEUS, W. B. POLUIÇÃO DO AMBIENTE POR METAIS PESADOS E UTILIZAÇÃO DE VEGETAIS COMO BIOINDICADORES. **Acta Biomédica Brasiliensia**, v. 9, n. 3, p. 95, 2018.

SPAHIS, S.; BORYS, J. M.; LEVY, E. Metabolic Syndrome as a Multifaceted Risk Factor for Oxidative Stress. **Antioxidants & Redox Signaling**, v. 26, n. 9, p. 445–461, 2017.

STARK, A. A. P.; BONFADA, C. O.; ZANI, G. S.; DE PAULA, L. S.; TELES, M. A.; VARELA JUNIOR, A. S.; CORCINI, C. D.; FRANÇA, R. T. Metais pesados e sua relação com o estresse oxidativo em répteis. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 3, 2022.

TORTORA, G. J.; DERRICKSON, B. **Princípios de anatomia e fisiologia.** Rio De Janeiro: Guanabara Koogan, 2002.

VALKO, M.; LEIBFRITZ, D.; MONCOL, J.; CRONIN, M. T. D.; MAZUR, M.; TELSER, J. Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease. **The International Journal of Biochemistry & Cell Biology**, v. 39, n. 1, p. 44–84, 2007.

VINA, J, GOMEZ-CABRERA, M. C., & BORRAS, C. Fostering antioxidant defenses: Up-regulation of antioxidant genes by physical exercise. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 46, p 131-137, 2009.

VONA, R.; GAMBARDELLA, L.; CITTADINI, C.; STRAFACE, E.; PIETRAFORTE, D. Biomarkers of Oxidative Stress in Metabolic Syndrome and Associated Diseases. **Oxidative Medicine and Cellular Longevity**, p. 1–19, 2019.

WATTS, G. F.; GIDDING, S. S.; HEGELE, R. A.; RAAL, F. J.; STURM, A. C.; JONES, L. K.; SARKIES, M. N.; AL-RASADI, K.; BLOM, D. J.; DACCORD, M.; DE FERRANTI, S. D.; FOLCO, E.; LIBBY, P.; MATA, P.; NAWAWI, H. M.; RAMASWAMI, U.; RAY, K. K.; STEFANUTTI, C.; YAMASHITA, S.; PANG, J.; THOMPSON, G. R.; SANTOS, R. D. International Atherosclerosis Society guidance for implementing best practice in the care of familial hypercholesterolemia. **Nature reviews Cardiology**, v. 20, n. 12, 845–869, 2023.

WEBER, D.; DAVIES, M. J.; GRUNE, T. Determination of protein carbonyls in plasma, cell extracts, tissue homogenates, isolated proteins: Focus on sample preparation and derivatization conditions. **Redox Biology**, v. 5, p. 367–380, 2015.

WU, L.; XIONG, X.; WU, X.; YE, Y.; JIAN, Z.; ZHI, Z.; GU, L. Targeting Oxidative Stress and Inflammation to Prevent Ischemia-Reperfusion Injury. **Frontiers in Molecular Neuroscience**, v. 13, 2020.

YATMAZ, S.; SEOW, H. J.; GUALANO, R. S.; WONG, Z. X.; STAMBAS, J.; SELEMIDIS, S.; CRACK, P. J.; BOZINOVSKI, S.; ANDERSON, G. P.; VLAHOS, R. Glutathione Peroxidase-1 Reduces Influenza A Virus–Induced Lung Inflammation. **American journal of respiratory cell and molecular biology**, v. 48, n. 1, p. 17–26, 2013.

YUGAR-TOLEDO, J. C.; MORENO JÚNIOR, H. Implicações do tabagismo ativo e do tabagismo passivo como mecanismos de instabilização da placa aterosclerótica. **Revista da Sociedade de Cardiologia do Estado de São Paulo**, v. 4, p. 595–605, 2002.

ZHANG, H.; XU, R.; WANG, Z. Contribution of Oxidative Stress to HIF-1-Mediated Profibrotic Changes during the Kidney Damage. **Oxidative Medicine and Cellular Longevity**, v. 2021, p. 6114132, 2021.

CAPÍTULO

2

SAÚDE E DOENÇA

PREVALÊNCIA E PADRÃO DE IMPACTAÇÃO DE TERCEIROS MOLARES INFERIORES EM UMA AMOSTRA DE JOVENS ADULTOS DO SUL DO BRASIL

Isabela Ribeiro Madalena[1]
Lílian Márcia da Silva Calsavara[2]
Paloma Francia de Carvalho[3]
Poliana Ferreira Santos[4]
Maria Angélica Hueb de Menezes-Oliveira[5]
César Penazzo Lepri[6]
Paulo Henrique Condeixa França[7]
Allan Abuabara[8]
Thaís Kauana Magalhães Sobral[9]
Daniel Hemming[10]
Rafaela Scariot[11]
Christian Kirschneck[12]
Erika Calvano Kuchler[13]
Flares Baratto-Filho[14]

[1] Cirurgiã-dentista, Mestre e Doutora em Ciências. Professora do Centro Universitário Presidente

Tancredo de Almeida Neves e pós-doutoranda no Departamento de Biomateriais,

Universidade de Uberaba. CV: http://lattes.cnpq.br/4412737563457376.

[2] Graduanda em Odontologia no Centro Universitário Presidente Tancredo de Almeida Neves. CV: http://lattes.cnpq.br/3767336620173879.

[3] Graduanda em Odontologia no Centro Universitário Presidente Tancredo de Almeida Neves. CV: http://lattes.cnpq.br/4370975550273713.

[4] Graduanda em Odontologia no Centro Universitário Presidente Tancredo de Almeida Neves. CV: http://lattes.cnpq.br/6209692319561092.

[5] Cirurgiã-dentista, Mestre e Doutora em Ciências. Professora do Departamento de Biomateriais, Universidade de Uberaba. CV: http://lattes.cnpq.br/6100989385195703.

[6] Cirurgião-dentista, Mestre e Doutor em Ciências. Professor e coordenador do Departamento de Biomateriais, Universidade de Uberaba. CV: http://lattes.cnpq.br/1053163867090375.

[7] Cirurgião-dentista, Mestre e Doutor em Ciências. Professor do Programa de Pós-Graduação em Saúde e Meio Ambiente da Universidade da Região de Joinville. CV: http://lattes.cnpq.br/0641905597849821.

[8] Cirurgião-dentista, Mestre em Engenharia de Processos, Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Saúde e Meio Ambiente da Universidade da Região de Joinville. CV: http://lattes.cnpq.br/5480722860518866.

[9] Cirurgiã-dentista, Mestre e Doutoranda em Odontologia na Universidade Tuiuti do Paraná CV: http://lattes.cnpq.br/6570104203118527.

[10] Cirurgião-dentista, Mestrando em Odontologia na Universidade Tuiuti do Paraná. CV: http://lattes.cnpq.br/9860219922180821.

[11] Cirurgiã-dentista, Mestre e Doutora em Odontologia. Professora do Departamento de Estomatologia, Universidade Federal do Paraná. CV: http://lattes.cnpq.br/8726711027143249.

[12] Cirurgião-dentista, Mestre e Doutor em Ciências. Professor do Departamento de Ortodontia, de Medicina, Universidade de Bonn, Bonn. CV: https://orcid.org/0000-0001-9473-8724.

[13] Cirurgiã-dentista, Mestre e Doutora em Ciências Médicas. Professora do Departamento de Ortodontia, de Medicina, Universidade de Bonn. CV: http://lattes.cnpq.br/1395527593517316.

[14] Cirurgião-dentista, Mestre e Doutor em Odontologia. Professor do Departamento de Odontologia, Universidade da Região de Joinville e Universidade Tuiuti do Paraná. CV: http://lattes.cnpq.br/6136084692276376.

INTRODUÇÃO

A impactação de terceiros molares inferiores é uma anomalia de posição dentária frequentemente observada nos pacientes que procuram atendimento odontológico (HASHEMIPOUR *et al.*, 2013; KUMAR *et al.*, 2017; JAIN *et al.*, 2019; SHAARI *et al.*, 2023). Tais dentes tendem a se desenvolver em trajetória horizontal, tomam posteriormente uma posição mesioangular e, por fim, a angulação vertical. Fenótipos de terceiros molares inferiores são comumente estudados por meio dos métodos delimitados por Pell e Gregory (1933) e Winter (1926) (HASHEMIPOUR *et al.*, 2013; KUMAR *et al.*, 2017; JAIN *et al.*, 2019; SHAARI *et al.*, 2023). Ambos os métodos têm como objetivo classificar e padronizar a posição dentária, auxiliando na estratégia de planejamento cirúrgico e, consequentemente, na redução de possíveis complicações trans e pós-operatórias. O método proposto por Pell e Gregory (1933) classifica os terceiros molares inferiores em escores de acordo com a sua posição em relação ao plano oclusal e ramo anterior da mandíbula. Contudo, durante esse processo, pode haver falhas de posicionamento de horizontal para mesioangular ou de mesioangular para vertical, impedindo que esses dentes se verticalizem e irrompam na cavidade bucal (HASHEMIPOUR *et al.*, 2013). Evidências científicas demonstram uma prevalência que pode se aproximar de até 70% de acometimento, de acordo com grupo étnico e/ou população (HASHEMIPOUR *et al.*, 2013; KUMAR *et al.*, 2017; JAIN *et al.*, 2019; SHAARI *et al.*, 2023). Alguns estudos indicam que a impacção dos terceiros molares inferiores é mais frequente no gênero feminino (KUMAR *et al.*, 2017; JAIN *et al.*, 2019). Evidências científicas também demonstram a influência de fatores locais, ambientais e genéticos sobre a impactação de terceiros molares inferiores (KUMAR *et al.*, 2017; OLSSON *et al.*, 2020; SHAARI *et al.*, 2023). Em especial, o crescimento esquelético insuficiente, espessura da mucosa sobre o dente em desenvolvimento, macrodontia e falta de espaço são amplamente citados (SHAARI *et al.*, 2023).

A impactação dos terceiros molares inferiores constitui um desafio significativo para o desenvolvimento e a manutenção harmônica do sistema estomatognático (HASHEMIPOUR *et al.*, 2013; KUMAR *et al.*, 2017; OLSSON *et al.*, 2020; JANSON *et al.*, 2021; SHAARI *et al.*, 2023).

Embora existam casos em que a impactação de terceiros molares inferiores seja assintomática, complicações como doença cárie dentária, reabsorções radiculares, dor, cistos, tumores, fraturas ósseas e dentárias e maloclusões podem ser correlacionadas com esta anomalia (YESILTEPE, KILCI, 2021; YILDIRIM, BÜYÜKGÖZE-DINDAR, 2022; SUNAL AKTURK *et al.*, 2023).

Embora a impactação dos terceiros molares inferiores seja frequentemente observada na prática clínica e contribua significativamente para diversos problemas do sistema estomatognático, ela é pouco estudada em diversas populações e etnias (KUMAR *et al.*, 2017). O conhecimento dos fenótipos populacionais auxiliará no desenvolvimento de estratégias de promoção de saúde, prevenção de doenças e agravos, bem como a otimização de protocolos terapêuticos (SHAARI *et al.*, 2023). Assim, o objetivo desse trabalho foi investigar a prevalência e o padrão de impactação de terceiros molares inferiores em uma amostra de jovens adultos do sul do Brasil.

ANÁLISE DA IMPACTAÇÃO DE TERCEIROS MOLARES INFERIORES – UMA AMOSTRA DE JOVENS ADULTOS DO SUL DO BRASIL

Este estudo retrospectivo foi conduzido utilizando uma amostra de conveniência composta por registros de pacientes encaminhados ao Serviço de Cirurgia Bucomaxilofacial para remoção cirúrgica de terceiros molares durante o período de fevereiro a dezembro de 2018. Todos os participantes receberam informações detalhadas sobre os objetivos da pesquisa, bem como os benefícios e riscos associados à sua participação. Foram incluídas documentações de jovens adultos de ambos os sexos, com idade superior a 18 anos, submetidos à remoção cirúrgica de terceiros molares, que possuíam documentação ortodôntica completa e devidamente preenchida. A assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido também foi obrigatória. Não foram excluídos jovens adultos que já haviam passado por tratamento ortodôntico anteriormente ou que relataram histórico de traumatismo dentário. Foram excluídas as

documentações de jovens adultos com síndromes, anomalias congênitas ou deformidades craniofaciais.

As anomalias dentárias de posição dos terceiros molares inferiores foram avaliadas segundo os métodos Winter (1926) e Pell e Gregory (1933). Três examinadores previamente treinados e calibrados realizaram as avaliações. O teste Kappa de Cohen ponderado foi realizado para cada dente avaliado. A confiabilidade intraobservador variou de 0,95 a 1,00. Os dados são apresentados como frequências absolutas (n) e relativas (%). Média e desvio-padrão (DP) para idade foram calculados. Foram avaliadas 178 pacientes por meio de radiografias panorâmicas, das quais 13 (7,30%) foram excluídas do estudo por apresentarem ausência de ambos os terceiros molares inferiores. 34 (20,60%) radiografias apresentavam ausência de pelo menos um terceiro molar inferior, sendo: 19 (11,51%) do terceiro molar inferior direito e 15 (9,09%) do terceiro molar inferior esquerdo. A média de idade dos pacientes incluídos no estudo foi de 25,15 anos (DP = 6,22). 102 (61,81%) pacientes eram do sexo feminino e 63 (38,18%) do sexo masculino. Em relação à ausência unilateral, observou-se a prevalência em 20 (58,82%) pacientes do sexo feminino e 14 (41,17%) do sexo masculino. Segundo a classificação de Pell e Gregory (1933) em relação ao plano oclusal, 34 (20,60%) terceiros molares foram excluídos devido a impossibilidade de avaliação; ainda de acordo com a classificação de Pell e Gregory (1933), 23 (13,93%) terceiros molares foram excluídos devido a impossibilidade de avaliação em relação ao ramo da mandíbula; nenhum terceiro molar inferior foi excluído por impossibilidade de avaliação pela classificação de Winter (1926).

Conforme a classificação de Pell e Gregory (1933), 242 terceiros molares foram avaliados em relação ao plano oclusal. Pacientes do sexo feminino apresentaram fenótipos posição A em 79 (56,43%) dentes, posição B, em 42 (30%) dentes e posição C, em 19 (13,57%) dentes. Pacientes do sexo masculino apresentaram fenótipos posição A, em 64 (62,75%) dentes, posição B, em 12 (11,76%) dentes e posição C, em 26 (25,49%) dentes.

261 terceiros molares foram avaliados em relação ao ramo da mandíbula por meio da classificação de Pell e Gregory (1933). Pacientes do sexo feminino apresentaram fenótipos classe I em 86 (52,76%) dentes,

classe II em 75 (46,01%) dentes e classe III em 2 (1,23%) dentes. Pacientes do sexo masculino apresentaram fenótipos classe I em 66 (67,35%) dentes e classe II em 32 (32,65%) dentes.

Por outro lado, segundo a classificação de Winter (1926), foram avaliados 296 terceiros molares. Pacientes do sexo feminino apresentaram fenótipo vertical em 109 (58,95%) dos dentes, fenótipo mesioangular em 36 (19,46%), fenótipo distoangular em 10 (5,41%), fenótipo horizontal em 25 (13,51%) e fenótipo bucolingual em 5 (2,70%). Pacientes do sexo masculino apresentaram fenótipo vertical em 69 (62,16%) dentes, fenótipo mesioangular em 15 (13,51%), fenótipo distoangular em 3 (2,70%), fenótipo horizontal em 23 (20,72%) e fenótipo bucolingual em 1 (0,90%). Na Tabela 1 é possível verificar a frequência dos fenótipos de acordo com o sexo.

Tabela 1. Frequência dos fenótipos de terceiro molar de acordo com sexo.

	Total	Sexo feminino	Sexo masculino
Classificação de Pell e Gregory (1933) em relação ao plano oclusal – n (%)			
Posição A	143 (59,09%)	79 (56,43%)	64 (62,75%)
Posição B	54 (22,31%)	42 (30,00%)	12 (11,76%)
Posição C	45 (18,60%)	19 (13,57%)	26 (25,49%)
Total	242 (100%)	140 (100%)	102 (100%)
Classificação de Pell e Gregory (1933) em relação ao ramo da mandíbula - n (%)			
Classe I	152 (58,24%)	86 (52,76%)	66 (67,35%)
Classe II	107 (41%)	75 (46,01%)	32 (32,65%)
Classe III	2 (0,77%)	2 (1,23%)	0 (0%)
Total	261 (100%)	163 (100%)	98 (100%)
Classificação de Winter (1926) - n (%)			
Vertical	178 (60,14%)	109 (58,95%)	69 (62,16%)
Mesioangular	51 (17,23%)	36 (19,46%)	15 (13,51%)
Distoangular	13 (4,39%)	10 (5,41%)	3 (2,70%)
Horizontal	48 (16,22%)	25 (13,51%)	23 (20,72%)
Bucolingual	6 (2,03%)	5 (2,70%)	1 (0,90%)
Outras	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Total	296 (100%)	185 (100%)	111 (100%)

Os fenótipos dos terceiros molares inferiores direito e esquerdo são apresentados na Tabela 2. Segundo a classificação de Pell e Gregory (1933) em relação ao plano oclusal do terceiro molar inferior direito, 118 dentes foram incluídos. 69 dentes (58,47%) apresentaram posição A, 24 (20,33%) apresentaram posição B e 25 (21,18%) apresentaram posição C. Em relação ao plano oclusal do terceiro molar inferior esquerdo, foram incluídos 124 dentes. 74 dentes (59,67%) apresentaram posição A, 30 (24,19%) apresentaram posição B e 20 (16,12%) apresentaram posição C.

De acordo com a classificação de Pell e Gregory (1933) em relação ao ramo mandibular do terceiro molar inferior direito, foram incluídos 128 dentes. 74 dentes (57,81%) apresentaram fenótipo Classe I, 52 (40,62%) apresentaram fenótipo Classe II e 2 (17,18%) apresentaram fenótipo Classe III. Em relação ao ramo mandibular do terceiro molar inferior esquerdo, foram incluídos 133 dentes. 78 dentes (58,64%) apresentaram fenótipo Classe I e 55 (41,35%) apresentaram fenótipo Classe II.

Utilizando a classificação de Winter (1926) sobre a angulação do terceiro molar inferior direito, foram incluídos 146 dentes. 92 (63,01%) dentes apresentaram fenótipo vertical, 24 (16,43%) apresentaram fenótipo horizontal, 21 (38,35%) apresentaram fenótipo mesioangular, 5 (3,42%) apresentaram fenótipo distoangular e 4 (2,73%) apresentaram fenótipo vestíbulo-lingual. Em relação ao terceiro molar inferior esquerdo, foram incluídos 150 dentes. 86 dentes (57,33%) tinham fenótipo vertical, 30 (20%) tinham fenótipo mesioangular, 24 (16%) tinham fenótipo horizontal, 8 (5,33%) tinham fenótipo distoangular e 2 (1,33%) tinham fenótipo vestíbulo-lingual.

Tabela 2. Frequência dos fenótipos dos terceiros molares segundo os quadrantes mandibulares direito e esquerdo.

	Total	Terceiro molar inferior direito	Terceiro molar inferior esquerdo
Classificação de Pell e Gregory (1933) em relação ao plano oclusal – n (%)			
Posição A	143 (59,09%)	69 (58,47%)	74 (59,68%)
Posição B	54 (22,31%)	24 (20,34%)	30 (24,19%)
Posição C	45 (18,60%)	25 (21,19%)	20 (16,13%)
Total	242 (100%)	118 (100%)	124 (100%)

Continua...

Continuação da tabela 2

	Total	Terceiro molar inferior direito	Terceiro molar inferior esquerdo
Classificação de Pell e Gregory (1933) em relação ao ramo da mandíbula - n (%)			
Classe I	152 (58,24%)	74 (57,81%)	78 (58,65%)
Classe II	107 (41%)	52 (40,63%)	55 (41,35%)
Classe III	2 (0,77%)	2 (1,56%)	0 (0%)
Total	261 (100%)	128 (100%)	133 (100%)
Classificação de Winter (1926) - n (%)			
Vertical	178 (60,14%)	92 (63,01%)	86 (57,33%)
Mesioangular	51 (17,23%)	21 (14,38%)	30 (20%)
Distoangular	13 (4,39%)	5 (3,42%)	8 (5,33%)
Horizontal	48 (16,22%)	24 (16,44%)	24 (16%)
Bucolingual	6 (2,03%)	4 (2,74%)	2 (1,33%)
Outras	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Total	296 (100%)	146 (100%)	150 (100%)

Os fenótipos dos terceiros molares inferiores direito e esquerdo e o sexo são apresentados na Tabela 3. 118 pacientes foram incluídos, segundo a classificação de Pell e Gregory (1933), em relação ao plano oclusal do terceiro molar inferior direito. 59 pacientes (50%) eram do sexo feminino e 59 pacientes (50%) eram do sexo masculino. Pacientes do sexo feminino apresentaram frequência de 37 (62,71%), 17 (28,81%) e 5 (8,47%) dos terceiros molares inferiores do lado direito com fenótipos nas posições A, B e C, respectivamente. Pacientes do sexo masculino apresentaram frequência de 32 (54,24%), 7 (11,86%) e 20 (33,90%) dos terceiros molares inferiores do lado direito com fenótipos nas posições A, B e C, respectivamente. Para o terceiro molar inferior esquerdo, foram incluídos 124 pacientes. 81 pacientes (65,32%) eram do sexo feminino e 43 pacientes (34,67%) do sexo masculino. Pacientes do sexo feminino apresentaram frequência de 42 (51,85%), 25 (30,86%) e 14 (17,28%) dos terceiros molares inferiores do lado esquerdo com fenótipos nas posições A, B e C, respectivamente. Pacientes do sexo masculino tiveram frequência de 32 (74,42%), 5 (11,63%) e 6 (13,95%) com fenótipos nas posições A, B e C, respectivamente.

Em relação à classificação em relação ao ramo da mandíbula para terceiros molares inferiores do lado direito, foram incluídos 128 pacientes. 78 pacientes (60,93%) eram do sexo feminino e 50 pacientes (39,06%) do sexo masculino. Pacientes do sexo feminino apresentaram frequência de 41 (52,56%), 35 (44,87%) e 2 (2,56%) dos terceiros molares inferiores do lado direito com fenótipos classes I, II e III, respectivamente. Pacientes do sexo masculino apresentaram frequência de 33 (66%) e 17 (34%) dos terceiros molares inferiores do lado direito com fenótipos classe I e II, respectivamente. Para o terceiro molar inferior esquerdo, 133 pacientes foram incluídos. 85 pacientes (63,90%) eram do sexo feminino e 48 (36,09%) do sexo masculino. Pacientes do sexo feminino apresentaram frequência de 45 (33,83%) e 40 (30,08%) com fenótipos classes I e II, respectivamente. Pacientes do sexo masculino apresentaram frequência de 33 (68,75%) e 15 (31,25%) com fenótipos classes I e II, respectivamente.

Pela classificação de Winter (1926) para os terceiros molares inferiores direito, foram incluídos 146 pacientes. 90 pacientes (61,64%) eram do sexo feminino e 56 pacientes (38,35%) do sexo masculino. Pacientes do sexo feminino apresentaram uma frequência de 54 (60%), 16 (17,78%), 4 (4,44%), 13 (14,44%) e 3 (3,33%) dos terceiros molares inferiores do lado direito com lesões verticais, mesioangulares, distoangulares, horizontais e bucolingual, respectivamente. Pacientes do sexo masculino apresentaram uma frequência de 38 (67,86%), 5 (8,93%), 1 (1,79%), 11 (19,64%) e 1 (1,79%) dos terceiros molares inferiores do lado direito com lesões verticais, mesioangulares, distoangulares, horizontais e bucolingual, respectivamente. Para os terceiros molares inferiores do lado esquerdo, 150 pacientes foram incluídos. 95 (63,33%) pacientes do sexo feminino e 55 (36,66%) do sexo masculino. Pacientes do sexo feminino apresentaram frequência de 55 (57,89%), 20 (21,05%), 6 (6,32%), 12 (12,63%) e 2 (2,11%) dos terceiros molares inferiores do lado direito com lesões verticais, mesioangulares, distoangulares, horizontais e bucolinguais, respectivamente. Pacientes do sexo masculino apresentaram frequência de 31 (56,36%), 10 (18,18%), 2 (3,64%) e 12 (21,82%) dos terceiros molares inferiores do lado direito com fenótipos vertical, mesioangular, distoangular e horizontal, respectivamente.

Tabela 3. Frequência de fenótipos de terceiros molares inferiores direto e esquerdo e sexo.

	Total	Sexo feminino	Sexo masculino
Classificação de Pell e Gregory (1933) em relação ao plano oclusal - n (%)			
Terceiro molar inferior direito (48) (n=118)			
Posição A	69 (58.47%)	37 (62.71%)	32 (54.24%)
Posição B	24 (20.34%)	17 (28.81%)	7 (11.86%)
Posição C	25 (21.19%)	5 (8.47%)	20 (33.90%)
Total	118 (100%)	59 (100%)	59 (100%)
Terceiro molar inferior esquerdo (38) (n=124)			
Posição A	74 (59.68%)	42 (51.85%)	32 (74.42%)
Posição B	30 (24.19%)	25 (30.86%)	5 (11.63%)
Posição C	20 (16.13%)	14 (17.28%)	6 (13.95%)
Total	124 (100%)	81 (100%)	43 (100%)
Classificação de Pell e Gregory (1933) em relação ao ramo da mandíbula - n (%)			
Terceiro molar inferior direito (48) (n=128)			
Classe I	74 (57.81%)	41 (52.56%)	33 (66%)
Classe II	52 (40.63%)	35 (44.87%)	17 (34%)
Classe III	2 (1.56%)	2 (2.56%)	0 (0%)
Total	128 (100%)	78 (100%)	50 (100%)
Terceiro molar inferior esquerdo (38) (n=133)			
Classe I	78 (58.65%)	45 (33.83%)	33 (68.75%)
Classe II	55 (41.35%)	40 (30.08%)	15 (31.25%)
Classe III	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Total	133 (100%)	85 (100%)	48 (100%)
Classificação de Winter (1926) - n (%)			
Terceiro molar inferior direito (48) (n=146)			
Vertical	92 (63.01%)	54 (60%)	38 (67.86%)
Mesioangular	21 (14.38%)	16 (17.78%)	5 (8.93%)
Distoangular	5 (3.42%)	4 (4.44%)	1 (1.79%)
Horizontal	24 (16.44%)	13 (14.44%)	11 (19.64%)
Bucolingual	4 (2.74%)	3 (3.33%)	1 (1.79%)
Outras	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Total	146 (100%)	90 (100%)	56 (100%)

Continua...

Continuação da tabela 3

Terceiro molar inferior esquerdo (38) (n=150)			
Vertical	86 (57.33%)	55 (57.89%)	31 (56.36%)
Mesioangular	30 (20%)	20 (21.05%)	10 (18.18%)
Distoangular	8 (5.33%)	6 (6.32%)	2 (3.64%)
Horizontal	24 (16%)	12 (12.63%)	12 (21.82%)
Bucolingual	2 (1.33%)	2 (2.11%)	0 (0%)
Outras	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Total	150 (100%)	95 (100%)	55 (100%)

As anomalias de posição dentária em terceiros molares inferiores podem influenciar significativamente o desenvolvimento harmonioso do sistema estomatognático (HASHEMIPOUR *et al.*, 2013; KUMAR *et al.*, 2017; OLSSON *et al.*, 2020; JANSON *et al.*, 2021; SHAARI *et al.*, 2023). Dada a implicação clínica e a escassez de evidências científicas sobre o tema, o presente estudo teve como objetivo investigar a prevalência e padrão de impactação de terceiros molares inferiores em uma amostra de jovens adultos do Sul do Brasil. Os resultados demonstram que há uma prevalência maior de fenótipos menos complexos como a posição A, Classe I e posição vertical; embora a posição B, classe II e terceiros molares inferiores em posição mesioangular serem amplamente encontrados. Em relação à frequência entre quadrantes, fenótipos mais complexos tipo posição C, Classe III e bucolingual foram mais evidenciados em terceiros molares inferiores do lado direito; mulheres apresentaram fenótipos mais complexos em ambos os terceiros molares inferiores.

Vale ressaltar que, no presente estudo, alguns terceiros molares inferiores foram excluídos devido à impossibilidade de classificação; a classificação de Pell e Gregory (1933), em relação ao plano oclusal, impossibilita a avaliação de dentes que apresentam impactações diferentes das posições vertical, mesioangular e distoangular; o mesmo ocorre na classificação de Pell e Gregory (1933) em relação ao ramo anterior da mandíbula; posições de impactação diferentes de vertical, mesioangular e distoangular não permitem a avaliação. Já a classificação de Winter (1926) pode abranger todos os fenótipos de posição de terceiros molares inferiores. Contudo, registra-se a dificuldade de avaliação por

meio de radiografias panorâmicas em oclusão semiaberta, devido à distorção da imagem em pequenas variações como entre os fenótipos horizontal, mesio e distoangular.

O conhecimento dos fenótipos populacionais é essencial para estratégias de promoção da saúde, prevenção de doenças e estabelecimento de protocolos terapêuticos otimizados dentre as populações (HASHEMIPOUR *et al.*, 2013; KUMAR *et al.*, 2017; JAIN *et al.*, 2019; SHAARI *et al.*, 2023). Ademais, o conhecimento dos fenótipos dos terceiros molares pode ser uma ferramenta para a identificação forense (HAZARI *et al.*, 2016). Como apontado anteriormente, a população avaliada nesse estudo apresentou maior prevalência de fenótipos menos complexos como Posição A, Classe I e posição vertical, corroborando com outros estudos (KUMAR *et al.*, 2017; SHAARI *et al.*, 2023). Contudo, a posição B, classe II e terceiros molares inferiores em posição mesioangular também foram amplamente encontrados, como relatado. Tais fenótipos podem gerar alguma dificuldade na extração dentária devido à pequena quantidade de osso que recobre o dente e dificuldade de visualização (ZAMBRANO-DE LA PEÑA *et al.*, 2020; SANTOS *et al.*, 2022; SHAARI *et al.*, 2023). Outrossim, observa-se que existe uma relação entre a doença cárie dentária e doença periodontal, o que também pode dificultar o planejamento cirúrgico (BOZKAYA *et al.*, 2020; YESILTEPE, KILCI, 2021; YILDIRIM *et al.*, 2022).

A população do presente estudo foi constituída em sua maioria por pacientes do sexo feminino; evidências científicas corroboram com tal resultado (KUMAR *et al.*, 2017; JAIN *et al.*, 2019; ZAMBRANO-DE LA PEÑA *et al.*, 2020; ZAMAN, *et al.*, 2021; YILDIRIM *et al.*, 2022). A predominância de pacientes do sexo feminino é atribuída à justificativa de que mulheres possuem maior zelo pela saúde, em especial sob os aspectos preventivos e o autocuidado e, como resultado, são mais propensas a procurar avaliação clínica e radiográfica quando comparado aos homens (SANTOS *et al.*, 2022). Considerando que indivíduos do sexo masculino possuem perímetro do arco maior que indivíduos do sexo feminino (MAZUMDER *et al.*, 2023), pode-se esperar que os pacientes do sexo feminino tenderiam a fenótipos de posição de terceiros molares mais complexos do que os indivíduos do sexo masculino devido à falta

de espaço. Outra característica que pode impactar nos achados deste estudo é o fato dos homens apresentarem o desenvolvimento mandibular após a formação dos terceiros molares, diferente das mulheres, cujo desenvolvimento cessa após essa fase (GUPTA *et al.*, 2011). Algumas evidências científicas já descreveram diferenças estatisticamente significativas entre a frequência de fenótipos de anomalias dentárias de posição de caninos e dimorfismo sexual em relação ao espaço disponível para erupção (FERNANDEZ *et al.*, 2018; MAZUMDER *et al.*, 2023). Tais evidências indicam a necessidade de realizar mais estudos considerando os diversos padrões populacionais existentes (FERNANDEZ *et al.*, 2018).

Em relação às anomalias de posição dos terceiros molares inferiores e à frequência uni e bilateral, os resultados demonstram, de uma forma geral, fenótipos mais complexos tipo posição C, Classe III e bucolingual em terceiros molares inferiores direito. A literatura também demonstra esses fenótipos em molares inferiores (SHAARI *et al.*, 2023). Contudo, é válido destacar que a literatura não demonstrou diferenças estatisticamente significativas entre quadrantes (HASHEMIPOUR *et al.*, 2013; ZAMAN, *et al.*, 2021). Sugere-se a realização de novos estudos, pois existe a hipótese de que o perímetro do arco conduza a anomalias posicionais (GUPTA *et al.*, 2011). Assim, indivíduos com assimetria facial significativa ou mordida cruzada, por exemplo, poderiam apresentar fenótipos de terceiros molares distintos de acordo com os quadrantes (SUNAL AKTURK *et al.*, 2023).

Em relação ao gênero, foram constatados fenótipos mais complexos, tipo Classe II e III, além da classificação de Winter (1926), em pacientes do sexo feminino. Sugere-se que a prevalência das anomalias de posição de terceiros molares inferiores no sexo feminino seja também explicada pela dimensão mandibular e duração do desenvolvimento gengival (GUPTA *et al.*, 2011; HASHEMIPOUR *et al.*, 2013).

Uma das limitações dos estudos encontrados na literatura (GUPTA *et al.*, 2011; JAIN *et al.*, 2019; ZAMAN *et al.*, 2021; SHAARI *et al.*, 2023), e deste estudo, é a característica da amostra de conveniência. Encoraja-se que novas análises sejam realizadas em estudos longitudinais uma vez que existe a hipótese de que os terceiros molares poderiam apresentar fenótipos mais complexos de acordo com a maturação óssea (GUPTA *et al.*, 2011; TASSOKER *et al.*, 2019; YILDIRIM *et al.*, 2019; YILDIRIM *et al.*, 2020, ZAMBRANO-DE LA PEÑA *et al.*, 2020).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo pretende contribuir com evidências científicas, demonstrando o cenário atual e permitindo comparações com situações anteriores, futuras e de outras populações. Soma-se a importância sob os aspectos de situação de saúde, avaliação de serviços, programas e tecnologias relativas à saúde e percepções para outras pesquisas. Dentre todos os dentes, os terceiros molares são os mais afetados por anomalias de posicionamento, portanto, a maioria dos casos requer maior atenção. A falta de espaço e a impactação podem causar danos consideráveis ao sistema estomatognático e qualidade de vida do paciente. Os resultados demonstram grande relevância clínica dada a escassez de evidências sobre um tema tão pertinente.

Fenótipos mais complexos foram amplamente citados neste estudo, embora exista uma prevalência maior de fenótipos menos complexos como a posição A, Classe I e posição vertical. Há uma frequência maior de acometimento nos indivíduos do sexo feminino sem predileção por quadrantes.

REFERÊNCIAS

BOZKAYA, E.; KAYGISIZ, E.; TORTOP, T.; GÜRAY, Y.; YÜKSEL, S. Mandibular posterior space in class II division 1 and 2 malocclusion in various age groups. **Journal of Orofacial Orthopedics,** v. 81, n. 4, p. 249-257, 2020.

FERNANDEZ, C. C. A.; PEREIRA, C. V. C. A.; LUIZ, R. R.; VIEIRA, A. R.; DE CASTRO COSTA, M. Dental anomalies in different growth and skeletal malocclusion patterns. **The Angle Orthodontist,** v. 88, p. 195-201, 2018.

GUPTA, S.; BHOWATE, R. R.; NIGAM, N.; SAXENA, S. Evaluation of impacted mandibular third molars by panoramic radiography. **ISRN Dentistry**, v. 2011, p. 1-8, 2011.

HASHEMIPOUR, M.A.; TAHMASBI-ARASHLOW, M.; FAHIMI-HANZAEI, F. Incidence of impacted mandibular and maxillary third molars: a radiographic study in a Southeast Iran population. **Medicina Oral, Patologia Oral, Cirugia Bucal**, v. 18, n. 1, p. e140-5, 2013.

HAZARI, P.; HAZARI, R.S.; MISHRA, S.K.; AGRAWAL, S.; YADAV, M. Is there enough evidence so that mandible can be used as a tool for sex dimorphism? A systematic review. **Journal of Forensic Dental Sciences,** v. 8, n. 3, p. 174, 2016.

JAIN, S.; DEBBARMA, S.; PRASAD, S. V. Prevalence of impacted third molars among orthodontic patients in different malocclusions. **Indian Journal of Dental Research**, v. 30, n. 2, p. 238-242, 2019.

JANSON, G. F.; ALMEIDA, J.; VALERIO, M. V.; VELÁSQUEZ, G.; ALIAGA-DEL CASTILLO, A.; GAMBA, GARIB D. Changes in third molar position after Class II subdivision malocclusion treatment with asymmetric extractions. **Orthodontics & Craniofacial Research,** 2021.

KUMAR, V. R.; YADAV, P.; KAHSU, E.; GIRKAR, F.; CHAKRABORTY, R. Prevalence and pattern of mandibular third molar impaction in Eritrean population: a retrospective study. **The Journal of Contemporary Dental Practice,** v. 18, n. 2, p. 100-106, 2017.

MAZUMDER, P.; BAHETY, H.; DAS, A.; MAHANTA, P. SR.; SAIKIA, D.; KONWAR, R. SR. Sexual dimorphism in teeth dimension and arch perimeter of individuals of four ethnic groups of Northeastern India. **Cureus,** v. 15, p. 1-5, 2023.

OLSSON, B.; CALIXTO, R. D.; DA SILVA MACHADO, N. C.; MEGER, M. N.; PAULA-SILVA, F. W. G.; REBELLATO, N. L. B.; DA COSTA, D. J.; KÜCHLER, E. C.; SCARIOT R. MSX1 is differentially expressed in the deepest impacted maxillary third molars. **British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery,** v. 58, n. 7, p. 789-794, 2020.

PELL, G. J.; GREGORY, G. T. Impacted mandibular third molars: classification and modified technique for removal. **The Dental Digest**, v. 39, n. 9, p. 330-338, 1933.

SANTOS, K. K.; LAGES, F. S.; MACIEL, C. A. B.; GLÓRIA, J. C. R.; DOUGLAS-DE-OLIVEIRA, D. W. Prevalence of Mandibular Third Molars According to the Pell & Gregory and Winter Classifications. **Journal of Maxillofacial and Oral Surgery,** v. 21, n. 2, p. 627-633, 2022.

SHAARI, R.B.; AWANG NAWI, M.A.; KHALEEL, A.K.; ALRIFAI, A.S. Prevalence and pattern of third molars impaction: A retrospective radiographic study**. Journal of Advanced Pharmaceutical Technology & Research,** v. 14, n. 1, p. 46-50, 2023.

SUNAL AKTURK, E.; SEKER, E. D.; AKMAN, S.; KURT, G. Differences in third molar development and angulation in class II subdivision malocclusions. **The Journal of Orofacial Orthopedics**, v. 84, p. 235-242, 2023.

TASSOKER, M.; KOK, H.; SENER, S. Is there a possible association between skeletal face types and third molar impaction? A retrospective radiographic study. **Medical Principles and Practice**, v. 28, p. 70-74, 2019.

WINTER, G. B. Impacted mandibular third molars. St Louis: American Medical Book Co. 1926:241–79.

YESILTEPE, S.; KILCI, G. Evaluation the relationship between the position and impaction level of the impacted maxillary third molar teeth and marginal bone loss, caries and resorption findings of the second molar teeth with CBCT scans. **Oral Radiology,** 2021.

YILDIRIM, H.; BÜYÜKGÖZE-DINDAR, M. Investigation of the prevalence of impacted third molars and the effects of eruption level and angulation on caries development by panoramic radiographs. **Medicina Oral, Patologia Oral, Cirugia Bucal,** v. 27, n. 2, p. 106-112, 2022.

ZAMAN, M. U.; ALMUTAIRI, N. S.; ABDULRAHMAN ALNASHWAN, M.; ALBOGAMI, S. M.; ALKHAMMASH, N. M.; ALAM, M. K. Pattern of mandibular third molar impaction in nonsyndromic 17760 patients: A retrospective study among Saudi Population in Central Region, Saudi Arabia. **BioMed Research International,** v. 2021, p. 1-8, 2021.

ZAMBRANO-DE LA PEÑA, L.S.; ALIAGA-DEL CASTILLO, A.; RODRÍGUEZ-CÁRDENAS, Y. A.; RUIZ-MORA, G. A.; ARRIOLA-GUILLÉN, L. E.; GUERRERO, M. E. Bucco alveolar bone thickness of mandibular impacted third molars with different inclinations: a CBCT study. **Surgical and Radiologic Anatomy,** v. 42, p. 1051-1056, 2020.

CAPÍTULO

3

SAÚDE E DOENÇA

GENES CODIFICADORES DE β-LACTAMASES DE ESPECTRO ESTENDIDO EM BACILOS GRAM-NEGATIVOS ISOLADOS DE ANIMAIS DE COMPANHIA E HUMANOS: UMA ABORDAGEM ONE HEALTH (SAÚDE ÚNICA)

Vanessa Cristine Kobs[1]
Ana Júlia Corrêa[2]
Francielle de Medeiros[3]
Patrícia Pochapski Fernandes[4]
Roseneide Campos Deglmann[5]
Paulo Henrique Condeixa de França[6]

[1] Farmacêutica e doutora pelo Programa de Pós-Graduação em Saúde e Meio Ambiente pela Universidade da Região de Joinville. CV: http://lattes.cnpq.br/4829128721591821.

[2] Farmacêutica e doutora pelo Programa de Pós-Graduação em Saúde e Meio Ambiente pela Universidade da Região de Joinville. CV: http://lattes.cnpq.br/6190774946904640.

[3] Médica Veterinária pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná. CV: http://lattes.cnpq.br/7909230671730574.

[4] Biomédica pelo Centro Universitário da Católica de Santa Catarina. CV: http://lattes.cnpq.br/2219184172054211.

[5] Farmacêutica e doutora pelo Programa de Pós-Graduação em Saúde e Meio Ambiente pela Universidade da Região de Joinville. CV: http://lattes.cnpq.br/8761402399386541.

[6] Engenheiro e doutor em Ciências pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. CV: http://lattes.cnpq.br/0641905597849821.

A resistência antimicrobiana (RAM) associada às zoonoses e zooantroponoses é considerada um desafio atual e relevante na saúde pública a nível mundial (BALLASH *et al.*, 2024). A abordagem *One Health* reconhece que a saúde humana está intimamente ligada à saúde dos animais e do ambiente compartilhado. Sendo assim, essa abordagem é essencial para o combate da RAM, uma vez que animais e humanos são colonizados pelas mesmas espécies de microrganismos e usualmente tratados com as mesmas classes de antimicrobianos (JIN *et al.*, 2023; SUDATIP *et al.*, 2021).

Nesse contexto, os animais de companhia são cada vez mais reconhecidos como um dos importantes contribuintes para o desenvolvimento e difusão de RAM, tanto no sentido animais-humanos quanto humanos-animais, principalmente devido à frequente prescrição empírica de antimicrobianos, associada à proximidade física e compartilhamento de ambientes, superfícies e objetos (JIN *et al.*, 2023).

Os β-lactâmicos ainda são, possivelmente, os antimicrobianos mais amplamente usados, não apenas na medicina humana, mas também em animais, devido à segurança, espectro antimicrobiano, disponibilidade e propriedades farmacocinéticas e farmacodinâmicas (MARCHETTI *et al.*, 2021). Entretanto, o uso elevado e muitas vezes inadequado, resultou no surgimento de uma abundância de enzimas do tipo β-lactamases (BUSH; BRADFORD, 2020). Vários tipos de β-lactamases já foram documentadas, tais como penicilinases, cefalosporinases (AmpC) e β-lactamases de espectro estendido (ESBL). Dentre estas, destacam-se as ESBL dos tipos SHV (*Sulfhydryl Reagent Variable*), TEM (*Temoneira*) e CTX-M (*Cefotaximase*) (CASTANHEIRA; SIMNER; BRADFORD, 2021). As ESBL conferem resistência aos antimicrobianos β-lactâmicos, incluindo penicilinas e cefalosporinas (especialmente de terceira e quarta geração), além de monobactâmicos. Diversos estudos demonstraram a presença de cepas produtoras de ESBL em amostras clínicas de humanos, cães e gatos, bem como sua disseminação entre animais-humanos (SALGADO-CAXITO *et al.*, 2021).

Considerando que houve um aumento substancial a nível mundial na aquisição de animais de estimação nas últimas décadas (DAMBORG *et al.*, 2016) e que esses animais podem servir como reservatórios significativos de bactérias multirresistentes, nota-se a importância de se investigar a epidemiologia de marcadores de resistência nessa população, a fim de oportunizar medidas de prevenção e controle, corroboradas pela abordagem *One Health*. Sendo assim, este estudo focou em identificar bactérias resistentes aos antimicrobianos em cães, gatos e humanos que convivem com eles.

COMO O ESTUDO FOI FEITO?

Amostras de cães e gatos. Foram considerados isolados bacterianos de amostras clínicas de cães (*Canis lupus familiaris*) e gatos (*Felis catus*) identificados durante a avaliação microbiológica assistencial entre julho de 2018 e julho de 2020. Incluíram-se microrganismos da ordem *Enterobacterales* e BGNs não fermentadores de glicose com teste fenotípico positivo para ESBL e/ou resistência às cefalosporinas.

As coletas de amostras dos animais ambulatoriais foram realizadas pelos respectivos veterinários responsáveis, seguindo normas padronizadas para cada espécie (OMS, 2010; SBPC/ML, 2015), baseando-se nos sinais clínicos e fisiopatológicos apresentados pelo animal. As coletas foram realizadas em diferentes sítios anatômicos, sendo padronizadas de acordo com cada animal e tipo de material clínico correspondente, seguindo protocolos específicos regulamentados pela Organização Mundial da Saúde Animal (OIE).

Amostras de cães e gatos. Foram considerados isolados bacterianos de amostras clínicas de cães (*Canis lupus familiaris*) e gatos (*Felis catus*) identificados durante a avaliação microbiológica assistencial entre julho de 2018 e julho de 2020. Incluíram-se microrganismos da ordem

Enterobacterales e BGNs não fermentadores de glicose com teste fenotípico positivo para ESBL e/ou resistência às cefalosporinas.

As coletas de amostras dos animais ambulatoriais foram realizadas pelos respectivos veterinários responsáveis, seguindo normas padronizadas para cada espécie (OMS, 2010; SBPC/ML, 2015), baseando-se nos sinais clínicos e fisiopatológicos apresentados pelo animal. As coletas foram realizadas em diferentes sítios anatômicos, sendo padronizadas de acordo com cada animal e tipo de material clínico correspondente, seguindo protocolos específicos regulamentados pela Organização Mundial da Saúde Animal (OIE).

Amostras isoladas de origem humana. Humanos maiores de 18 anos, tutores dos animais que apresentaram RAM fenotípica no laudo veterinário, entre maio de 2019 e maio de 2020, foram selecionados para investigação da colonização da microbiota. Seus contatos foram obtidos via veterinários e cada participante recebeu instruções (orais e escritas) para realizar a coleta em sua casa. A coleta via swab retal foi recomendada para investigação da colonização bacteriana (BRASIL, 2013, 2016). O material coletado foi entregue ao veterinário em até 24 horas.

Como as bactérias foram identificadas. Após análises macroscópicas (colônias) e microscópicas (coloração de Gram), as amostras foram testadas com Tiras de Oxidase® (Laborclin) e submetidas aos sistemas Bactray® I, II e III (Laborclin). Para *Enterobacterales*, utilizou-se o Kit Enterobactérias® (Laborclin) e para BGNs não fermentadores de glicose, o Kit NF II® (Probac). Todos os procedimentos seguiram as instruções do fabricante.

Como foi testada a sensibilidade das bactérias aos antibióticos. O perfil de sensibilidade aos antimicrobianos foi determinado pelo método de disco-difusão em ágar (CLSI, 2018, 2020a, 2020b). Para isolados de origem animal, foram usados os antimicrobianos recomendados pelo CLSI de cada ano, conforme o microrganismo, material clínico e sítio anatômico (CLSI, 2020c). Para isolados de origem humana, apenas

ceftazidima (30 μg), ceftriaxona (30 μg) e cefepime (30 μg) foram testados para triagem do perfil fenotípico selecionado para este estudo. Todos os discos foram obtidos do mesmo fabricante (Cefar, São Paulo, Brasil).

Como foi feita a verificação para identificar bactérias com resistência aos antimicrobianos (ESBL). A investigação fenotípica para produção de ESBL foi realizada em todos os microrganismos identificados como BGNs por meio do Teste de Sinergismo de Disco Duplo (TSDD), seguindo as orientações e critérios interpretativos do CLSI (CLSI, 2020c).

Como foi a obtenção do DNA bacteriano e a investigação dos genes alvo. A extração do DNA bacteriano foi realizada por choque térmico, conforme Kobs *et al.* (2016), a partir de cultivo em ágar Mueller Hinton. A viabilidade do DNA foi confirmada pela identificação do gene 16S rRNA por PCR (EDEN *et al*., 1991). Marcadores de resistência aos antimicrobianos foram investigados via Reação em Cadeia da Polimerase (PCR) com iniciadores específicos para cada gene, utilizando 50 a 500 ng de DNA em reações de 50 μL. Os produtos amplificados foram analisados por eletroforese em gel de agarose a 1% e comparados com um padrão comercial (100 pb Ladder).

Isolados positivos no método TSDD foram analisados para os genes $bla_{\text{CTX-M}}$ (BATCHELOR *et al*., 2005), bla_{SHV} (WEILL *et al*., 2004) e bla_{TEM} (OLESEN; HASMAN; AARESTRUP, 2004). Amostras positivas para $bla_{\text{CTX-M}}$ foram submetidas a PCR multiplex para detectar $bla_{\text{CTX-M-1g}}$, $bla_{\text{CTX-M-2g}}$, $bla_{\text{CTX-M-8g}}$ e $bla_{\text{CTX-M-9g}}$ (WOODFORD; FAGAN; ELLINGTON, 2006). As termociclagens incluíram uma desnaturação inicial a 94°C por 3 min, seguida de 35 ciclos de desnaturação e hibridização com condições específicas e extensão a 72°C por 1 min, com uma extensão final a 72°C por 10 min.

Como os dados foram analisados. A amostra foi definida por conveniência. Os dados foram analisados via estatística descritiva, calculando frequências absolutas e relativas para variáveis categóricas e médias e desvios padrão para variáveis contínuas.

O QUE FOI ENCONTRADO NOS RESULTADOS?

Informações sobre as amostras coletadas dos animais. Foram incluídos 228 isolados clínicos de 191 animais de companhia (37 animais contribuíram com mais de um isolado). Desses, 86,8% (n=198, sendo 105 fêmeas) eram de cães e 13,2% (n=30, sendo 17 fêmeas) de gatos. Todos esses isolados correspondiam a amostras clínicas de animais que apresentavam sinais de infecção. Os microrganismos identificados foram: *E. coli* (37,7%; n=86), *Pseudomonas* spp. (18,9%; n=43), *Klebsiella* spp. (8,3%; n=19), *Proteus* spp. (7,5%; n=17), *K. pneumoniae* (7%; n=16), *P. aeruginosa* (6,6%; n=15), *Enterobacter* spp. (3,1%; n=7), complexo *E. cloacae* (2,6%; n=6) e outros (8,3%; n=19). Os isolados vieram de urina (55,7%; n=127), swab otológico (23,7%; n=54), secreção nasal (6,1%; n=14) e outros materiais (14,5%; n=33).

Como as bactérias responderam aos antimicrobianos. A avaliação da sensibilidade aos antimicrobianos mostrou que, dos 164 isolados da ordem *Enterobacterales*, a maior resistência foi à ampicilina (98,4%), seguida de cefotaxima (97,5%) e ceftazidima (94,6%), aztreonam (93,8%) e ceftriaxona (93,3%). Em BGNs não fermentadores de glicose (n=64), as maiores resistências foram ao aztreonam (50%) e ceftazidima (31%). Entre todos os isolados, 92,5% foram positivos para ESBL pelo método TSDD, com maior contribuição de *E. coli* (36,5%). Observou-se que 16% dos isolados positivos para TSDD eram sensíveis às cefalosporinas testadas, todos do gênero *Pseudomonas*. Os demais isolados mostraram resistência total ou intermediária às cefalosporinas.

Avaliação dos genes responsáveis pela resistência aos antimicrobianos (ESBL). Todos os isolados amplificaram para o gene 16S rRNA, confirmando sua viabilidade. Para as análises genotípicas, foram considerados apenas os isolados positivos no teste fenotípico para ESBL (n=211). A maioria (73,9%) apresentou resultados positivos para genes de codificadores de ESBL, com maior frequência para

bla$_{CTX-M}$ (80,8%), seguido de *bla*$_{SHV}$ (63,5%) e *bla*$_{TEM}$ (41%). Co-presença de genes foi observada em 61,5% dos isolados. Entre os portadores de *bla*$_{CTX-M}$, 46,8% mostraram-se pertencentes ao grupo 1, seguido de 11,9%, 6,3% e 4,8% aos grupos 9, 8 e 2, respectivamente. Apenas 0,8% dos isolados mostraram co-presença dos genes *bla*$_{CTX-M-1g}$ e *bla*$_{CTX-M-9g}$. Trinta e sete isolados positivos para *bla*$_{CTX-M}$ não corresponderam aos grupos investigados, com a maioria pertencente ao gênero *Pseudomonas* (40,5%).

Avaliação das amostras de origem humana. Durante o período de coleta de amostras humanas, foram identificados 106 animais de companhia com laudos veterinários indicando resistência fenotípica a antimicrobianos. Contatos telefônicos dos tutores de 37,7% (n=40/106) desses animais foram obtidos via médicos veterinários. Desses, 24 humanos relacionados a 20 cães aceitaram participar do estudo. Alguns animais conviviam com múltiplos humanos: cinco animais tinham um tutor, outros cinco animais tinham dois tutores e um animal tinha 4 humanos contactantes. Todas as amostras de swabs retais (n=24) apresentaram crescimento de BGNs e oito delas exibiram múltiplos microrganismos, totalizando 34 cepas analisadas quanto aos perfis fenotípico e genotípico. A maioria dos isolados humanos não apresentou ESBL pelo método TSDD e foram sensíveis às cefalosporinas (88,2%; n=30/34). No entanto, análises genotípicas revelaram resultados positivos em 13 isolados. Semelhanças genotípicas foram observadas entre cepas de 13 animais de companhia e seus respectivos humanos.

Detalhes genéticos e epidemiológicos de alguns casos selecionados. Na amostra clínica do animal identificado como P99 foi detectado o complexo *E. cloacae* com os genes *bla*$_{CTX-M-2g}$ e *bla*$_{SHV}$, enquanto na amostra humana associada (H1-P99), foi encontrado o gene *bla*$_{SHV}$, também presente no microrganismo isolado. O humano relatou morar em um apartamento com duas outras pessoas e outro cão,

compartilhando os mesmos ambientes, e que a alimentação dos cães era exclusivamente ração. Informou não ter frequentado hospitais, nem usado antimicrobianos à época. O cão P99 foi levado ao veterinário por ter apresentado problemas neurológicos após se assustar com o barulho de um caminhão, levando à agitação, agressão, paralisia nos membros pélvicos e convulsões. Estava em tratamento para otite e apresentava inclinação da cabeça e perda de equilíbrio. Foi submetido a uma cirurgia, recebendo cefuroxima como profilaxia, com coleta de amostras de medula espinhal para biópsia e cultura. O tratamento com ciprofloxacino foi iniciado após a cultura, mas não houve melhora nos reflexos, e o cão passou a usar cadeira de rodas e fraldas..

No animal identificado como P139, foi detectada a presença de *Proteus* spp. carreando os genes $bla_{\text{CTX-M-2g}}$ e bla_{TEM}, enquanto nos humanos associados (H1-P139 e H2-P139) foi encontrado o gene bla_{TEM} em *E. coli* e *Enterobacter* spp., respectivamente. O tutor identificado como H1-P139 mora sozinho com o animal em um apartamento, compartilhando os mesmos ambientes, e relatou que o animal consome ração e comida caseira. H1-P139 trabalha em uma unidade de saúde, passou por cirurgia em junho de 2019 e usou antimicrobianos por 7 dias. H2-P139 tem contato frequente com P139, vive com três pessoas e dois cães, também trabalha na área da saúde e foi submetido a cirurgia em julho de 2019, usando antimicrobianos. Ambos relataram que o cão teve piodermite bacteriana recorrente no último ano, tratada com cefalexina, seguida de otite e infecção urinária, tratadas com ciprofloxacino e posteriormente com marbofloxacino após uma recorrência.

A amostra biológica do animal P168 revelou a presença de *E. coli* com os genes $bla_{\text{CTX-M-9g}}$ e bla_{SHV}, enquanto no humano associado (H1-P168) foi detectado o gene bla_{SHV}, também em *E. coli*. H1-P168 relatou morar em um apartamento com outra pessoa e dois cães, todos alimentados exclusivamente com ração e relatou que leva os animais para passeios externos frequentemente. H1-P168 não frequentou unidades de saúde nem usou antimicrobianos no último ano. O cão apresentou infecções

urinárias recorrentes, sendo tratado com antimicrobianos, incluindo um tratamento de 60 dias com amoxicilina após o resultado de cultura relevante para este estudo.

A amostra do cão P142 revelou *E. coli* portadora dos genes $bla_{CTX\text{-}M\text{-}1g}$, bla_{SHV} e bla_{TEM}, enquanto a amostra do humano associado (H1-P142) mostrou *E. coli* com $bla_{CTX\text{-}M\text{-}1g}$ e bla_{SHV}. H1-P142 mora em um apartamento com três pessoas e dois animais que se alimentam exclusivamente de comida caseira. Não frequentou serviços de saúde à época, nem usou antimicrobianos, mas uma pessoa do convívio trabalha na área de saúde. O cão P142 teve infecções de pele recorrentes e passou por cirurgias na coluna e por infecção uterina. Em agosto de 2019, apresentou infecção urinária e foi tratado com nitrofurantoína por 15 dias após a cultura positiva.

Nos 9 cães que conviviam com os mesmos 5 humanos, o gene bla_{SHV} foi encontrado tanto nos isolados dos cães (P118-P9, P119-P9, P220-P9, P121-P9 e P122-P9) quanto em dois dos humanos (H2-P117-125-P9-2 e H3-P117-125-P9-1). Um dos humanos (H3-P117-125-P9-3) apresentou o gene $bla_{CTX\text{-}M\text{-}1g}$, também identificado em um cão (P125-P9), embora em espécies bacterianas diferentes. O gene $bla_{CTX\text{-}M}$, sem especificação do grupo, foi encontrado em alguns cães (P117-P9, P118-P9 e P120-P9) e em um humano (H3-P117-125-P9-1). Todos residem na mesma casa, compartilham o ambiente e os cães se alimentam exclusivamente de ração. Nenhum dos humanos frequentou ambientes de saúde ou usou antimicrobianos nos seis meses anteriores aos resultados das culturas dos animais. Os cães com infecção confirmada por laudos foram tratados com cefalosporinas. O humano H3-P117-125-P9 relatou que a família possui uma clínica veterinária, onde todos trabalham e entram em contato com várias pessoas e animais e que, até novembro de 2019, ele tinha participado voluntariamente de um projeto para melhorar a qualidade de vida de idosos em um lar, incluindo atividades de "Pet terapia" com seus cães.

Tabela 1. Análise dos isolados provenientes das amostras dos animais de companhia e seus respectivos humanos contactantes

Identificação	Data da coleta	M.O.	E	M.C.	ESBLT SDD	Perfil genotípico
P93	12/05/2019	E. coli	C	UR	P	*bla*SHV + *bla*TEM
H1-P93	22/01/2020	P. aeruginosa	H	RE	N	N
P98	17/05/2019	*Klebsiella* spp.	G	UR	P	*bla*SHV + *bla*TEM
H1-P98	18/07/2019	E. coli	H	RE	N	N
H2-P98	18/07/2019	E. coli	H	RE	N	N
P99	10/05/2019	E. cloacae	C	ME	P	*bla*CTX-M-2 + *bla*SHV
H1-P99	16/07/2019	E. cloacae	H	RE	N	*bla*SHV
P108	05/06/2019	P. aeruginosa	C	OT	P	*bla*CTX-M
H1-P108-1	20/08/2019	E. coli	H	RE	N	N
H1-P108-2	20/08/2019	E. coli	H	RE	N	N
P110	04/06/2019	E. coli	G	NA	N	N
H1-P110	02/11/2019	*Pseudomonas* spp.	H	RE	N	N
P112	20/06/2019	E. cloacae	C	OS	R	*bla*CTX-M-1g + *bla*SHV + *bla*TEM
H1-P112	06/12/2019	E. coli	H	RE	N	N
H2-P112	06/12/2019	E. coli	H	RE	N	*bla*SHV + *bla*TEM +
H3-P112	06/12/2019	E. coli	H	RE	N	*bla*SHV + *bla*TEM
H4-P112	06/12/2019	E. coli	H	RE	N	N
P116	17/06/2019	*Pseudomonas* spp.	C	UR	P	N
H1-P116-1	27/07/2019	E. coli	H	RE	N	N
H1-P116-2	27/07/2019	K. pneumoniae	H	RE	N	N
H2-P116-1	27/07/2019	E. coli	H	RE	N	*bla*SHV
H2-P116-2	27/07/2019	K. pneumoniae	H	RE	N	N
P117-P9	08/07/2019	P. aeruginosa	C	NA	P	*bla*CTX-M
P118-P9	08/07/2019	E. coli	C	UR	P	*bla*CTX-M + blaSHV

Continua...

Continuação da tabela 1

Identificação	Data da coleta	M.O.	E	M.C.	ESBLT SDD	Perfil genotípico
P119-P9	08/07/2019	E. coli	C	UR	P	*bla*CTX-M-9g + blaSHV
P120-P9	08/07/2019	E. coli	C	UR	P	*bla*CTX-M + blaSHV
P121-P9	08/07/2019	E. coli	C	UR	P	*bla*CTX-M-9g + blaSHV
P122-P9	08/07/2019	E. coli	C	UR	P	*bla*SHV
P123-P9	08/07/2019	K. pneumoniae	C	UR	N	N
P124-P9	08/07/2019	K. pneumoniae	G	NA	P	*bla*TEM
P125-P9	08/07/2019	K. pneumoniae	C U	U UR	P	*bla*CTX-M-1g
H1-P117-125-P9	24/01/2020	E. coli	H	RE	N	N
H2-P117-125-P9-1	24/01/2020	E. coli	H	RE	N	*bla*TEM
H2-P117-125-P9-2	24/01/2020	K. pneumoniae	H	RE	N	*bla*CTX-M-1g + *bla*SHV
H3-P117-125-P9-1	24/01/2020	K. pneumoniae	H	RE	N	*bla*CTX-M + *bla*SHV
H3-P117-125-P9-2	24/01/2020	E. coli	H	RE	N	N
H3-P117-125-P9-3	24/01/2020	C. freundii	H	RE	N	*bla*CTX-M-1g
H4-P117-125-P9	24/01/2020	E. coli	H	RE	N	N
H5-P117-125-P9-1	24/01/2020	E. coli	H	RE	N	N
H5-P117-125-P9-2	24/01/2020	E. coli	H	RE	N	N
P139	07/08/2019	Proteus spp.	C	UR	P	*bla*CTX-M-2g + *bla*TEM
H1-P139-1	08/01/2020	E. coli	H	RE	N	*bla*TEM
H1-P139-2	08/01/2020	K. pneumoniae	H	RE	N	*bla*SHV
H2-P139-1	08/01/2020	E. coli	H	RE	N	*bla*CTX-M-1g + *bla*SHV
H2-P139-2	08/01/2020	K. pneumoniae	H	RE	N	N
H2-P139-3	08/01/2020	*Enterobacter* spp.	H	RE	N	*bla*TEM

Continua...

Continuação da tabela 1

Identificação	Data da coleta	M.O.	E	M.C.	ESBLT SDD	Perfil genotípico
P142	26/08/2019	E. coli	C	UR	P	*bla*CTX-M-1g + *bla*SHV + *bla*TEM
H1-P142	22/12/2019	E. coli	H	RE	P	*bla*CTX-M-1g + *bla*SHV
P168	10/01/2020	E. coli	G	UR	P	*bla*CTX-M-9g + *bla*SHV
H1-P168	19/03/2020	E. coli	H	RE	P	*bla*SHV
P175	17/01/2020	E. coli	C	UR	P	*bla*CTX-M-9g + *bla*SHV + *bla*TEM
H1-P175-1	16/02/2019	K. pneumoniae	H	RE	N	N
H1-P175-2	16/02/2019	P. aeruginosa	H	RE	N	N
H2-P175	16/02/2019	K. pneumoniae	H	RE	N	N

C: Cão; E: Espécie; ESBLT: Triagem fenotípica para detecção de β-lactamases de espectro estendido; G: Gato; H: Humano; M.C.: Material Clínico; M.O.: Microrganismo; ME: Medula espinhal; N: Negativo; NA: Secreção nasal; OS: Material ósseo; OT: Swab otológico; P: Positivo; RE: Swab retal; TSDD: Teste de sinergismo de disco duplo; UR: Urina. Identificação: Prefixo "P": Pet = animal de companhia; Prefixo: "H": Humano; Sufixo: "P9" = Família dos 9 animais.

O QUE PODE SER DISCUTIDO SOBRE OS RESULTADOS?

O número de estudos relatando ESBL em microrganismos infectando ou colonizando animais de companhia está em ascensão (BALLASH *et al.*, 2024; DUARTE, 2020; SELLERA; LINCOPAN, 2019). Os antimicrobianos da classe das cefalosporinas são autorizados para uso animal e considerados seguros; no entanto, seu uso excessivo está associado ao aumento na produção de ESBL por BGNs (SALGADO-CAXITO *et al*. 2021).

No presente estudo, 92,5% dos BGNs foram positivos no teste fenotípico para ESBL, com maior contribuição de *E. coli* (36,5%). Este resultado supera o estudo de Sfaciotte *et al*. (2017), que encontrou 66,67% de ESBL em BGNs de amostras clínicas de cães no Hospital Veterinário da Universidade Estadual de Maringá, Paraná, sendo 26,9% de *E. coli*. Já o estudo de Melo *et al*. (2018), em São Paulo, revelou 31% de *E. coli* produtora de ESBL em animais saudáveis e 6,9% em animais doentes, sugerindo que animais podem ser reservatórios de genes de resistência. Globalmente, a prevalência de *E. coli* produtora de ESBL varia de 0 a 17%, com valores de até 84% em cães (Holanda) e 74% em gatos (Paquistão) (SALGADO-CAXITO *et al*. 2021).

As ESBLs dos tipos CTX-M, TEM e SHV estão se tornando mais comuns em BGNs devido à localização de seus genes em elementos móveis como plasmídeos, transposons e integrons. No presente estudo, a maioria das cepas (80,8%) apresentou resultados positivos para o gene $bla_{\text{CTX-M}}$, seguido por bla_{SHV} (63,5%) e bla_{TEM} (41%). O grupo $bla_{\text{CTX-M-1g}}$ foi o mais frequente, seguido por $bla_{\text{CTX-M}}$-9g. Este resultado difere do estudo de Sfaciotte *et al*. (2020) em Santa Catarina, que encontrou maior prevalência para bla_{TEM} (100%), seguido por $bla_{\text{CTX-M}}$ (78,02%), come maior frequência dos grupos $bla_{\text{CTX-M-8/25}}$. Na Coreia do Sul, Shin *et al*. (2021) observaram maior prevalência de bla_{TEM} (100%), seguido por $bla_{\text{CTX-M}}$ (42,8%) e bla_{SHV} (16,9%). Ejaz *et al*. (2021), no Paquistão, encontraram maior frequência de $bla_{\text{CTX-M-1}}$ (73,9%), seguido por bla_{TEM} (26,1%) e bla_{SHV} (14,2%). Segundo Bevan *et al*. (2017), esses perfis variam devido aos tipos de elementos genéticos envolvidos na transferência horizontal de genes e ao sucesso da permanência de clones.

No presente estudo, 29,4% dos casos apresentaram resultados positivos para o gene $bla_{\text{CTX-M}}$ que não correspondiam a nenhum dos cinco grupos investigados. A família CTX-M é complexa e heterogênea, evoluindo com mutações causadas pela pressão seletiva dos antimicrobianos (CASTANHEIRA; SIMNER; BRADFORD, 2021). A não detecção dos principais grupos de CTX-M pode estar relacionada a mutações que superaram a especificidade dos primers na PCR multiplex.

Considerando a possibilidade de compartilhamento de elementos genéticos de RAM, este estudo investigou compatibilidades entre genes de cepas de animais de estimação e humanos. Van Den Bunt *et al*. (2020) encontraram *E. coli* com genes codificadores de ESBL em 10,7% dos cães, 3,8% dos humanos e 1,4% dos gatos. Em sete lares, tanto o proprietário quanto o cão apresentaram *E. coli* produtora de ESBL, sendo que cinco tinham o mesmo gene $bla_{\text{CTX-M-27}}$ (grupo 9). A compatibilidade genética foi confirmada em três lares por sequenciamento de genoma completo (WGS). Nos outros isolados, o gene $bla_{\text{CTX-M-1}}$ foi mais frequente em cães, enquanto $bla_{\text{CTX-M-15}}$ foi mais comum em humanos. No presente estudo, perfis genotípicos semelhantes foram encontrados em seis de 11 lares, com maior frequência dos genes $bla_{\text{CTX-M-9g}}$ + bla_{SHV} em animais e bla_{SHV} em humanos.

Van Den Bunt *et al*. (2020) identificaram alguns fatores de risco para humanos e animais de estimação adquirirem *Enterobacterales* produtores de ESBL, como tratamento com antimicrobianos, convivência com pessoas tratadas, viagens ao exterior e consumo de alimentos crus. Ambientes com presença de antimicrobianos, como instituições de saúde, aumentam o risco de infecção ou colonização por BGN produtores de ESBL, especialmente CTX-M (CASTANHEIRA; SIMNER; BRADFORD, 2021).

Neste estudo, 18 cepas foram positivas para o gene $bla_{\text{CTX-M}}$: 13 de animais e cinco de humanos. Todos os animais e um humano utilizaram antimicrobianos, enquanto os outros quatro humanos, sem tratamento à época, tiveram contato com os animais expostos aos medicamentos. Microrganismos com elementos móveis de resistência podem alterar a comunidade bacteriana, reduzindo grupos suscetíveis e aumentando os resistentes (VAN DEN BUNT *et al.*, 2020). Nesta condição, o hospedeiro colonizado pode ser um portador assintomático que contribui com a disseminação do agente bacteriano para outros hospedeiros e/ou ecossistemas associados ou, em uma condição desfavorável, o

hospedeiro pode desenvolver uma infecção endógena, com prognóstico desfavorável decorrente da falha terapêutica mediada pela expressão de genes de resistência para antibacterianos considerados de última escolha terapêutica (ABBAS *et al.*, 2019).

Este estudo possui algumas limitações. O número de cepas de origem humana foi pequeno em comparação com as de animais de estimação, a área geográfica analisada foi limitada, o que restringe a generalização dos resultados, e não foi possível realizar o sequenciamento completo dos genomas, impedindo a confirmação da transmissão de genes de resistência entre animais e humanos, apesar das fortes indicações. São recomendados estudos multicêntricos com mais cepas de origem animal, humanos e do ambiente compartilhado, incluindo sequenciamento genômico, para auxiliar no combate à RAM.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados indicam a possível transmissão de microrganismos com genes codificadores de ESBL entre animais de estimação e seus tutores. No entanto, a complexidade da RAM requer mais estudos para confirmar a transmissão de GNBs produtores de ESBL entre humanos e animais.

REFERÊNCIAS

ABBAS, G.; KHAN, I.; MOHSIN, M.; SAJJAD-UR-RAHMAN; YOUNAS, T.; ALI, S. High rates of CTX-M group-1 extended-spectrum β-lactamases producing Escherichia coli from pets and their owners in Faisalabad , Pakistan. **Infection and Drug Resistance**, v. 12, p. 571–578, 2019.

BALLASH, G. A.; PARKER, E. M.; MOLLENKOPF, D. F.; WITTUM, T. E. The One Health dissemination of antimicrobial resistance occurs in both natural and clinical environments. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v. 262, n. 4, p. 451–458, 2024.

BATCHELOR, M.; HOPKINS, K.; THRELFALL, E. J.; CLIFTON-HADLEY, F. A.; STALLWOOD, A. D.; DAVIES, R. H.; LIEBANA, E. blaCTX-M Genes in Clinical Salmonella Isolates Recovered from Humans in England and Wales from 1992 to 2003. **Antimicrobial agents and chemotherapy**, v. 49, n. 4, p. 1319–1322, 2005.

BEVAN, E. R.; JONES, A. M.; HAWKEY, P. M. Global epidemiology of CTX-M β-lactamases: Temporal and geographical shifts in genotype. **Journal of Antimicrobial Chemotherapy**, v. 72, n. 8, p. 2145–2155, 2017.

BRASIL. NOTA TÉCNICA Nº 01/2013 - Medidas de Prevenção e Controle de Infecções por Enterobactérias Multirresistentes. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA**, p. 1–22, 2013.

BRASIL. **Nota Técnica 01/2016/CECISS/LACEN - Plano de gerenciamento das ações a ser adotado pelos Serviços de Saúde públicos e privados para redução de Eventos Adversos Infecciosos – Infecção Relacionada à Assistência a Saúde–IRAS e Resistência MicrobianaAgência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA**2016.

BUSH, K.; BRADFORD, P. A. Epidemiology of β-lactamase-producing pathogens. **Clinical Microbiology Reviews**, v. 33, n. 2, p. 1–37, 2020.

CASTANHEIRA, M.; SIMNER, P. J.; BRADFORD, P. A. Extended-spectrum b-lactamases: an update on their characteristics, epidemiology and detection. **JAC-Antimicrobial Resistance**, p. 1–21, 2021.

CLSI. M02 - Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing. **Wayne, PA: Clinical and Laboratory Standards Institute**, v. M02, n. 13th ed., 2018.

CLSI. Procedure for Optimizing Disk Contents (Potencies) for Disk Diffusion Testing of Antimicrobial Agents Using Harmonized CLSI and EUCAST Criteria. **Wayne, PA: Clinical and Laboratory Standards Institute**, v. M23S, n. 1st ed., 2020a.

CLSI. VET Performance Standards for Antimicrobial Disk and Dilution Susceptibility Tests for Bacteria Isolated from Animals. **Wayne, PA: Clinical and Laboratory Standards Institute**, v. VET01S, n. 4th ed., 2020b.

CLSI. Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing. **Wayne, PA: Clinical and Laboratory Standards Institute**, v. M100, n. 30th ed., 2020c.

DAMBORG, P.; BROENS, E. M.; CHOMEL, B. B.; GUENTHER, S.; PASMANS, F.; WAGENAAR, J. A.; WEESE, J. S.; WIELER, L. H.; WINDAHL, U.; VANROMPAY, D.; GUARDABASSI, L. Bacterial Zoonoses Transmitted by Household Pets: State-of-the-Art and Future Perspectives for Targeted Research and Policy Actions. **Journal of Comparative Pathology**, v. 155, n. 1, p. S27–S40, 2016.

DUARTE, A. F. **Advances in Animal Health, Medicine and Production**. Lisbon, Portugal: Springer Nature Switzerland AG, 2020. 579 p.

EDEN, P. A.; SCHMIDT, T. M.; BLAKEMORE, R. P.; PACE, N. R. Phylogenetic Analysis of Aquaspirillum magnetotacticum Using Polymerase Chain Reaction-Amplified 16s rRNA-Specific DNA. **International Journal of Systematic Bacteriology**, v. 41, n. 2, p. 324–325, 1991.

EJAZ, H.; YOUNAS, S.; ABOSALIF, K. O. A.; JUNAID, K.; ALZAHRANI, B.; ALSRHANI, A.; ABDALLA, A. E.; ULLAH, M. I.; QAMAR, M. U.; HAMAM, S. S. M. Molecular analysis of blaSHV, blaTEM, and blaCTX-M in extended-spectrum β-lactamase producing enterobacteriaceae recovered from fecal specimens of animals. **PLoS ONE**, v. 16, n. 1 January, p. 1–15, 2021.

JIN, M.; OSMAN, M.; GREEN, B. A.; YANG, Y.; AHUJA, A.; LU, Z.; CAZER, C. L. Evidence for the transmission of antimicrobial resistant bacteria between humans and companion animals: A scoping review. **One Health**, v. 17, n. June, p. 100593, 2023.

KOBS, V. C.; FERREIRA, J. A.; BOBROWICZ, T. A.; FERREIRA, L. E.; DEGLMANN, R. C.; WESTPHAL, G. A.; DE FRANÇA, P. H. C. The role of the genetic elements blaOXA and ISAba1 in the Acinetobacter calcoaceticus-Acinetobacter baumannii complex in carbapenem resistance in the hospital setting. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 49, n. 4, 2016.

MARCHETTI, L.; BULDAIN, D.; GORTARI CASTILLO, L.; BUCHAMER, A.; CHIRINO-TREJO, M.; MESTORINO, N. Pet and Stray Dogs as Reservoirs of Antimicrobial-Resistant *Escherichia coli*. **International Journal of Microbiology**, v. 2021, p. 1–8, 2021.

MELO, L. C.; ORESCO, C.; LEIGUE, L.; NETTO, H. M.; MELVILLE, P. A.; BENITES, N. R.; SARAS, E.; HAENNI, M.; LINCOPAN, N.; MADEC, J. Y. Prevalence and molecular features of ESBL/pAmpC-producing Enterobacteriaceae in healthy and diseased companion animals in Brazil. **Veterinary Microbiology**, v. 221, p. 59–66, 2018.

OLESEN, I.; HASMAN, H.; AARESTRUP, F. M. Escherichia coli and Salmonella Isolated from Food Animals in Denmark. **Microbial Drug Resistance**, v. 10, n. 4, p. 334–340, 2004.

OMS. Manual Veterinário de Colheita e Envio de Amostras. **Organização Pan-Americana de Saúde**, p. 111p., 2010. Disponível em: <http://bvs1.panaftosa.org.br/local/file/textoc/SerManTec13.pdf>.

SALGADO-CAXITO, M.; BENAVIDES, J. A.; ADELL, A. D.; PAES, A. C.; MORENO-SWITT, A. I. Global prevalence and molecular characterization of extended-spectrum β-lactamase producing- in dogs and cats – A scoping review and meta-analysis. **One Health**, v. 12, p. 1–17, 2021.

SBPC/ML. **Boas Práticas em Microbiologia Clínica - Sociedade Brasileira de Patologia Clínica/Medicina Laboratorial- SBPC**. [s.l: s.n.]313 p.

SELLERA, F. P.; LINCOPAN, N. Zooanthroponotic transmission of high-risk multidrug-resistant pathogens: A neglected public health issue. **Journal of Infection and Public Health**, v. 12, n. 2, p. 294–295, 2019.

SFACIOTTE, R. A. P.; CORONEL, L. G.; SNAK, A.; BORDIN, J. T.; WILDEMANN, P.; MELO, F. D.; VIGNOTO, V. K. C.; FERRAZ, S. M.; WOSIACKI, S. R.; OSAKI, S. C. Antimicrobial Resistance Phenotypic Profile of Isolates from Clinical Infections in Dogs. **Acta Scientiae Veterinariae**, v. 45, n. 1, p. 8, 2017.

SFACIOTTE, R. A. P.; PARUSSOLO, L.; MELO, F. D.; WILDEMANN, P.; BORDIGNON, G.; ISRAEL, N. D.; LEITZKE, M.; WOSIACKI, S. R.; SALBEGO, F. Z.; DA COSTA, U. M.; FERRAZ, S. M. Identification and Characterization of Multidrug-Resistant Extended-Spectrum Beta-Lactamase-Producing Bacteria from Healthy and Diseased Dogs and Cats Admitted to a Veterinary Hospital in Brazil. **Microbial Drug Resistance**, v. 12, p. 1–10, 2020.

SHIN, S. R.; NOH, S. M.; JUNG, W. K.; SHIN, S.; PARK, Y. K.; MOON, D. C.; LIM, S. K.; PARK, Y. H.; PARK, K. T. Characterization of extended-spectrum β-lactamase-producing and ampc β-lactamase-producing enterobacterales isolated from companion animals in korea. **Antibiotics**, v. 10, n. 3, p. 1–11, 2021.

SUDATIP, D.; CHASIRI, K.; KRITIYAKAN, A.; PHANPRASIT, W.; THINPHOVONG, C.; TIENGRIM, S.; THAMLIKITKUL, V.; ABDALLAH, R.; BARON, S. A.; ROLAIN, J. M.; MORAND, S.; HILTY, M.; OPPLIGER, A. A One Health approach to assessing occupational exposure to antimicrobial resistance in Thailand: The FarmResist project. **PLoS ONE**, v. 16, n. 1, p. 1–9, 2021.

VAN DEN BUNT, G.; FLUIT, A. C.; SPANINKS, M. P.; TIMMERMAN, A. J.; GEURTS, Y.; KANT, A.; SCHARRINGA, J.; MEVIUS, D.; WAGENAAR, J. A.; BONTEN, M. J. M.; VAN PELT, W.; HORDIJK, J. Faecal carriage, risk factors, acquisition and persistence of ESBL-producing *Enterobacteriaceae* in dogs and cats and co-carriage with humans belonging to the same household. **Journal of Antimicrobial Chemotherapy**, v. 75, n. 2, p. 342–350, 2020.

WEILL, F.-X. X.; DEMARTIN, M.; TANDÉ, D.; ESPIÉ, E.; RAKOTOARIVONY, I.; GRIMONT, P. A. D. D.; TANDE, D.; ESPIE, E.; RAKOTOARIVONY, I.; GRIMONT, P. A. D. D. SHV-12-like extended-spectrum-β-lactamase-producing strains of Salmonella enterica serotypes Babelsberg and Enteritidis isolated in France among infants adopted from Mali. **Journal of Clinical Microbiology**, v. 42, n. 6, p. 2432–2437, 2004.

WOODFORD, N.; FAGAN, E. J.; ELLINGTON, M. J. Multiplex PCR for rapid detection of genes encoding CTX-M extended-spectrum β-lactamases [4]. **Journal of Antimicrobial Chemotherapy**, v. 57, n. 1, p. 154–155, 2006.

CAPÍTULO

4

SAÚDE E DOENÇA

PERFIL EPIDEMIOLÓGICO, ANTROPOMÉTRICO E FUNCIONAL DE IDOSOS COMUNITÁRIOS DA CIDADE DE JOINVILLE – SC DURANTE A PANDEMIA DA COVID-19

Mariana R. B. Toschi[1]
Rafaela Korn[2]
Marilda M. Costa[3]
Mauren S. Salin[4]
Yoshimasa Sagawa Júnior[5]
Helbert N. Lima[6]
Antonio Vinicius Soares[7]

[1] Fisioterapeuta e doutoranda do PPG em Saúde e Meio Ambiente da Universidade da Região de Joinville, Brasil. http://lattes.cnpq.br/2999516679921342

[2] Fisioterapeuta e doutoranda do PPG em Saúde e Meio Ambiente da Universidade da Região de Joinville, Brasil. http://lattes.cnpq.br/9396367774352139

[3] Profissional de Educação Física e doutoranda do PPG em Saúde e Meio Ambiente da Universidade da Região de Joinville, Brasil. http://lattes.cnpq.br/8526999592901323

[4] Profissional de Educação Física e Professora Doutora na Universidade da Região de Joinville, Brasil. http://lattes.cnpq.br/3069349652397880

[5] Fisioterapeuta e Professor Doutor da Universidade de Franche-Comté, Besançon, França. http://lattes.cnpq.br/0938866040540425

[6] Médico e Professor Doutor do PPG em Saúde e Meio Ambiente da Universidade da Região de Joinville, Brasil. http://lattes.cnpq.br/9775388185891959

[7] Fisioterapeuta e Professor Doutor do PPG em Saúde e Meio Ambiente da Universidade da Região de Joinville, Brasil. http://lattes.cnpq.br/4490276992047393

INTRODUÇÃO

O envelhecimento populacional é uma realidade crescente em escala global, com projeções indicando um aumento significativo na proporção de pessoas com 60 anos ou mais nas próximas décadas (MELO *et al*., 2017). No Brasil, de acordo com o último levantamento feito em 2021 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), esse fenômeno é particularmente relevante, com uma população idosa em ascensão que já alcançou cerca de 31,2 milhões de pessoas em 2021, com previsões de crescimento para os próximos anos. Esse aumento populacional traz consigo desafios nas áreas de saúde, previdência e assistência social ("Saúde da pessoa idosa", [s.d.]).

O processo de envelhecimento é marcado por alterações fisiológicas, cognitivas e sociais que afetam a qualidade de vida dos idosos, incluindo a diminuição da capacidade funcional, o que pode levar à fragilidade e dependência (MARQUES *et al*., 2019, SILVA *et al*., 2015). A sarcopenia, caracterizada pela perda progressiva de força e massa muscular, é uma preocupação crescente nessa população especial (CRUZ-JENTOFT *et al*., 2019).

A pandemia da COVID-19 exacerbou as necessidades e vulnerabilidades dessa população em relação ao seu direito à saúde, revelou taxas de mortalidade mais elevadas em idosos com comorbidades e comprometimento funcional entre outros aspectos ("COVID-19 e as Pessoas Idosas - OPAS/OMS | Organização Pan-Americana da Saúde", [s.d.]).

É crucial desenvolver estratégias e abordagens específicas para atender às necessidades dos idosos em um contexto de envelhecimento populacional acelerado, garantindo uma melhor qualidade de vida e um envelhecimento saudável e ativo para essa parcela cada vez mais significativa da sociedade.

PERFIL EPIDEMIOLÓGICO, ANTROPOMÉTRICO E FUNCIONAL DE IDOSOS DA CIDADE DE JOINVILLE

Esse estudo deriva de um projeto guarda-chuva chamado *Sarcopenia: abordagem interdisciplinar na investigação clínica, prevenção e modalidades de tratamento [SARCOFF]*, da Universidade da Região de Joinville – UNIVILLE, e coordenado pelo orientador desta pesquisa.

O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade da Região de Joinville (Univille) sob número de parecer: 4.478.874. Todos os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)

Trata-se de um estudo descritivo de caráter transversal, de base populacional, do qual fizeram parte idosos comunitários, com idade igual ou superior a sessenta anos, que voluntariamente aceitaram realizar a avaliação proposta.

É importante salientar que o estudo foi realizado durante a pandemia da COVID-19, e com isso, o acesso a essa população foi bastante cautelosa, pois, tratava-se de um grupo de risco. Foram excluídos do estudo os idosos que apresentaram algum tipo de restrição física para realização dos testes funcionais, bem como aqueles com algum comprometimento cognitivo, avaliado pelo Teste do Desenho do Relógio (TDR) (ATALAIA-SILVA; LOURENÇO, 2008; SUNDERLAND *et al.*, 1989) e por fim aqueles que se recusaram a fazer algum procedimento da pesquisa.

A estimativa atual de acordo com o Censo 2010 é de que haja, aproximadamente, 50 mil idosos comunitários na cidade de Joinville-SC. Sendo assim, o cálculo amostral foi de 245 indivíduos, com margem de erro de 5% e nível de confiança de 95%. Nesse estudo, foram avaliados 309 idosos.

As avaliações iniciaram antes da pandemia da COVID-19, porém no ano de 2020 as coletas foram interrompidas, devido as medidas de distanciamento social que incluía paralisação de atividades não essenciais, além disso, a população idosa pertencia ao grupo de risco e ainda não havia imunização disponível. As avaliações foram retomadas em maio de 2021, quando houve permissão do retorno às atividades

sociais e o processo de vacinação contra o novo Coronavírus já havia alcançado esse grupo em questão.

A primeira etapa da avaliação foi uma entrevista para coletar informações gerais no formulário de registro de dados, contendo uma anamnese sucinta. Em seguida, o participante foi triado, segundo os seguintes instrumentos: Teste do Desenho do Relógio (TDR), Escala de Depressão Geriátrica (EDG), e ainda, questionado se praticava ou não exercício físico, e caso fizesse, o tempo em minutos por semana.

Após esta entrevista inicial, foram coletadas as medidas antropométricas de peso, altura, índice de massa corpórea (IMC), circunferência da panturrilha (CP), circunferência abdominal (CA), massa muscular total (MMT) e índice de massa muscular total (IMMT), e por fim, foram submetidos aos testes funcionais de dinamometria para obtenção força de preensão manual (FPM), o *Timed Up and Go Test* (TUGT), e o Teste de Velocidade de Marcha (TVM).

O processamento e análise dos dados foram realizados no *software GraphPad Prism 8®.* Para análise das variáveis paramétricas, tabelas foram feitas contendo médias e desvios padrão, e para as variáveis não paramétricas, a mediana, intervalo interquartil e distribuição de frequência. A normalidade dos dados foi verificada pelo Teste de Shapiro-Wilk. Para verificação das diferenças entre os grupos classificados em idosos comunitários, praticantes e não praticantes de exercício físico, foi aplicado o teste *t* de *Student* para dados paramétricos, e o teste de Wilcoxon para os dados não paramétricos. Para todos os testes foi adotado um nível de significância de 5% ($p<0,05$).

Participaram da pesquisa 309 idosos, sendo 210 mulheres, com idade média de 68,6 (±5,2) anos, e 99 homens com idade média de 71,9 (±6,1) anos. Foi verificado que 250 não contraíram COVID-19, e 59 (19,1%) contraíram a doença.

A análise foi dividida em quatro grupos, que foram eles: mulheres que não contraíram COVID-19 e aquelas que contraíram a doença; homens que não contraíram COVID-19 e aqueles que contraíram a doença.

As Tabelas 1 a 4 apresentam os dados da estatística descritiva e análise comparativa nos grupos de mulheres e homens, como explicado anteriormente. Cada tabela compara o desempenho entre aqueles que praticavam e não praticavam exercício físico regularmente.

Tabela 1 Estatística descritiva e análise comparativa: Mulheres que não contraíram COVID-19 (p=132 e np= 38)

	IDADE p	IDADE np	IMC p	IMC np	IMMT p	IMMT p	CA p	CA np
M	69,8	71,9	28,6	29,1	7,9	7,9	97,7	99,1
DP	6,3	6,1	4,4	5,5	1,1	1,3	10,7	11,4
Min	60,0	60,0	17,9	15,1	5,16	4,40	69,0	73,8
Max	90,0	87,0	44,5	40,8	11,9	10,4	131	118
Valor de p	0,070		0,616		0,889		0,502	
	CP p	**CP np**	**FPM p**	**FPM np**	**TUGT np**	**TUGT np**	**TVM p**	**TVM np**
M	38,1	38,5	22,2	21,4	7,4	8,2	1,6	1,4
DP	3,4	4,5	4,9	4,8	1,7	1,6	0,3	0,3
Min	29,5	28,3	10,0	12,0	4,4	4,7	0,9	0,8
Max	49,3	50,5	32,5	31,5	13,5	12,7	2,22	1,98
Valor de p	0,592		0,386		0,010*		0,002*	

Legenda: p, praticantes de exercício físico; np, não praticantes de exercício físico; DP, desvio padrão; IMC, índice de massa corporal; IMMT, Índice de massa muscular total; CA, circunferência abdominal; CP, circunferência de panturrilha; FPM, força de preensão manual; TUGT, Timed up and go test; TVM, Teste de velocidade de marcha; * diferença significativa.

Tabela 2 Estatística descritiva e análise comparativa: Mulheres que contraíram COVID-19 (p=20 e np=20)

	IDADE p	IDADE np	IMC p	IMC np	IMMT p	IMMT np	CA p	CA np
M	68,6	69,5	27,5	31,0	7,7	8,4	97,6	102
DP	5,2	7,3	2,5	5,9	0,7	1,5	7,4	10,6
Min	60,0	60,0	23,9	22,1	6,5	5,7	84,2	83,3
Max	79,0	87,0	33,1	42,1	9,2	11,2	114	120
Valor de p	0,674		0,024*		0,065		0,125	
	CP p	**CP np**	**FPM p**	**FPM np**	**TUGT p**	**TUGT np**	**TVMp**	**TVM np**
M	36,8	39,6	21,4	22,6	7,8	9,4	1,5	1,4
DP	2,2	5,0	6,1	4,4	1,3	4,0	0,2	0,3
Min	32,0	31,6	5,0	14,0	5,8	5,6	1,1	0,6
Max	39,7	49,0	30,0	30,5	10,2	24,1	2,00	2,06
Valor de p	0,025*		0,447		0,116		0,111	

Legenda: p, praticantes de exercício físico; np, não praticantes de exercício físico; DP, desvio padrão; IMC, índice de massa corporal; IMMT, Índice de massa muscular total; CA, circunferência abdominal; CP, circunferência de panturrilha; FPM, força de preensão manual; TUGT, Timed up and go test; TVM, Teste de velocidade de marcha; * diferença significativa.

Tabela 3 Estatística descritiva e análise comparativa: Homens que não contraíram COVID-19 (p=58 e np=22)

	IDADE p	IDADE np	IMC p	IMC np	IMMT p	IMMT np	CA p	CA np
M	70,5	71,7	28,5	29,1	10,3	10,5	102	106
DP	5,8	5,9	3,8	4,9	1,0	1,2	12,4	14,6
Min	60,0	60,0	20,0	15,1	8,0	7,1	65,0	66,0
Max	84,0	84,0	38,6	35,8	12,9	12,3	138	141
Valor de p	0,414		0,614		0,698		0,315	

Continua...

Continuação da tabela 3

	CP p	CP np	FPM p	FPM np	TUGT p	TUGT np	TVM p	TVM np
M	38,3	38,8	36,4	31,2	6,3	9,5	2,5	1,4
DP	2,9	4,1	7,9	7,9	2,5	2,6	1,8	0,3
Min	32,0	26,5	15,0	13,5	1,4	6,2	1,1	0,6
Max	45,5	46,2	57,5	44,0	12,8	16,8	7,6	1,9
Valor de p	0,583		0,012*		0,000*		0,000*	

Legenda: p, praticantes de exercício físico; np, não praticantes de exercício físico; DP, desvio padrão; IMC, índice de massa corporal; IMMT, Índice de massa muscular total; CA, circunferência abdominal; CP, circunferência de panturrilha; FPM, força de preensão manual; TUGT, Timed up and go test; TVM, Teste de velocidade de marcha; * diferença significativa.

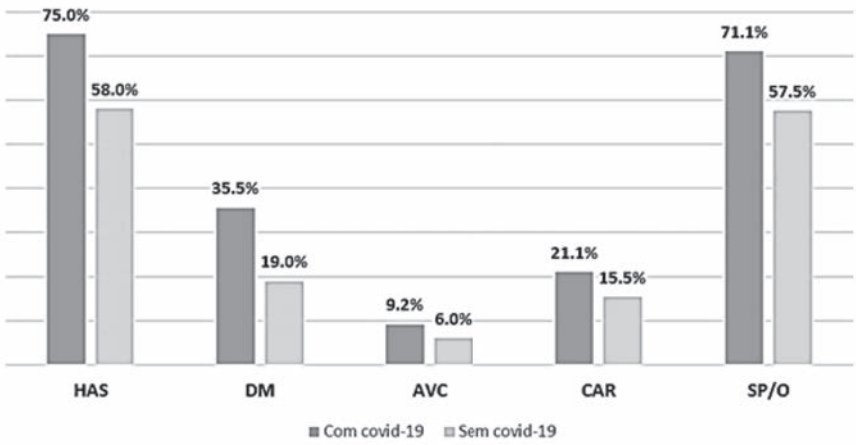
Tabela 4 Estatística descritiva e análise comparativa: Homens que contraíram COVID-19 (p=11 e np=8)

	IDADE p	IDADE np	IMC p	IMC np	IMMT p	IMMT np	CA p	CA np
M	70,8	71,4	33,8	31,1	11,5	10,9	118	112
DP	7,10	5,18	6,97	5,03	1,76	1,21	13,7	14,1
Min	62,0	66,0	26,1	22,6	9,2	9,1	97,3	89,0
Max	85,0	79,0	51,1	40,0	15,7	13,1	150	133
Valor de p	0,846		0,342		0,356		0,348	
	CP p	**CP np**	**FPM p**	**FPM np**	**TUGT p**	**TUGT np**	**TVM p**	**TVM np**
M	42,4	39,8	36,8	33,0	8,7	8,6	1,5	1,5
DP	5,9	3,5	10,8	7,4	1,9	2,0	0,3	0,2
Min	36,4	32,8	19,5	24,5	5,7	6,3	1,2	1,1
Max	58,2	45,3	59,0	43,0	13,1	12,6	2,1	1,7
Valor de p	0,237		0,373		0,927		0,844	

Legenda: p, praticantes de exercício físico; np, não praticantes de exercício físico; DP, desvio padrão; IMC, índice de massa corporal; IMMT, Índice de massa muscular total; CA, circunferência abdominal; CP, circunferência de panturrilha; FPM, força de preensão manual; TUGT, Timed up and go test; TVM, Teste de velocidade de marcha; * diferença significativa.

O Gráfico 1 apresenta as principais comorbidades relatadas na entrevista durante a avaliação. É mostrado comparativamente a prevalência (%) encontrada nos grupos que contraíram ou não a COVID-19.

Gráfico 1 Principais comorbidades relatadas pelos (com COVID-19=59 e sem COVID-19=250)



Legenda: HAS: Hipertensão Arterial Sistêmica; DM: Diabetes Mellitus; AVC: Acidente Vascular Cerebral; CAR: Cardiopatias; SP/O: Sobrepeso/Obesidade.

Como apontavam as pesquisas durante a Pandemia da COVID-19, é bastante evidente que aqueles que contraíram a doença, de fato, apresentavam maior prevalência de comorbidades comuns na população geral, mas que em idosos, a doença representava um risco aumentado de contágio, e quando infectado, resultava em desfechos mais graves.

Quanto ao aspecto epidemiológico, nota-se a expressiva participação das mulheres no estudo. Representando 68% dos participantes. Outro aspecto foi a idade média dos participantes (mulheres 68,6 ±5,2 anos, e homens 71,9 ± 6,1 anos). Estes dados são semelhantes aos encontrados na literatura quando se trata de idosos comunitários. No estudo de Carvalho e colaboradores (2021), participaram 125 idosos comunitários, 66,4% do sexo feminino e com média de idade de 70,4 (±6,6) anos. Boitrago e colaboradores (2020) avaliaram 685 idosos comunitários, com predomínio do sexo feminino (64,8%), com média de idade de 73,9

(±7,9) anos. Pinto e Neri (2013) avaliaram 2472 idosos comunitários com idade média de 72,2 (±5,5) anos, sendo 65,7% mulheres. Segundo dados do Pesquisa Nacional de Saúde (PNS), em 2019, 82,3% das pessoas que procuraram atendimento médico foram mulheres, contra 69,4% de homens (PINTO *et al*., 2021).

Os dados antropométricos coletados na elaboração deste estudo possibilitaram a identificação de sobrepeso e obesidade nessa população. Este dado chamou a atenção, pois a avaliação de massa muscular depende desses valores, uma vez que as variáveis de peso e altura estão inseridas na equação preditiva de Lee, adotada nessa pesquisa e, com isso, o resultado do IMMT pode ter sido superestimado. Em relação aos idosos não praticantes de EF de todos os grupos, as maiores médias do IMC estão relacionadas às maiores médias do IMMT. Esse dado é corroborado por Soares e colaboradores (2019) que encontraram uma forte correlação positiva entre as variáveis IMC e o IMMT, revelando que quanto maior o IMC, maior será o IMMT, tal aspecto é obtido pela equação preditiva utilizada (equação de Lee). Destaca-se também o grupo das mulheres que contraíram COVID-19 (tabela 2), que apresentou diferença estatisticamente significativa na variável IMC, sendo a maior média novamente delegada às mulheres não praticantes de EF.

Ainda no que diz respeito ao IMC, segundo Sass e Marcon (2015), nas mulheres, esse índice tende a aumentar até os 75 anos, quando então começa a diminuir. Essa informação corrobora com nossos achados em relação a esse grupo em questão, em que a média de idade das mulheres se aproxima dessa faixa etária. No estudo de Cardoso e colaboradores (2020), a avaliação do IMC de 1451 participantes, de acordo com a classificação com pontos de corte específicos para idosos, demonstrou que mais da metade dos indivíduos (56,2%) estava acima do peso.

Outro valor que também pode ter sido alterado devido ao sobrepeso, é a medida de CP. Essa medida apresentou diferença significativa no grupo das mulheres que contraíram COVID-19 (tabela 2), sendo a maior média atribuída às idosas que não praticavam EF. Embora essa medida seja amplamente usada para aferir a massa muscular do idoso, nossa suposição tornou-se viável, visto que Gonzalez e colaboradores (2021) encontraram menor correlação entre massa magra apendicular e CP em

idosos. Esse fato pode ser explicado devido a alteração da composição corporal, resultante do processo de envelhecimento (GONZALEZ *et al*., 2021), onde há uma perda contínua de tecido adiposo subcutâneo, acompanhada por aumento da obesidade visceral e um acúmulo de adipócitos e lipídios em diferentes depósitos, como medula óssea, fígado e particularmente músculo esquelético (miosteatose) (BILSKI *et al*., 2022). De acordo com Gonzalez e colaboradores (2021), há componentes não musculares na região da panturrilha, que não são detectados durante a medição da circunferência, como tecido adiposo subcutâneo e tecido adiposo intramuscular, e esses componentes tendem a apresentar maior quantidade em idosos. Diante disso, pode-se considerar que sobrepeso/obesidade são limitações da mensuração da CP como preditora de massa muscular (GONZALEZ *et al*., 2021).

Todos os grupos do presente estudo apresentaram médias aumentadas em relação à medida de CA que muito embora não tenham apresentado diferença estatisticamente significativa, este dado chama a atenção, pois diz respeito ao acúmulo de gordura visceral e reflete riscos à saúde e é o principal fator de risco para doenças crônicas (SOARES *et al*., 2019). Ainda a respeito à composição corporal, acredita-se que os extremos (IMC abaixo ou acima dos valores de referência) estão associados a resultados que podem implicar em risco aumentado de desenvolver doenças, por isso, recomenda-se manter a massa corporal em faixas próximas aos valores considerados normais, como forma de prevenir possíveis disfunções ou doenças (SOARES *et al*., 2019).

Neste estudo, optou-se por utilizar medidas antropométricas simples, porém com respaldo na literatura, ao invés de técnicas que possibilitariam uma avaliação mais precisa da composição corporal, tal como absorciometria de dupla energia (DEXA), ressonância magnética nuclear ou bioimpedância elétrica. Contudo, no atendimento diário de um profissional que atua na assistência, o cálculo do IMC, a medição da CA, assim como da CP são métodos rápidos, acessíveis e de baixo custo, além de apresentarem boa repetibilidade para o seguimento dos pacientes, possibilitando o acompanhamento das variações na composição corporal de forma simples e prática (PUZIANOWSKA-KUZNICKA *et al*., 2022)data suggest that in old age, obesity is not detrimental. The study's

objective was to verify whether obesity frequency still increases in Polish Caucasian seniors and to verify the "obesity paradox". Five thousand and fifty-seven community-dwelling individuals aged ≥ 65 years completed a detailed medical questionnaire, underwent measurements of the body mass index (BMI.

A mensuração da FPM é utilizada frequentemente para a triagem de incapacidades em idosos (FELÍCIO *et al*., 2021). Tal medida é sugerida pela literatura como uma conduta simples no rastreamento e identificação de alterações funcionais, devido à sua relação com a função muscular global (MACEDO *et al*., 2014)with this, there is an increase of chronic-degenerative conditions such as impaired balance and falls. The physically active elderly tends to an improved response in muscle strength, flexibility and postural balance. The present study aimed to evaluate and compare the grip strength and mobility of elderly people with different levels of physical activity. The sample consisted of 44 elderly with 60 years or more, both sexes, divided in: 18 elderly practicing volleyball adapted (AVG. Com relação aos resultados obtidos nesse estudo, o grupo dos homens que não contraíram COVID-19 (tabela 3) apresentou diferença significativa nessa variável, sendo a melhor média apresentada pelos praticantes de EF. Corrobora com este resultado, o estudo de Soares e colaboradores (2019) que observaram maior FPM e melhor desempenho funcional nos 44 idosos comunitários avaliados praticantes de EF regular, em um programa que combinava exercícios resistidos e aeróbicos.

Lunt e colaboradores (2021) conduziram uma revisão sistemática sobre os instrumentos de medição para avaliar a força muscular em idosos e constataram que a FPM está associada à mobilidade, equilíbrio e desempenho das atividades de vida diária. Estes achados, que estão de acordo com aqueles encontrados no presente estudo, ou seja, houve diferença significativa nas variáveis TUGT e TVM, favorável aos praticantes de EF.

Ainda a respeito dos testes de desempenho físico, o mesmo resultado foi obtido no grupo das mulheres que não contraíram COVID-19 (tabela 1), que apresentou diferença significativa para o TUGT e o TVM, também com as melhores médias relacionadas às praticantes de EF.

Ambos os grupos mostraram melhor desempenho físico nos praticantes de EF, e esse dado corrobora com o estudo de Macedo e colaboradores (2014), que afirmou que idosos que se mantêm ativos fisicamente, tendem a experimentar incrementos na força muscular, flexibilidade e equilíbrio (MACEDO *et al*., 2014)with this, there is an increase of chronic-degenerative conditions such as impaired balance and falls. The physically active elderly tends to an improved response in muscle strength, flexibility and postural balance. The present study aimed to evaluate and compare the grip strength and mobility of elderly people with different levels of physical activity. The sample consisted of 44 elderly with 60 years or more, both sexes, divided in: 18 elderly practicing volleyball adapted (AVG.

Analisando globalmente, todos os participantes que praticavam EF apresentaram bons resultados nas variáveis avaliadas para desempenho funcional, corroborando com o estudo de Soares e colaboradores (2019) que reforça que a prática regular de EF é essencial para preservar a funcionalidade e, por conseguinte, a qualidade de vida. Jakicic e colaboradores (2020) mostraram em sua revisão a importância da prática de EF, que mesmo não atingindo os valores recomendados pelos valores referenciais, incrementos da força trazem benefícios à saúde. Delpino e colaboradores (2022) realizaram um estudo com cerca de 77 mil idosos e concluíram que níveis baixos de EF estão relacionados a um aumento do risco de desenvolvimento de comorbidades em indivíduos idosos.

Ainda no presente estudo, em relação às doenças relatadas pelos participantes foi possível verificar que a HAS, o sobrepeso/obesidade, seguidas pelo DM foram as comorbidades predominantes em todos os participantes, embora com maior prevalência naqueles que contraíram COVID-19. De acordo com o trabalho de Francisco e colaboradores (2018), foram entrevistados 10.991 idosos pelo inquérito telefônico da VIGITEL e observou-se que no Brasil, há uma prevalência de em torno de 50% de HAS e aproximadamente 13% de DM para a população idosa, sendo que 16,2% apresentaram prevalência simultânea dessas duas doenças. As comorbidades crônicas, como a HAS, obesidade e o DM, mantêm o paciente em um estado inflamatório persistente, tornando-o suscetível a outras condições inflamatórias ou infecciosas com respostas exacerbadas, como é caracterizado na COVID-19 (CARVALHO,

[s.d.]). Puzianwska-Kuznicka e colaboradores (2022) também trazem em seu estudo que a obesidade aumenta significativamente o risco de micro inflamação, predispõe ao desenvolvimento de doenças crônicas não transmissíveis e morte prematura, além de aumentar o risco de um curso grave de infecção, incluindo COVID-19 e mortalidade associada a esta doença (PUZIANOWSKA-KUZNICKA *et al*., 2022)data suggest that in old age, obesity is not detrimental. The study's objective was to verify whether obesity frequency still increases in Polish Caucasian seniors and to verify the "obesity paradox". Five thousand and fifty-seven community-dwelling individuals aged ≥ 65 years completed a detailed medical questionnaire, underwent measurements of the body mass index (BMI. Essa informação corrobora com nosso estudo onde 71,1% dos idosos que apresentavam sobrepeso/obesidade contraíram a doença.

Confirmando os achados do presente estudo, Thakur e colaboradores (2021) realizaram uma revisão sistemática com meta-análise, em que foram analisados mais de 125 mil pacientes. Os autores mostraram que as principais comorbidades associadas à COVID-19 são a hipertensão, obesidade, diabetes, doenças cardiovasculares, dentre outras. A revisão sistemática de Li e colaboradores (2021), que abrangeu estudos de 11 países e envolveu mais 281 mil participantes, apontou que os resultados de pacientes com COVID-19 grave apresentaram HAS, DM e doenças cardíacas, e ao final, os autores concluíram que estas comorbidades estão envolvidas com maior risco de desenvolver COVID-19 grave. No presente estudo, 75% dos idosos que tiveram diagnóstico positivo para COVID-19 eram hipertensos, e 71% apresentaram sobrepeso/obesidade, corroborando assim com os estudos mencionados acima.

Martelleto e colaboradores (2021) trazem alguns dos principais motivos pelas quais pessoas obesas possuem um maior risco de desenvolver a COVID-19, que inclui modificações nos sistemas respiratório, cardiovascular e renal, além de disfunção endotelial e agravamento do perfil inflamatório.

Ao final deste estudo, tornou-se evidente que por meio de uma avaliação minuciosa, utilizando ferramentas validadas, de aplicação simples e baixo custo, é possível obter informações detalhadas que

fornecem uma visão completa da população sob investigação. Esses resultados, portanto, permitiram informar aos participantes quanto ao seu estado de saúde e orientá-los a procurar serviços especializados, quando necessário.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo apresenta informações importantes sobre os perfis epidemiológico, antropométrico e funcional de idosos comunitários da cidade de Joinville (Brasil) durante a pandemia da COVID-19.

A presença do sobrepeso/obesidade foi muito expressiva neste estudo, bem como, a alta prevalência de HAS, tanto nos participantes que contraíram COVID-19 quanto nos que não foram infectados.

Os resultados desse estudo podem contribuir substancialmente na elaboração de novas estratégias de políticas públicas, visando desenvolver programas direcionados à promoção da saúde através de uma alimentação saudável e a perda de peso, bem como, da implementação de programas de atividade/exercício físico, com o intuito de melhorar integralmente a saúde dessa população especial.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, O. P.; ALMEIDA, S. A. Confiabilidade da versão brasileira da Escala de Depressão em Geriatria (GDS) versão reduzida. **Arquivos de Neuro-Psiquiatria**, v. 57, p. 421–426, 1999.

ATALAIA-SILVA, K. C.; LOURENÇO, R. A. Tradução, adaptação e validação de construto do Teste do Relógio aplicado entre idosos no Brasil. **Revista de Saúde Pública**, v. 42, p. 930–937, 2008.

BILSKI, J. et al. Multifactorial Mechanism of Sarcopenia and Sarcopenic Obesity. Role of Physical Exercise, Microbiota and Myokines. **Cells**, v. 11, n. 1, p. 160, 2022.

BOITRAGO, S. C. O. D. S. et al. Mortality in community-dwelling elderly: coefficient and associated factors. **Revista Brasileira de Enfermagem**, v. 74, n. suppl 2, p. e20200612, 2021.

CARDOSO, A. S. et al. Body mass index and mortality among community-dwelling elderly of Southern Brazil. **Preventive Medicine**, v. 139, p. 106173, 2020.

CARVALHO, M. S. et al. Quedas em idosos comunitários atendidos por uma estratégia de saúde da família do município de São Leopoldo: prevalência e fatores associados. **Acta Fisiátrica**, v. 28, n. 4, p. 259–267, 2021.

COVID-19 e as Pessoas Idosas - OPAS/OMS | Organização Pan-Americana da Saúde. Disponível em: <https://www.paho.org/pt/envelhecimento-saudavel/covid-19-e-pessoas-idosas>. Acesso em: 4 jul. 2023.

CRUZ-JENTOFT, A. J. et al. Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. **Age and Ageing**, v. 48, n. 1, p. 16–31, 2019.

DELPINO, F. M. et al. Physical Activity and Multimorbidity Among Community-Dwelling Older Adults: A Systematic Review With Meta-Analysis. **American journal of health promotion: AJHP**, v. 36, n. 8, p. 1371–1385, 2022.

FELÍCIO, D. C. et al. Knee extension strength and handgrip strength are important predictors of Timed Up and Go test performance among community-dwelling elderly women: a cross-sectional study. **Sao Paulo Medical Journal**, v. 139, n. 1, p. 77-80, 2021.

FRANCISCO, P. M. S. B. et al. Prevalência simultânea de hipertensão e diabetes em idosos brasileiros: desigualdades individuais e contextuais. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 23, p. 3829–3840, 2018.

GONZALEZ, M. C. et al. Calf circumference: cutoff values from the NHANES 1999-2006. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 113, n. 6, p. 1679–1687, 2021.

JAKICIC, J. M. et al. Association between Bout Duration of Physical Activity and Health: Systematic Review. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 51, n. 6, p. 1213–1219, 2019.

LI, J. et al. Epidemiology of COVID-19: A systematic review and meta-analysis of clinical characteristics, risk factors, and outcomes. **Journal of Medical Virology**, v. 93, n. 3, p. 1449–1458, 2021.

LUNT, E. et al. The clinical usefulness of muscle mass and strength measures in older people: a systematic review. **Age and Ageing**, v. 50, n. 1, p. 88–95, 2021.

MACEDO, D. D. O. et al. Handgrip and functional mobility in elderly with different levels of physical activity. **Fisioterapia e Pesquisa**, v. 21, n. 2, p. 151–155, 2014.

MARQUES, K. M. et al. Evaluation of dynapenia in the elderly in São Caetano do Sul, São Paulo, Brazil. **Fisioterapia em Movimento**, v. 32, p. e003218, 2019.

MARTELLETO, G. K. S. et al. Principais fatores de risco apresentados por pacientes obesos acometidos de covid-19: uma breve revisão. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 2, p. 13438–13458, 2021.

MELO, L. A. DE et al. Fatores socioeconômicos, demográficos e regionais associados ao envelhecimento populacional. **Revista Brasileira de Geriatria e Gerontologia**, v. 20, p. 493–501, 2017.

PINTO et al., Pesquisa Nacional de Saúde (PNS-2019): resgate da atenção primária à saúde. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 26(9), p. 3940–3940. 2021.

PINTO, J. M.; NERI, A. L. Doenças crônicas, capacidade funcional, envolvimento social e satisfação em idosos comunitários: Estudo Fibra. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 18, p. 3449–3460, 2013.

PUZIANOWSKA-KUZNICKA, M. et al. Obesity in Caucasian Seniors on the Rise: Is It Truly Harmful? Results of the PolSenior2 Study. **Nutrients**, v. 14, n. 21, p. 4621, 2022.

SASS, A.; MARCON, S. S. Comparação de medidas antropométricas de idosos residentes em área urbana no sul do Brasil, segundo sexo e faixa etária. **Revista Brasileira de Geriatria e Gerontologia**, v. 18, n. 2, p. 361–372, 2015.

Saúde da pessoa idosa. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/s/saude-da-pessoa-idosa/saude-da-pessoa-idosa>. Acesso em: 4 jul. 2023.

SILVA, N. DE A. et al. Desempenho funcional e sua associação com variáveis antropométricas e de composição corporal em idosos. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 20, p. 3723–3732, 2015.

SOARES, A. V. et al. Análise da composição corporal de mulheres idosas institucionalizadas com Síndrome da Fragilidade. **Revista Nutrição em Pauta**, julho, n. 51, p. 17-22, 2019

THAKUR, B. et al. A systematic review and meta-analysis of geographic differences in comorbidities and associated severity and mortality among individuals with COVID-19. **Scientific Reports**, v. 11, n. 1, p. 8562, 2021.

CAPÍTULO

5

QUALIDADE AMBIENTAL E SAÚDE

DO CONTINENTE AO OCEANO: A JORNADA DOS PLÁSTICOS ATRAVÉS DOS RIOS ATÉ OS MARES

Bruna Conte Reginato[1]
Luciano Lorenzi[2]
David Valença Dantas[3]
Eduardo Gentil[4]

[1] Bióloga e doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Saúde e Meio Ambiente pela Universidade da Região de Joinville. CV: http://lattes.cnpq.br/6791983259185049.

[2] Doutor em Zoologia pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). Professor titular da Universidade da Região de Joinville e pertence ao quadro permanente do Programa de Pós-Graduação em Saúde e Meio Ambiente. CV: http://lattes.cnpq.br/6309669041945598.

[3] Doutor em Oceanografia Biológica pelo Departamento de Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Professor Associado na Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC): Departamento de Engenharia de Pesca e Ciências Biológicas (DEPB-UDESC) e Programa de Pós-Graduação em Planejamento Territorial e Desenvolvimento Socioambiental (PPGPLAN-UDESC). CV: http://lattes.cnpq.br/6275124454164478.

[4] Doutor em Sensoriamento Remoto pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Pós-Doutor pelo Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/INPE) e pela Texas A&M University (EUA). Professor Adjunto na Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC): Departamento de Engenharia de Pesca e Ciências Biológicas (DEPB-UDESC) e Programa de Pós-Graduação em Planejamento Territorial e Desenvolvimento SOCIOAMBIENTAL (PPGPLAN-UDESC). CV: HTTP://LATTES.CNPQ.BR/9259767259118692.

POLUIÇÃO PLÁSTICA EM ECOSSISTEMAS MARINHOS: UMA PERSPECTIVA GLOBAL

Os ambientes aquáticos marinhos são componentes integrais e dinâmicos do nosso planeta e cobrem quase 72% de sua superfície (MONDAL; PALIT, 2022). Durante décadas, numerosas pressões antrópicas foram exercidas sobre os oceanos, pressões essas que vem gerando graves repercussões ecológicas e socioeconômicas (THUSHARI; SENEVIRATHNA, 2020; AJIBADE *et al*., 2021). Uma das principais consequências dos modelos e padrões de produção e consumo adotados pela sociedade atual é a geração de resíduos sólidos (MONTAGNER *et al*., 2021), um grande problema ambiental que vem exigindo cada vez mais atenção na busca de soluções, principalmente no que diz respeito à poluição marinha por resíduos plásticos (CHEUNG *et al.,* 2018; MISHRA *et al*., 2021).

Os plásticos se tornaram materiais indispensáveis em nossa sociedade devido ao seu baixo custo de produção e sua versatilidade (NAPPER; THOMPSON 2020; WILLIAMS; RANGEL-BUITRAGO, 2022). Em 2022, a produção de plásticos atingiu um total de 400 milhões de toneladas (PLASTICSEUROPE, 2023) e, deste número, a maior parte produzida é destinada para embalagens, construção civil e indústria automotiva (PLASTICSEUROPE, 2023).

O plástico é o nome dado a um grupo de materiais com propriedades diversas, unidos por um processo comum chamado polimerização. Nesse processo, polímeros formam macromoléculas através do encadeamento de milhares de monômeros, que são hidrocarbonetos derivados de combustíveis fósseis (FU *et al*., 2020). Aditivos como os plastificantes e retardantes de chama são comumente incorporados ao processo de produção dos polímeros para melhorar o desempenho dos produtos, tornando-os mais versáteis e duráveis (AL-MALAIKA *et al*., 2017). No entanto, essas mesmas propriedades podem torná-los mais persistentes no ambiente, podendo alcançar e permanecer em locais extremos como no Monte Everest (NAPPER *et al.,* 2020), Fossa das Marianas (PENG *et al*., 2018) e Antártica (AVES *et al*., 2022).

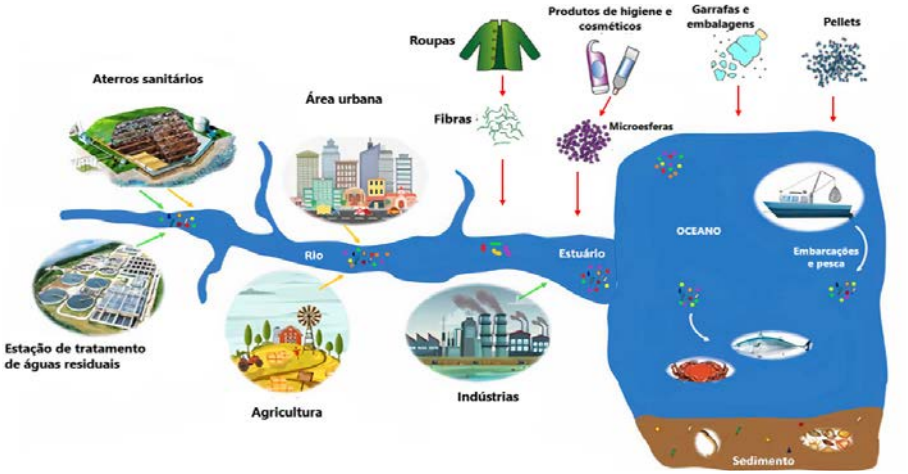
Estima-se que todos os anos entre 4 e 12 milhões de toneladas de plásticos terminem nos oceanos (JAMBECK *et al,.* 2015), sendo que as principais fontes são terrestres (WEISS *et al.,* 2021), vindo principalmente do aporte das bacias hidrográficas, dos adensamentos populacionais, das áreas de descargas de estações de tratamento de águas residuais e de áreas portuárias (ERIKSEN *et al*., 2014). Além disso, a poluição dos oceanos por plásticos pode ocorrer diretamente através das atividades marítimas (WELDEN, 2020), por exemplo, o despejo do lixo não regulamentado dos navios e plataformas *offshore*, resíduos provenientes de atividades de pesca e aquicultura, como redes e cabos, e embarcações abandonadas (RITCHIE, 2023).

Os materiais plásticos lançados em ambientes terrestres e aquáticos passam por processos de degradação físico-química e biológica (ZHANG *et al*., 2021; CORCORAN *et al*., 2022) e são gradualmente fragmentados em tamanhos menores, podendo persistir por séculos no ambiente (ANDRADES *et al*., 2018). Nesse contexto, estima-se que mais de 5 trilhões de pedaços de plástico estejam flutuando nos oceanos, pesando mais de 250 mil toneladas (ERIKSEN *et al*., 2014). Estudos evidenciam que os plásticos podem ser transportados para zonas de acúmulo, formando ilhas flutuantes nos oceanos Pacífico, Índico e Atlântico, áreas que correspondem aos giros subtropicais (KAZA *et al*., 2018), onde as correntes atuam de forma circular e os ventos são naturalmente mais fracos, contribuindo para que esses resíduos, principalmente os microplásticos, permaneçam nessas áreas por mais tempo (VAN SEBILLE, 2015). Os plásticos podem também ser transportados e acumulados em diversos ambientes costeiros (JAMBECK *et al*., 2015), e dentre eles estão praias, costões rochosos, manguezais, lagoas costeiras, estuários (SAJORNE *et al*., 2021; GESTOSO *et al.,* 2019; MANULLANG *et al*.,2020; LORENZI *et al.,* 2021; ZHAO *et al.,* 2015), em regiões polares (MISHRA *et al*., 2021), e em rios e lagos continentais (KASAVAN *et al*., 2021; MASON *et al*., 2016).

MECANISMOS DE TRANSPORTE FLUVIAL DE PLÁSTICOS PARA OS OCEANOS

As regiões costeiras apresentam grandes concentrações urbanas que proporcionam uma série de atividades, tendo como consequência o descarte de resíduos sólidos, dentre os quais estão os plásticos (MEIJER et al., 2021). No entanto, a origem desses poluentes não se restringe apenas às áreas costeiras, sendo que muitas atividades são realizadas no interior do continente e alcançam o ambiente marinho através das bacias hidrográficas que escoam até os oceanos (WEISS *et al*., 2021; JAMBECK *et al*., 2015). Tais fragmentos de plásticos presentes em água doce podem ter suas fontes nos efluentes das estações de tratamento de águas residuais domésticas ou industriais, ou ainda a partir da degradação de mega e macroplásticos provenientes de embalagens descartáveis, pneus, fibras de tecidos sintéticos, pellets, partículas de tinta, entre outros (WONG *et al*., 2020; WU et al., 2019) (Fig. 1). Esse escoamento é acentuado durante períodos de maior pluviosidade, quando há maior contribuição de água da chuva, que promove a dispersão dos plásticos das fontes terrestres para o sistema fluvial através do escoamento superficial (LIMA *et al*., 2014; WELDEN, 2020).

Figura 1 - Fontes de entrada de microplásticos no ambiente aquático.



Fonte: Adaptado de CAIXETA *et al*. (2022).

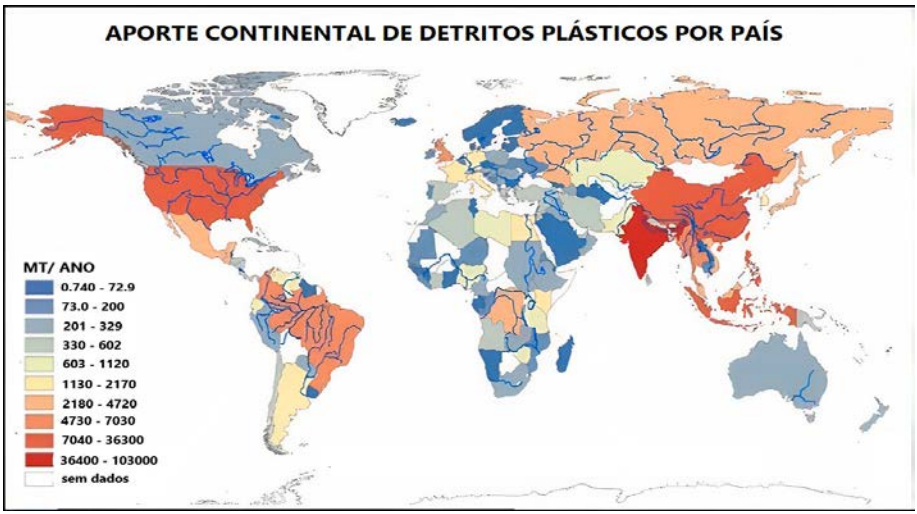
Amplos esforços têm sido feitos para estimar as contribuições terrestres dos plásticos para os oceanos, mas quantificar as saídas fluviais específicas de cada país (total e per capita) é um passo importante para o desenvolvimento de um quadro globalmente integrado, a fim de mitigar a poluição marinha por plásticos. Tentativas de calcular esse aporte alcançaram sucesso inicial usando diferentes preditores, como por exemplo, a saída de resíduos plásticos mal gerenciados pelas bacias hidrográficas e o índice de desenvolvimento humano (LEBRETON *et al*., 2017; SCHMIDT *et al.,* 2017; MAI *et al*., 2020), mesmo assim, tais métricas ainda continuam sem debate necessário para definir uma padronização para uso em nível mundial.

LEBRETON *et al.* (2017) observaram que dos maiores sistemas fluviais poluidores em escala global, 20 estão localizados na Ásia e representaram mais de 67% da entrada anual de plásticos nos oceanos, o que coincide com a grande densidade populacional deste continente, sendo representado por 21% da população mundial. Schimidt *et al*. (2017) compilaram dados globais sobre microplásticos em águas fluviais relacionando os resíduos plásticos mal gerenciados nas bacias hidrográficas com o adensamento populacional. Ao analisar os resíduos encontrados nos rios e na paisagem circundante, os pesquisadores conseguiram estimar que apenas 10 sistemas fluviais transportam 90% do plástico que acaba nos oceanos, sendo eles 8 localizados na Ásia, que são os rios Yangtze, Indo, Amarelo, Hai, Ganges, das Pérolas, Amur e Mekong e na África os rios Nilo e Níger. Todos esses rios têm duas coisas em comum, uma população frequentemente residente na região circundante, que às vezes pode chegar a centenas de milhões de pessoas e um processo de gerenciamento de resíduos abaixo do ideal.

O estudo realizado por Mai *et al*. (2023) criou um modelo para estimar a contribuição fluvial individual de 161 países na poluição global por plásticos para os ambientes marinhos, o modelo se chamou Rio-Oceano e a contribuição total e per capita desses países foi avaliada. A partir dos resultados do modelo, verificou-se que a Índia, a China e a Indonésia são os três principais contribuintes para as saídas totais de plástico fluvial para os oceanos, o que coincide com a literatura, considerando que estão entre os países que mais produzem lixo plástico no planeta (LEBRETON

et al., 2017; MEIJER *et al*., 2021; PLASTICSEUROPE, 2022). Quando foi observada a contribuição per capita, ou seja, a quantidade de plástico produzido, consumido ou descartado por pessoa em um país em um determinado período, a Guatemala, as Filipinas e a Colômbia tiveram os maiores aportes para os oceanos (Fig. 2). Em resumo, constatou-se novamente que o adensamento populacional e o mal gerenciamento de resíduos plásticos são os fatores dominantes que influenciam as saídas fluviais de plástico para os oceanos.

Figura 2 - Quantidade de plásticos transportados do sistema fluvial de cada país para os oceanos (MT/ANO: milhões de toneladas/ano) globais. As contribuições dos rios são derivadas de características individuais das bacias hidrográficas.



Fonte: Modificado de MAI *et al*. (2023).

No Brasil, Pesquisadores do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo (USP), em parceria com o Pacto Global da Organização das Nações Unidas (ONU), mapearam quase 600 pontos do Brasil, que representam grandes portas de entrada para a poluição por resíduos plásticos nos oceanos. Os resultados desse estudo foram divulgados em 2023 na cidade de Paris, durante evento da ONU. Cerca de 2,3 milhões de toneladas do material, ou 67% de todo o plástico que pode chegar aos mares brasileiros por ano, podem vir de bacias

hidrográficas de alto risco, ou seja, áreas com alta densidade populacional, infraestrutura de gestão de resíduos insuficiente e proximidade de áreas com alta atividade industrial e agropecuária. Dessas, as mais críticas são as desembocaduras dos rios Amazonas (cerca de 160 mil t/ano), São Francisco (230 mil t/ano), e a Baía de Guanabara (216 mil t/ano). A do Rio da Prata, que chega ao mar entre a Argentina e Uruguai, mas que carrega material plástico brasileiro, pode contribuir com mais de 1 milhão t/ano (GLOBAL, 2023).

MECANISMOS DE TRANSPORTE E ACÚMULO DE MICROPLÁSTICOS EM ESTUÁRIOS: CENÁRIO NO BRASIL E NO MUNDO

Os estuários são considerados hotspots de microplásticos (WANG et al., 2022), dado que estes ambientes apresentam significativas taxas de sedimentação. Assim, além de receberem o aporte fluvial e exportá-los para o oceano, os estuários podem se comportar como sumidouros (LÓPEZ et al., 2021), retendo esse poluente nos sedimentos (SIMON-SÁNCHEZ et al., 2019) ou aprisionando-os na vegetação marginal, como os manguezais e as marismas (STEAD *et al*., 2020; LIU *et al*., 2022). A quantidade de microplásticos no ambiente estuarino apresentam alta variabilidade (LEBRETON *et al*., 2017; RICCIARDI *et al*., 2021), por exemplo, um sistema estuarino costeiro exposto a múltiplas fontes de poluição plástica apresenta maior risco de contaminação (AUTA *et al*., 2017).

Fatores como eventos de precipitação intensa (GÜNDOGDU et al., 2018), proximidade a áreas agrícolas, portos ou áreas de descargas de estação de tratamento de águas residuais domésticas ou industriais podem influenciar na quantidade desse poluente no estuário (HITCHCOCK *et al*., 2019). Além disso, há uma tendência geral de aumentar a densidade de fragmentos de plásticos próximo a áreas costeiras com maior adensamento populacional (JAMBECK *et al*., 2015; ONINK *et al*., 2019). Importante destacar que a poluição por microplásticos tende a ser mais elevada em estuários que recebem as águas fluviais de

bacias hidrográficas de regiões metropolitanas populosas e altamente urbanizadas (KATAOKA et al., 2019).

Comparando a densidade média de microplásticos (0,5 a 0,05 cm) e mesoplásticos (0,5 a 5 cm) das águas superficiais em estuários e baías no Brasil e ao redor do mundo, foi possível observar que a abundância varia de acordo com a localização geográfica e principalmente as influências externas nas bacias hidrográficas e diretamente nos estuários (Tab. 1). O conhecimento científico sobre a presença e a densidade de microplásticos em ambientes estuarinos tem crescido (AKDOGAN; GUVEN, 2019), mas ainda são escassos os estudos para a América do Sul e em estuários brasileiros (KUTRALAM-MUNIASAMY *et al*., 2020).

Na Baía de Guanabara (Rio de Janeiro), uma das áreas mais descritas na literatura em termos de poluição por plásticos no Brasil, foram encontradas concentrações de partículas de microplásticos que variaram de 1,40 n/m^3 a 21,3 n/m^3 (OLIVATTO *et al*., 2019). LIMA *et al*. (2014), estudando a contaminação plástica no estuário do Rio Goiana (Pernambuco), encontraram uma densidade de 0,026 n/m^3. No estuário do rio Cocó (Fortaleza), a abundância de microplásticos nas águas superficiais variou de 11 n/m^3 a 32,5 n/m^3 durante a estação chuvosa (ALVES, 2024). CORREA *et al*. (2021) evidenciaram uma densidade de 0,423 n/m^3 no estuário Tramandaí – Armazém (Rio Grande do Sul). No estuário Timonha-Ubatuba (divisa dos Estados do Ceará e Piauí), a concentração de microplásticos variou de 0,45 n/m^3 a 0,66 n/m^3(GARCIA *et al.,* 2020) (Tab. 1).

No âmbito mundial, observa-se uma grande variação na abundância de plásticos, que depende do local de amostragem (LUO *et al.,* 2019; WANG *et al.,* 2020; ZHAO *et al*., 2014). Um estudo realizado em Tampa Bay, Flórida uma região costeira com alto nível de ocupação industrial e alta densidade populacional, encontrou uma abundância média de microplásticos entre 3,1 n/m^3 e 5,8 n/m^3 (MCEACHERN *et al.,* 2019). Na Península Ibérica, o estuário do Rio Douro (Porto, Portugal) apresentou abundância de microplásticos de 0,017 n/m^3 (RODRIGUES *et al.,* 2017). A noroeste da Europa, SADRI & THOMPSON (2014) encontraram uma densidade de microplásticos de 0,028 n/m^3 para o estuário do Rio Tamar, Sudoeste da Inglaterra. PAZOS *et al.* (2018), verificando os níveis de poluição por microplásticos no estuário do rio de La Plata (América do Sul), encontraram uma densidade média de microplásticos de 164 n/m^3,

com maiores abundâncias de partículas em áreas próximas a grandes centros populosos de Buenos Aires e La Plata e em áreas próximas a descargas de esgotos (Tab. 1).

Quando observamos os resultados da Ásia, o cenário é mais expressivo, considerando que é o continente com a maior produção de plásticos em escala global (PLASTICSEUROPE, 2022), o que amplifica a maior concentração de detritos plásticos nesse continente e nos ambientes aquáticos adjacentes (LEBRETON *et al*., 2017). No interior da Baía de Hangzhou, que é um estuário onde desemboca o rio Qiantang (China), WANG *et al.* (2020) encontraram uma abundância média de microplásticos de 0,14 n/m^3, enquanto Luo *et al*. (2019) encontraram entre 80 n/m^3 e 7400 n/m^3 no Suzhou Creek (afluente do rio Yangtze em Xangai), sendo que essa região tem a segunda aglomeração urbana mais populosa do mundo, o que influencia diretamente na concentração de microplásticos encontrados no ambiente aquático costeiro. Zhao *et al.* (2014) encontraram uma abundância média de microplásticos de 4137,3 n/m^3 no estuário do Yangtze e 0,167 n/m^3 na costa leste do Mar da China, adjacente ao estuário. Lam *et al.* (2020) encontraram uma abundância de microplásticos variando de 0,68 n/m^3 a 8,22 n/m^3 no estuário do Rio das Pérolas (Hong Kong/Shenhzen/Guangzhou) próximo a região mais populosa do mundo, demonstrando novamente a influência do adensamento populacional na concentração de microplásticos dos ambientes aquáticos (Tab. 1).

Tabela 1 – Comparação da densidade (n/m^3) de fragmentos plásticos flutuantes encontrados em alguns ambientes estuarinos do Brasil e do mundo.

Local de amostragem	n/m^3 (*)	Referências
Baía de Guanabara (Rio de Janeiro, Brasil)	1.40 - 21.3	Olivatto *et al.*, (2019)
Estuário do Rio Goiana (Pernambuco, Brasil)	0.026	Lima *et al.*, (2014)
Estuário do rio Cocó (Fortaleza, Brasil)	11 – 32,5	Alves, (2024)
Estuário Tramandaí – Armazém, (Rio Grande do Sul, Brasil)	0,423	Correa *et al.*, (2021)
Estuário Timonha-Ubatuba, divisa dos Estados do Ceará e Piauí (Brasil)	0,45 - 0,66	Garcia *et al.*, (2020)
Baia de Tampa (Flórida, Estados Unidos)	1,2–18,1	McEachern *et al.*, (2019)

Continua...

Continuação da tabela 1

Local de amostragem	n/m³ (*)	Referências
Baía de Hangzhou (Porção sul do estuário do rio Yangtze)	0,14	Wang *et al.*, (2020)
Suzhou Creek e o Rio Huangpu (afluente do rio Yangtze em Xangai)	80 e 7400	Luo *et al.*, (2019)
Estuário do Yangtze e costa leste do Mar da China	0,167 e 4137,3	Zhao *et al.*, (2014)
Estuário do Rio Pérola (Sul da China, Mar da China Meridional)	0.68-8.22	Lam *et al.*, (2020)
Estuário do Rio Douro (Porto, Noroeste de Portugal)	0.017	Rodrigues *et al.*, (2019)
Estuário do Rio Tamar (Sudoeste da Inglaterra)	0.028	Sadri e Thompson (2014)
Estuário do Rio da Prata (Buenos Aires, Argentina)	164/114	Pazos *et al.*, (2018)

(*) As unidades "n/100m³" e "partículas/L" foram padronizadas para "n/m³" para facilitar na comparação dos dados entre os estudos.

ESTUÁRIOS: IMPORTÂNCIA ECOLÓGICA E DESAFIOS PARA A BIOTA MARINHA

Os estuários são importantes ambientes da zona costeira, pois constituem ambientes de transição entre águas continentais interiores e águas costeiras marinhas (BARLETTA; DANTAS, 2016). Esses ambientes são caracterizados por uma ampla gama de condições físicas, químicas e biológicas, resultantes da influência combinada de processos terrestres e marinhos (SILVA *et al*., 2018). A dinâmica dos estuários é determinada pela interação entre as forças das marés, a descarga de água doce dos rios e os padrões de circulação costeira (LIMA *et al*., 2014; KENNISH, 2019). Esses processos influenciam a distribuição espacial e temporal da salinidade, temperatura, turbidez e nutrientes, criando gradientes ambientais que sustentam comunidades biológicas diversas e dinâmicas (GONZALEZ *et al*., 2023). Devido a essas características, esses ambientes possuem alta produtividade biológica e servem como importantes áreas de refúgio, desova e berçário para muitas espécies marinhas (NODO *et al*., 2023), sendo considerados ecossistemas de grande importância para a preservação da biodiversidade (KENNISH, 2019).

A presença de plásticos nesses ambientes é preocupante, principalmente para os animais que ficam vulneráveis a esse poluente (BAZTAN *et al*., 2014). Devido à flutuabilidade, os detritos plásticos se tornam bioacessíveis para diversos grupos de organismos aquáticos (D'AVIGNON *et al.,* 2023), o que pode gerar a incorporação dessas partículas em teias alimentares (LIMA *et al*., 2014; THACHARODI *et al*., 2024). Além disso, essas partículas possuem capacidade de adsorção de poluentes orgânicos persistentes que estão presentes na coluna d'água, podendo introduzir toxinas na base da cadeia alimentar, em que há maior potencial de bioacumulação (THACHARODI *et al*., 2024).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O problema do lixo plástico nos oceanos começou a ser identificado na década de 1970, mas inicialmente recebeu pouca atenção da comunidade científica. Atualmente, mesmo com o reconhecimento generalizado da gravidade da situação, a quantidade de resíduos plásticos no ambiente continua a crescer. Esse aumento se deve ao uso cada vez maior dos plásticos em diversas aplicações. Como demonstrado no texto, à medida que as populações se concentram em áreas urbanas, formando adensamentos populacionais, aliados ao mau gerenciamento dos resíduos sólidos, as tendências demonstram uma crescente incidência de plásticos e microplásticos nos oceanos. Contudo, os dados sobre a distribuição e quantificação das fontes fluviais de plásticos, fundamentais para desenvolver estratégias eficazes de mitigação, ainda são limitados, especialmente no Brasil. Considerando que a maior parte dos resíduos plásticos é gerada no continente, é fundamental a implementação de leis que regulamentem a produção, o consumo e o gerenciamento do lixo plástico. A interação dos microplásticos com o ambiente é um fenômeno complexo que demanda iniciativas de pesquisa globais e interdisciplinares. Essas pesquisas são fundamentais para ampliar o conhecimento científico e subsidiar a implementação de ações eficazes de mitigação e controle da poluição plástica.

REFERÊNCIAS

AJIBADE, F. O. et al. **Environmental pollution and their socioeconomic impacts. In: Microbe Mediated Remediation of Environmental Contaminants.** Elsevier, p. 321–354, 2021.

AKDOGAN, Z.; GUVEN, B. Microplastics in the environment: A critical review of current understanding and identification of future research needs. **Environmental Pollution**, v. 254, p. 113011, 2019.

AL-MALAIKA, S. et al. **Additives for plastics. In: Brydson's plastics materials.** Butterworth-Heinemann, p. 127-168, 2017.

ALVES, R. S. **O ciclo de maré influencia a dinâmica de microplásticos em um estuário do semi-areado brasileiro?** 2024.

ANDRADES, R. et al. Marine debris in Trindade Island, a remote island of the South Atlantic. **Marine Pollution Bulletin**, v. 137, p. 180-184, 2018.

AUTA, H. S.; EMENIKE, C. U.; FAUZIAH, S. H. Distribution and importance of microplastics in the marine environment: a review of the sources, fate, effects, and potential solutions. **Environment International**, v. 102, p. 165-176, 2017.

AVES, A. R. et al. First evidence of microplastics in Antarctic snow. **The Cryosphere**, v. 16, n. 6, p. 2127-2145, 2022.

BARLETTA, M.; DANTAS, D. V. **Environmental gradients. In: Encyclopedia of Estuaries**. p. 237-242, 2016.

BAZTAN, J. et al. Protected areas in the Atlantic facing the hazards of micro-plastic pollution: first diagnosis of three islands in the Canary Current. **Marine Pollution Bulletin**, v. 80, n. 1-2, p. 302-311, 2014.

CAIXETA, D. et al. **Microplásticos como indicadores de poluição ambiental e seus efeitos sobre os organismos.** Enciclopédia Biosfera, v. 19, n. 40, 2022.

CHEUNG, P. K. et al. Spatio-temporal comparison of neustonic microplastic density in Hong Kong waters under the influence of the Pearl River Estuary. **Science of the Total Environment**, v. 628, p. 731-739, 2018.

CORCORAN, P. L. **Degradation of microplastics in the environment. In: Handbook of Microplastics in the Environment.** Cham: Springer International Publishing, p. 531-542, 2022.

CORRÊA, L. S. et al. Avaliação da presença de microplásticos nas águas do estuário Tramandaí-Armazém e sua relação com a qualidade da água. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v. 18, 2021.

D'AVIGNON, G. et al. Feeding behavior and species interactions increase the bioavailability of microplastics to benthic food webs. **Science of The Total Environment**, v. 896, p. 165261, 2023.

ERIKSEN, M. et al. Plastic pollution in the world's oceans: more than 5 trillion plastic pieces weighing over 250,000 tons afloat at sea. **PloS One**, v. 9, n. 12, p. e111913, 2014.

FU, Z. et al. Microplastic pollution research methodologies, abundance, characteristics and risk assessments for aquatic biota in China. **Environmental Pollution**, p. 115098, 2020.

GARCIA, T. M. et al. Microplastics in subsurface waters of the western equatorial Atlantic (Brazil). **Marine Pollution Bulletin**, v. 150, p. 110705, 2020.

GESTOSO, I. et al. Plasticrusts: A new potential threat in the Anthropocene's rocky shores. **Science of the Total Environment**, v. 687, p. 413-415, 2019.

GLOBAL, P. **Brasil tem 600 grandes 'portas de entrada' para a poluição plástica no Oceano Atlântico**, 2023. Disponível em: https://www.pactoglobal.org.br/noticia/brasil-tem-600-grandes-portas-de-entrada-para-a-poluicao-plastica-no-oceano-atlantico/. Acesso em: 15 de maio 2024.

GONZALEZ, J. G. et al. Importance of estuaries for the horse-eye jack Caranx latus in northeastern Brazil: a case study of underestimated connectivity at the land-sea interface. **Marine Ecology Progress Series**, 2023.

JAMBECK, J. R. et al. Plastic waste inputs from land into the ocean. Science, v. 347, n. 6223, p. 768-771, 2015.

KASAVAN, S. et al. Plastic pollution in water ecosystems: A bibliometric analysis from 2000 to 2020. **Journal of Cleaner Production**, v. 313, p. 127946, 2021.

KATAOKA, T. et al. Assessment of the sources and inflow processes of microplastics in the river environments of Japan. **Environmental Pollution**, v. 244, p. 958-965, 2019.

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

KENNISH, M. J. **Ecology of estuaries: volume 2: biological aspects.** CRC Press, 2019.

KUTRALAM-MUNIASAMY, G. et al. Review of current trends, advances and analytical challenges for microplastics contamination in Latin America. **Environmental Pollution**, v. 267, p. 115463, 2020.

LAM, T. W. L. et al. Spatial variation of floatable plastic debris and microplastics in the Pearl River Estuary, South China. **Marine Pollution Bulletin**, v. 158, p. 111383, 2020.

LEBRETON, L. C. et al. River plastic emissions to the world's oceans. **Nature Communications**, v. 8, n. 1, p. 15611, 2017.

LIMA, A. R. A.; COSTA, M. F.; BARLETTA, M. Distribution patterns of microplastics within the plankton of a tropical estuary. **Environmental Research**, v. 132, p. 146-155, 2014.

LIU, X. et al. Ecological interception effect of mangroves on microplastics. **Journal of Hazardous Materials**, v. 423, p. 127231, 2022.

LÓPEZ, A. G. et al. Estuaries as filters for riverine microplastics: Simulations in a large, coastal-plain estuary. **Frontiers in Marine Science**, v. 8, p. 715924, 2021.

LORENZI, L. et al. Spatio-seasonal microplastics distribution along a shallow coastal lagoon ecocline within a marine conservation unit. **Marine Pollution Bulletin**, v. 170, p. 112644, 2021.

LUO, W. et al. Comparison of microplastic pollution in different water bodies from urban creeks to coastal waters. **Environmental Pollution**, v. 246, p. 174-182, 2019.

MAI, L.; SUN, X.; ZENG, E. Y. Country-specific riverine contributions to marine plastic pollution. **Science of The Total Environment**, v. 874, p. 162552, 2023.

MANULLANG, C. Y.; SUYADI. Distribution of plastic debris pollution and it is implications on mangrove vegetation. **Marine Pollution Bulletin**, v. 160, p. 111642, 2020.

MASON, S. A. et al. Pelagic plastic pollution within the surface waters of Lake Michigan, USA. **Journal of Great Lakes Research**, v. 42, n. 4, p. 753-759, 2016.

MCEACHERN, K. et al. Microplastics in Tampa Bay, Florida: abundance and variability in estuarine waters and sediments. **Marine Pollution Bulletin**, v. 148, p. 97-106, 2019.

MEIJER, L. J. et al. More than 1000 rivers account for 80% of global riverine plastic emissions into the ocean. **Science Advances**, v. 7, n. 18, p. eaaz5803, 2021.

MISHRA, A. K. et al. Microplastics in polar regions: an early warning to the world's pristine ecosystem. **Science of the Total Environment**, v. 784, p. 147149, 2021.

MONDAL, S.; PALIT, D. **Challenges in natural resource management for ecological sustainability.** In: Natural Resources Conservation and Advances for Sustainability. Elsevier, p. 29-59, 2022.

MONTAGNER, C. C. et al. **Microplásticos: ocorrência ambiental e desafios analíticos.** 2021.

NAPPER, I. E., THOMPSON, R. C. Plastic debris in the marine environment: history and future challenges. **Global Challenges**, v. 4, n. 6, p. 1900081, 2020.

NAPPER, I. E., DAVIES, B. F., CLIFFORD, H., ELVIN, S., KOLDEWEY, H. J., MAYEWSKI, P. A., THOMPSON, R. C. Reaching new heights in plastic pollution—preliminary findings of microplastics on Mount Everest. **One Earth**, v. 3, n. 5, p. 621-630, 2020.

NODO, P.; CHILDS, A. R.; PATTRICK, P.; JAMES, N. C. The nursery function of shallow nearshore and estuarine benthic habitats for demersal fishes. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 280, p. 108168, 2023.

OLIVATTO, G. P.; MARTINS, M. C. T.; MONTAGNER, C. C.; HENRY, T. B.; CARREIRA, R. S. Microplastic contamination in surface waters in Guanabara Bay, Rio de Janeiro, Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, v. 139, p. 157-162, 2019.

ONINK, V.; WICHMANN, D.; DELANDMETER, P.; VAN SEBILLE, E. The role of Ekman currents, geostrophy, and stokes drift in the accumulation of floating microplastic. **Journal of Geophysical Research: Oceans**, v. 124, n. 3, p. 1474-1490, 2019.

PAZOS, R. S.; BAUER, D. E.; GÓMEZ, N. Microplastics integrating the coastal planktonic community in the inner zone of the Río de la Plata estuary (South America). **Environmental Pollution**, v. 243, p. 134-142, 2018.

PENG, X.; CHEN, M.; CHEN, S.; DASGUPTA, S.; XU, H.; TA, K.; BAI, S. Microplastics contaminate the deepest part of the world's ocean. **Geochemical Perspectives Letters**, v. 9, n. 1, p. 1-5, 2018.

PLASTICSEUROPE. **An analysis of European plastics production, demand and waste data**. 2022.

PLASTICSEUROPE. **An analysis of European plastics production, demand and waste data.** 2023.

RICCIARDI, M.; PIRONTI, C.; MOTTA, O.; MIELE, Y.; PROTO, A.; MONTANO, L. Microplastics in the aquatic environment: occurrence, persistence, analysis, and human exposure. **Water**, v. 13, n. 7, p. 973, 2021.

RITCHIE, H.; ROSER, M. **Where does the plastic in our oceans come from?** *Our World in Data*, 2023. Disponível em: https://ourworldindata.org/plastic-pollution. Acesso em: 20 maio 2024.

RODRIGUES, D.; ANTUNES, J.; OTERO, V.; SOBRAL, P.; COSTA, M. H. Distribution patterns of microplastics in seawater surface at a Portuguese estuary and marine park. **Frontiers in Environmental Science**, p. 254, 2020.

SADRI, S. S.; THOMPSON, R. C. On the quantity and composition of floating plastic debris entering and leaving the Tamar Estuary, Southwest England. **Marine Pollution Bulletin**, v. 81, n. 1, p. The55-60, 2014.

SAJORNE, R. E.; BACOSA, H. P.; CAYABO, G. D. B.; ARDINES JR, L. B.; SUMELDAN, J. D.; OMAR, J. M.; CREENCIA, L. A. Plastic litter pollution along sandy beaches in Puerto Princesa, Palawan Island, Philippines. **Marine Pollution Bulletin**, v. 169, p. 112520, 2021.

SCHMIDT, C.; KRAUTH, T.; WAGNER, S. Export of plastic debris by rivers into the sea. **Environmental Science & Technology**, v. 51, n. 21, p. 12246-12253, 2017.

SILVA, J. D.; BARLETTA, M.; LIMA, A. R.; FERREIRA, G. V. Use of resources and microplastic contamination throughout the life cycle of grunts (Haemulidae) in a tropical estuary. **Environmental Pollution**, v. 242, p. 1010-1021, 2018.

SIMON-SÁNCHEZ, L.; GRELAUD, M.; GARCIA-ORELLANA, J.; ZIVERI, P. River deltas as hotspots of microplastic accumulation: The case study of the Ebro River (NW Mediterranean). **Science of the Total Environment**, v. 687, p. 1186-1196, 2019.

STEAD, J. L.; CUNDY, A. B.; HUDSON, M. D.; THOMPSON, C. E.; WILLIAMS, I. D.; RUSSELL, A. E.; PABORTSAVA, K. Identification of tidal trapping of microplastics in a temperate salt marsh system using sea surface microlayer sampling. **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, p. 14147, 2020.

THACHARODI, A.; MEENATCHI, R.; HASSAN, S.; HUSSAIN, N.; BHAT, M. A.; AROCKIARAJ, J.; PUGAZHENDHI, A. Microplastics in the environment: a critical overview on its fate, toxicity, implications, management, and bioremediation strategies. **Journal of Environmental Management**, v. 349, p. 119433, 2024.

THUSHARI, G. G. N.; SENEVIRATHNA, J. D. M. Plastic pollution in the marine environment. **Heliyon**, v. 6, n. 8, 2020.

VAN SEBILLE, E. **The oceans' accumulating plastic garbage**. 2015.

WANG, T.; HU, M.; SONG, L.; YU, J.; LIU, R.; WANG, S.; WANG, Y. Coastal zone use influences the spatial distribution of microplastics in Hangzhou Bay, China—**Environmental Pollution**, v. 266, p. 115137, 2020.

WANG, T.; ZHAO, S.; ZHU, L.; MCWILLIAMS, J. C.; GALGANI, L.; AMIN, R. M.; CHEN, M. Accumulation, transformation and transport of microplastics in estuarine fronts. **Nature Reviews Earth & Environment**, v. 3, n. 11, p. 795-805, 2022.

WEISS, L.; LUDWIG, W.; HEUSSNER, S.; CANALS, M.; GHIGLIONE, J. F.; ESTOURNEL, C.; KERHERVÉ, P. The missing ocean plastic sink: gone with the rivers. **Science**, v. 373, n. 6550, p. 107-111, 2021.

WELDEN, N. A. **The environmental impacts of plastic pollution.** In: Plastic waste and recycling. Academic Press, 2020. p. 195-222.

WILLIAMS, A. T.; RANGEL-BUITRAGO, N. The past, present, and future of plastic pollution. **Marine Pollution Bulletin**, v. 176, p. 113429, 2022.

WONG, J. K. H.; LEE, K. K.; TANG, K. H. D.; YAP, P. S. Microplastics in the freshwater and terrestrial environments: Prevalence, fates, impacts and sustainable solutions. **Science of the Total Environment**, v. 719, p. 137512, 2020.

WU, P.; HUANG, J.; ZHENG, Y.; YANG, Y.; ZHANG, Y.; HE, F.; GAO, B. Environmental occurrences, fate, and impacts of microplastics. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 184, p. 109612, 2019.

ZHAO, S.; ZHU, L.; LI, D. Microplastic in three urban estuaries, China. **Environmental Pollution**, v. 206, p. 597-604, 2015.

ZHANG, K.; HAMIDIAN, A. H.; TUBIĆ, A.; ZHANG, Y.; FANG, J. K.; WU, C.; LAM, P. K. Understanding plastic degradation and microplastic formation in the environment: A review. **Environmental Pollution**, v. 274, p. 116554, 2021.

CAPÍTULO

6

QUALIDADE AMBIENTAL E SAÚDE

MAPEAMENTO DE MANCHA DE INUNDAÇÃO DO RIO ÁGUAS VERMELHAS NO BAIRRO VILA NOVA, JOINVILLE/SC

Gabriel do Vale Almeida[1]
Celso Voos Vieira[2]

[1] Engenheiro Ambiental e Sanitarista. CV: http://lattes.cnpq.br/4194827571705389

[2] Professor e pesquisador do Programa de Pós-graduação em Saúde e Meio Ambiente. CV: http://lattes.cnpq.br/6126335000756985

INTRODUÇÃO

As inundações representam um tema de crescente relevância devido às suas causas e impactos nas áreas urbanas. Esses eventos estão intrinsecamente relacionados ao avanço da urbanização, à diminuição da taxa de permeabilidade do solo e ao desenvolvimento das redes de drenagem (TUCCI, 2008). À medida que as cidades se expandem e se desenvolvem, as inundações tornam-se uma preocupação cada vez mais urgente, afetando a qualidade de vida das comunidades.

Os impactos das inundações não se limitam apenas aos danos materiais, pois também estão associadas a riscos à saúde da população. Um estudo conduzido por Ribeiro (2022) revelou a desvalorização de imóveis localizados em áreas de inundação e destacou a importância de compreender os efeitos associados a esse fenômeno. Além disso, a pesquisa de Silveira *et al*. (2021) identificou uma correlação significativa entre a presença de áreas de inundação e o aumento dos casos de Hepatite A entre os moradores dessas regiões.

Estudos recentes ressaltam a necessidade de compreender os aspectos hidrológicos e hidrodinâmicos das inundações urbanas (SMITH *et al*., 2023). A modelagem hidrológica e hidrodinâmica desempenha um papel fundamental na avaliação de riscos e na busca de soluções para mitigar os impactos das inundações (GARCIA *et al*., 2021).

Os prejuízos econômicos e sociais causados por inundações são evidentes e substanciais. No período de 2011 a 2021, o Estado de Santa Catarina registrou 120 ocorrências de inundações com danos materiais, resultando em 226.278 desabrigados ou desalojados e afetando 851.207 pessoas. Os danos materiais totais alcançaram a cifra de 997 milhões de reais, com prejuízos estimados em 1,67 bilhões de reais no mesmo período (ATLAS DIGITAL DE DESASTRES NO BRASIL, 2021).

Joinville/SC, em particular, enfrentou desafios significativos devido às inundações. Em novembro de 2022, chuvas intensas resultaram em precipitações superiores a 366 mm em um período de 72 horas, afetando todos os bairros da cidade. Essas chuvas extremas causaram alagamentos, enxurradas, deslizamentos e inundações, resultando na paralisação da mobilidade urbana e no isolamento da população por

vários dias, com algumas áreas ainda permanecendo inundadas no quinto dia (JOINVILLE, 2022).

Diante desses cenários desafiadores, o governo brasileiro implementou a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC), que visa aprimorar o sistema de informações e monitoramento de desastres naturais, incluindo o desenvolvimento de estudos para mapear e identificar áreas de risco (BRASIL, 2012).

Nesse contexto, este estudo tem como objetivo principal mapear a influência da área de inundação do rio Águas Vermelhas no perímetro urbano do Bairro Vila Nova, localizado no município de Joinville/SC. A investigação busca compreender as implicações das inundações na região oeste da cidade e contribuir para o desenvolvimento de estratégias de mitigação e adaptação que visem reduzir os impactos desses eventos na comunidade. A pesquisa visa, assim, fornecer informações fundamentais para a gestão e o planejamento urbano, com o objetivo de tornar o Bairro Vila Nova mais resiliente diante das inundações.

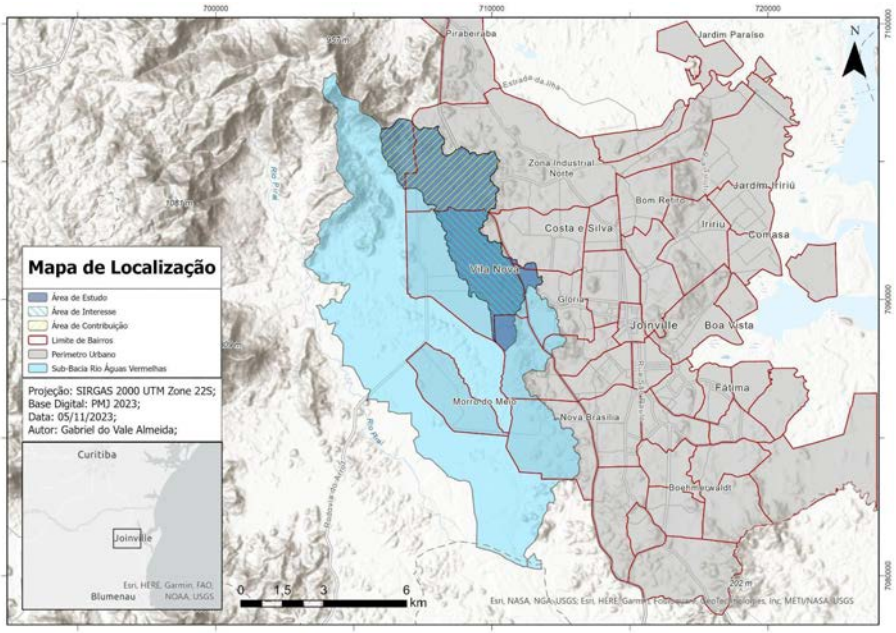
MANCHA DE INUNDAÇÃO

A área de estudo abrange as microbacias que constituem a sub-bacia do Rio Águas Vermelhas, localizada no município de Joinville, Estado de Santa Catarina. Estas microbacias compreendem uma área total de 17,15 km^2. O talvegue principal da área de estudo estende-se por 11,51 km, apresentando um desnível de 353 metros.

Para fins de cálculos hidrológicos e análise hidrodinâmica, a área de estudo foi subdividida em duas partes distintas:

- A área de contribuição para a modelagem hidrológica: esta região está situada a montante do Bairro Vila Nova e é fundamental para a compreensão dos fluxos hidrológicos que afetam a área urbana.
- A área de interesse de mapeamento da mancha de inundação: esta área compreende o Bairro Vila Nova e é o foco principal do estudo para identificar as zonas suscetíveis a inundações, conforme representado no mapa da Figura 1.

Figura 1 - Mapa de Localização



A área de estudo abrange cinco bairros situados em zona urbana e uma parcela em área rural. Esta região apresenta uma diversidade de usos da terra, incluindo áreas urbanizadas, atividades agrícolas e fragmentos de vegetação nativa. O Bairro Vila Nova, em particular, cobre a maior parte da área de estudo, com uma extensão de 14,42 km^2 e uma densidade populacional de 1.685 habitantes por quilômetro quadrado (JOINVILLE, 2017).

Do ponto de vista da cobertura vegetal, a área de estudo apresenta duas fitofisionomias predominantes da Floresta Ombrófila Densa: a Formação de Terras Baixas, ocorrendo em altitudes de 5 a 30 metros, e a Formação Submontana, com altitudes variando de 30 a 400 metros. Estas formações exibem uma vegetação bem conservada devido às características de declividade do terreno (JOINVILLE, 2022).

O relevo da área de estudo é caracterizado por áreas predominantemente planas ao longo da planície costeira, com a presença

de solos do tipo Cambissolo Háplico e Cambissolo Flúvico. Nas regiões mais elevadas das escarpas da Serra do Mar, o relevo torna-se suavemente ondulado a montanhoso, e os solos predominantes são do tipo Argissolo Amarelo, Cambissolo Háplico e Neossolo Litólico (JOINVILLE, 2022).

Para estimar a precipitação, foi adotada a estação meteorológica, de código 02648014, operada pela EPAGRI-SC, localizada na Estação da Memória de Joinville, situada a uma latitude de -26.3217 e longitude de -48.8464. A equação de chuva adotada para a análise de intensidade-duração-frequência (IDF) foi estabelecida de acordo com o CPRM (2014), visualizada na equação 1. É importante ressaltar que a equação 1 é válida para períodos de retorno de até 100 anos e durações que variam de 5 minutos a 24 horas (CPRM, 2014).

$$i = \left(1218, T^{0,1997}\right) / \left(t + 33, 7\right)^{0,7948} \quad \text{(Eq.1)}$$

Onde, é a intensidade de chuva (mm/h), T é o tempo de retorno (anos) e t é a duração da precipitação (minutos).

A modelagem hidrológica foi realizada no software HEC-HMS. O *Hydrologic Modeling System* (HEC-HMS) é um software desenvolvido pelo *Hydrologic Engineering Center do US Army Corps of Engineers* (HEC-USACE) que permite simulações hidrológicas considerando uma grande variedade de métodos. A modelagem hidráulica foi realizada com o emprego do modelo computacional HEC-RAS (*Hydrological Engineering Center - River Analysis System*) desenvolvido pelo *U.S. Army Corps of Engineers*, versão 5.0.6. Suas aplicações englobam o estudo unidimensional e bidimensional de canais em regime permanente, não permanente, transporte de sedimentos e qualidade da água, sendo possível realizar diversos tipos de análises, como levantamento de áreas inundáveis e estudos de rompimento de barragens.

Para a área e estudo foi gerado um modelo bidimensional para o fluxo de escoamento superficial, tomando como base os dados topográficos do terreno, as informações de precipitação e a aplicação do método do *Curve Number* (CN) pelo *Soil Conservation Service* (SCS) para a simulação de eventos de inundação (FARIAS, 2019).

Conforme destacado por Canholi (2014), o método SCS abrange a avaliação de áreas permeáveis e parcialmente permeáveis em uma bacia hidrográfica, levando em consideração a classificação de solos em grupos hidrológicos e sua respectiva capacidade de infiltração, correlacionados com o tipo de uso e ocupação do solo. Na Tabela 1 está apresentada a classificação dos grupos hidrológicos do solo, juntamente com suas capacidades de infiltração, fornecendo uma referência para estimar a área impermeável.

Tabela 1 - Classificação dos grupos hidrológico do solo e sua capacidade de infiltração (método do SCS-CN).

Grupo Hidrológico do Solo	Descrição do Solo	Capacidade de Infiltração (cm/h)
A	Areias e cascalhos profundos (h>1,50 m), muito permeáveis, com alta taxa de infiltração, mesmo quando saturados. Teor de argila até 10%.	1,20 - 0,80
B	Solos arenosos poucos finos, menos profundos (h<1,50 m) e permeáveis. Teor de argila 10% - 20%.	0,80 - 0,40
C	Solos poucos profundos com camadas subsuperficiais que impedem o fluxo descendente da água, ou solos com porcentagem elevada de argila (20%-30%).	0,40 - 0,15
D	Solos compostos principalmente de argilas (acima de 30%) ou solos com nível freático elevado, ou solos com camadas argilosas próximas à superfície, ou solos rasos sobre camadas impermeáveis.	0,15 - 0,00

Fonte: Canholi (2014).

Para caracterizar os grupos pedológicos presentes na área de estudo foram utilizados dados provenientes do Levantamento de Cobertura Pedológica de Joinville, disponibilizados pelo SIMGeo[3]. A análise considerou as classes de solos de acordo com seus grupos hidrológicos, conforme descrito na Tabela 2.

[3] Disponível em: https://www.joinville.sc.gov.br/publicacoes/downloads-sistema-de-informacoes-municipais-georreferenciadas-simgeo/

Tabela 2 - Classe dos Grupos Hidrológicos na Área de Estudo

Sigla	Classe Solo	Área (%)	Grupo Hidrológico
CXd1	Cambissolo Háplico	0,06	D
CXd2	Cambissolo Háplico	60,32	D
CXd6	Cambissolo Háplico	0,91	D
CYd+GXd	Cambissolo Flúvico + Gleissolo Háplico	0,27	C
PAd1	Argissolo Amarelo	6,67	D
PAd6	Argissolo Amarelo	10,61	D
PAd8	Argissolo Amarelo	13,52	D
PAd9	Argissolo Amarelo	7,06	D
RLd3	Neossolo Litólico	0,59	D

A atribuição dos valores do Número de Curva (CN) foi realizada com base no uso e ocupação do solo, conforme informações da Unidade de Pesquisa, Documentação e Georreferenciamento (JOINVILLE, 2022). Utilizaram-se os valores apresentados na Tabela 3, propostos originalmente por Tucci (2013) e posteriormente ajustados segundo os dados da ANA (2018), considerando as áreas rurais, urbanas e suburbanas.

Tabela 3 - Classes hidrológicas e de uso e ocupação de solo.

Classe de Uso da terra e Ocupação do Solo	Classe Hidrológica do Solo			
	A	B	C	D
Área Artificial	93	93	93	93
Área Agrícola	64	76	84	88
Pastagem com Manejo	6	35	70	79
Mosaico de área Agrícola com Remanescentes Florestais	60	76	85	90
Silvicultura	26	52	62	69
Vegetação Floresta	36	60	70	76
Mosaico de Vegetação Florestal com Atividade Agrícola	55	72	81	86
Vegetação Campestre	30	85	71	78

Continua...

Continuação da tabela 3

Classe de Uso da terra e Ocupação do Solo	Classe Hidrológica do Solo			
	A	B	C	D
Área Úmida	95	95	95	95
Pastagem Natural	36	60	73	79
Mosaico de Área Agrícola com Remanescentes Campestres	47	67	78	83
Corpo d'Água Continental	100	100	100	100
Área Descoberta	74	84	90	92

Fonte: ANA (2018).

Os valores de CN para a área de contribuição foram estabelecidos utilizando o mapa de uso e ocupação do solo fornecido pela Unidade de Pesquisa, Documentação da Secretaria de Pesquisa e Planejamento Urbano (SUPUR.UPD) (JOINVILLE, 2022). A referida área foi categorizada na Classe Hidrológica do Solo D, apresentando um CN médio de 80,54, considerando a proporção de área pertencente a cada classe, conforme especificado na Tabela 4.

Tabela 4 - Proporção do CN para Área de Contribuição

Classe	Área (%)	CN	Proporção (%)
Área de Extração Mineral	0,89	92	0,82
Área Urbanizada	15,30	93	14,23
Bananicultura	0,72	86	0,62
Corpo d'água Continental	0,74	100	0,74
Cultura Permanente	0,55	88	0,48
Cultura Temporária	8,93	88	7,86
Floresta	57,58	76	43,76
Pastagem	14,45	79	11,42
Reserva Legal Averbada	0,47	76	0,36
Silvicultura	0,37	69	0,26

A partir das informações referentes à área de contribuição, os dados foram submetidos a uma análise de distribuição temporal da chuva

pelo método desenvolvido por Huff (1967). O processo foi iniciado com o cálculo do tempo de concentração, baseando-se no método proposto por Kirpich (1940), conforme a Equação 2:

$$tc = \left(57 * \left(L^3/\Delta h\right)\right)^{0,385} \quad \text{(Eq.2)}$$

Onde: é o tempo de concentração (min), L é o comprimento do talvegue (km) e Δh é o desnível do talvegue (m).

Visando realizar a distribuição temporal das precipitações em quartis, estabeleceu-se um intervalo de duração pluviométrica de 1,65 horas, correspondente ao tempo de concentração da respectiva bacia hidrográfica, o qual foi multiplicado pela intensidade pluvial, conforme delineado pela Equação 1. Para esta finalidade, elegeu-se o quartil inicial do método de distribuição pluviométrica propugnado por Huff (1967).

Após a definição da distribuição temporal, procedeu-se ao cálculo do hietograma unitário, elemento essencial na determinação da vazão máxima de projeto. O hietograma unitário é caracterizado pelas seguintes expressões matemáticas:

$$tl = 0,6 * (tc/60) \quad \text{(Eq.3)}$$

$$tp = (0,5 * tr') + tl \quad \text{(Eq.4)}$$

$$tb = 2,67 * tp \quad \text{(Eq.5)}$$

$$Qu,p = (2,08 * A)/tp \quad \text{(Eq.6)}$$

Onde tl é o tempo de resposta (h), tp é o tempo de pico (h), tr' é o tempo de discretização da chuva, adotado como 0,1h, tb é o tempo base (h) e Qu,p é a Vazão de Pico (Máxima) ($m^3/s.cm$).

Em seguida, esses dados foram empregados na elaboração do hietograma de projeto SCS, conforme as Equações 7 e 8:

$$S = 0,25,4 * ((1000/CN) - 10 \quad \text{(Eq.7)}$$

$$Ia = (0,5 * tr') + tl \quad \text{(Eq.8)}$$

Onde S é Infiltração máxima (mm) e Ia é a infiltração inicial (mm).

Esse procedimento foi repetido para cada cenário de tempo de retorno (TR) predefinido de 25, 50 e 100 anos, a fim de disponibilizar os dados necessários para o modelo hidrológico no software *Hydrologic Modeling System (HEC-HMS)*.

Para a modelagem hidrológica foram incorporados os seguintes dados da área de contribuição no *HEC-HMS*, conforme apresentado na Tabela 5.

Tabela 5 - Dados de entrada para o modelo hidrológico.

Dados	Valores
Área da Bacia	8,99 km
Talvegue	6,26 km
Desnível de Talvegue	344,76 m
Tempo de Retorno (TR)	25, 50 e 100 anos
Duração da Chuva	1,65 horas ou 98,76 min
CN	80,54

Os resultados obtidos nas simulações realizadas com o modelo HEC-HMS ilustraram a evolução gradual do escoamento durante os eventos de chuva com diferentes tempos de retorno. A precipitação foi identificada como um fator crítico, uma vez que indicou a quantidade de água absorvida pelo solo e, consequentemente, afetou o volume de precipitação infiltrada e a quantidade de água que contribuiu para o escoamento superficial.

As simulações indicaram que os picos de descarga ocorreram em aproximadamente 1 hora e 40 minutos para todos os tempos de retorno considerados. Esses resultados estavam alinhados com estudos anteriores, que demonstraram a importância da duração e intensidade das chuvas na geração de escoamento superficial (Smith *et al*., 2018).

A Tabela 6 resumiu os dados das simulações hidrológicas, destacando o pico de descarga, o volume de precipitação, o volume de infiltração e o volume de escoamento direto para cada tempo de

retorno (TR). É relevante notar que os picos de precipitação superaram os critérios de ativação de 30 mm/hora ou 75 mm/24 horas do Plano de Contingência de Proteção e Defesa Civil (PLANCON), estabelecidos para eventos naturais extremos, conforme identificado em estudos anteriores (Ferreira *et al*., 2017).

Tabela 6 - Resultados da simulação hidrológica para os tempos de retorno (TR).

Resultado	TR 25 anos	TR 50 anos	TR 100 anos
Pico de Descarga (m^3/s)	84,5	104,4	128
Volume de Precipitação (mm)	113,02	129,84	149,07
Volume de Infiltração (mm)	50,46	52,64	54,69
Volume de Escoamento Direto (mm)	62,55	77,18	94,36

O pico de descarga é crucial na hidrologia por representar a máxima vazão fluvial durante eventos extremos. Observou-se um aumento significativo nessa métrica à medida que o tempo de retorno (TR) foi aumentando: começando em 84,5 m^3/s para TR de 25 anos, o que representa um incremento de aproximadamente 23,57% até o TR de 50 anos, onde atingiu 104,4 m^3/s. Subsequentemente, houve um aumento de cerca de 22,59% até o TR de 100 anos, alcançando um pico de 128 m^3/s. Este padrão quase linear sugere que eventos mais intensos são esperados em intervalos mais longos, ressaltando a necessidade crítica de dimensionar adequadamente estruturas hidráulicas e planejar a gestão de riscos associados às inundações (ZHOU *et al*., 2021; LI *et al*., 2020; WANG *et al*., 2019).

Em um ponto situado a jusante da área de estudo, no rio Águas Vermelhas, Malheiros (2019) identificou vazões de 147,7 m^3/s e 169 m^3/s para respectivas TRs de 50 e 100 anos. Esses valores mais elevados de vazão de pico corroboram a análise hidrológica apresentada, uma vez que o estudo de Malheiros (2019) abrangeu uma área de contribuição maior, resultando em vazões também maiores do que as observadas nesta análise específica.

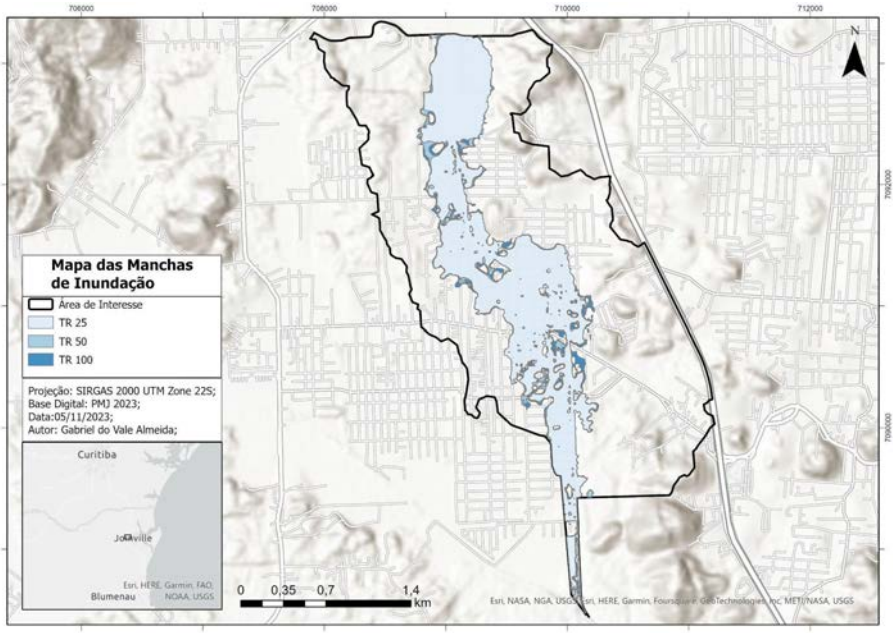
As porcentagens de escoamento direto em relação ao total de precipitação para cada tempo de retorno são de 55,39% para a TR de 25 anos, 59,40% para a TR de 50 anos e 63,34% para a TR de 100 anos. Esses valores mostram que quanto maior o tempo de retorno do evento de chuva, maior a proporção de água que se transforma em escoamento direto, em vez de infiltrar no solo, o que é crítico para entender os processos de escoamento durante eventos extremos.

Os dados apresentados enfatizam a crucial função da infiltração da chuva no solo e a necessidade de implementar estratégias eficazes de gestão de águas pluviais (LI *et al*., 2020). A capacidade do solo em absorver e reter água durante períodos de precipitação intensa desempenha um papel fundamental na mitigação de inundações e na recarga dos aquíferos subterrâneos.

Além disso, esses resultados sublinham a importância de considerar eventos de alta magnitude ao projetar e dimensionar sistemas de drenagem urbana (WANG *et al*., 2019). A infraestrutura de drenagem adequada não apenas facilita o direcionamento seguro da água para galerias de drenagem e rios, mas também reduz os impactos adversos associados a enchentes urbanas.

As manchas de inundação geradas na modelagem hidrodinâmica, visualizadas na Figura 2, representam as áreas suscetíveis a inundações em distintos tempos de retorno na área de interesse. Essas manchas fornecem uma visualização clara das zonas de risco e são cruciais para a análise de vulnerabilidade urbana. Deve ser ressaltado que as manchas e cotas de inundação geradas no presente estudo podem ser utilizadas pela Secretaria de Proteção Civil e Segurança Pública de Joinville (SEPROT) com o intuito de mitigar futuras ocupações, prevenindo a construção em áreas de alto risco e melhorando os planos de evacuação.

Figura 2 - Mapa das manchas de inundação no bairro Vila Nova.



Além disso, destaca-se a importância da modelagem para avaliar os riscos de inundações (ZHANG *et al*., 2020). A modelagem hidrodinâmica permite uma previsão detalhada das áreas que podem ser afetadas durante eventos de precipitação extrema, fornecendo dados essenciais para a tomada de decisões informadas.

Ao incorporar essas informações nos planos de desenvolvimento urbano, é possível reduzir significativamente os danos causados por inundações, proteger a população e garantir um desenvolvimento sustentável. A utilização eficaz dessas modelagens também facilita a alocação de recursos para infraestruturas de drenagem e outras medidas de mitigação, promovendo uma maior resiliência urbana frente às mudanças climáticas e eventos meteorológicos extremos (SMITH, 2018).

Os resultados revelados pela Tabela 7 indicam que as áreas inundáveis representam uma proporção significativa do bairro Vila Nova, variando de 30,68% (TR 25 anos) a 35,64% (TR 100 anos) de

áreas urbanizadas vulneráveis à inundação. Esses achados corroboram estudos anteriores que destacam a vulnerabilidade de áreas urbanas a inundações (LI *et al*., 2018), como a mancha de inundação do SEPROT, que aponta 32,90% de área urbanizada vulnerável.

Tabela 7 – Área das manchas de inundação e impacto no bairro Vila Nova.

Simulação (anos)	Área total (ha)	Área urbanizada vulnerável (%)
TR 25 anos	166,22	30,68
TR 50 anos	178,24	33,01
TR 100 anos	189,78	35,64
SEPROT	183,81	32,90

As áreas inundáveis representam um risco significativo para 2.339 edificações na área de interesse, correspondendo a 42,4% de todas as edificações, e impactando 1.621 lotes. Essas áreas, predominantemente residenciais, estão sujeitas a perdas e danos materiais substanciais. Isso ressalta a importância de estratégias de adaptação e medidas de gerenciamento de riscos em áreas urbanas vulneráveis (WU *et al*., 2021).

Além das áreas urbanizadas inundáveis, as vias de trânsito também podem ser grandemente impactadas, afetando a mobilidade dos bairros na região oeste de Joinville. Isto inclui a principal via de acesso de entrada e saída do bairro Vila Nova, a rua Quinze de Novembro, que dá acesso ao terminal Vila Nova e à Rodovia BR-101. A interrupção dessas vias pode comprometer seriamente a resposta a emergências e a evacuação.

A infraestrutura pública na área de interesse também está suscetível a inundações, incluindo oito equipamentos públicos, como o prédio da Subprefeitura do Vila Nova. As inundações podem resultar em perdas significativas e gastos elevados com o patrimônio público. Isso destaca a necessidade de estratégias de mitigação, como o aprimoramento da infraestrutura de drenagem e a implementação de planos de contingência para lidar com eventos extremos (WANG *et al*., 2021).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As análises hidrológicas e hidrodinâmicas realizadas neste estudo demonstram a significativa vulnerabilidade do bairro Vila Nova às inundações, especialmente em eventos de alta magnitude. Os dados revelam que uma grande parte das edificações e lotes, predominantemente residenciais, estão sujeitos a perdas e danos materiais substanciais, evidenciando a importância de estratégias robustas de adaptação e gerenciamento de riscos. A aplicação de modelos hidrodinâmicos e a visualização de manchas de inundação fornecem informações cruciais para a Secretaria de Proteção Civil e Segurança Pública de Joinville (SEPROT), permitindo a mitigação de futuras ocupações em áreas de risco e contribuindo para um planejamento urbano mais seguro e resiliente.

Além das áreas residenciais, a infraestrutura viária do bairro também está vulnerável, com a possibilidade de interrupções em vias cruciais. A interrupção dessas vias pode afetar gravemente a mobilidade e a resposta a emergências, sublinhando a necessidade de melhorar a infraestrutura de drenagem e desenvolver planos de contingência eficazes. A proteção das vias de trânsito é fundamental para assegurar a conectividade e a segurança dos moradores, especialmente durante eventos extremos de precipitação.

Por fim, a susceptibilidade da infraestrutura pública, reforça a necessidade urgente de medidas de mitigação. As inundações podem gerar perdas significativas e elevados custos de recuperação para o patrimônio público. Assim, é imperativo implementar melhorias na infraestrutura de drenagem e adotar estratégias de gerenciamento de risco que sejam integradas e abrangentes. Essas ações não apenas reduzirão os impactos das inundações, mas também promoverão uma gestão mais eficiente dos recursos urbanos e a segurança da população, em consonância com as melhores práticas internacionais de adaptação às mudanças climáticas e gerenciamento de desastres.

REFERÊNCIAS

ANA. **Produção de base vetorial com o Curve Number (CN) para BHO 2014 (BHO_CN)**. Nota Técnica n° 46/2018/SPR. 2018. Disponível em: https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/d1c36d85-a9d5-4f6a-85f7-71c2dc801a67/attachments/NOTA_TECNICA_46_2018_SPR.pdf. Acesso em: 01 jun. 2024.

ATLAS DIGITAL DE DESASTRES NO BRASIL. **Mapa interativo**. 2021. Escala indeterminada. Disponível em: http://atlasdigital.mdr.gov.br/paginas/mapa-interativo.xhtml. Acesso em: 01 jun. 2024.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Lei n.º 12.608, de 10 de abril de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - CONPDEC**. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12608.htm. Acesso em: 01 jun. 2024.

CANHOLI, Aluísio Pardo. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. In: CANHOLI, Aluísio Pardo. **Estudos hidrológicos**. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2014. cap. 3, p. 88-91.

CPRM. **Atlas pluviométrico do Brasil; equações intensidade-duração-frequência (desagregação de precipitações diárias). Município: Joinville, estação pluviográfica: Primeiro Salto do Cubatão código 02649060 e estação pluviométrica: Joinville (RVPSC) código 02648014**. Adriana B. Weschenfelder; Karine Pickbrenner; Eber José de Andrade Pinto. Porto Alegre: CPRM, 2014.

ENGECORPS; HIDROSTUDIO; BRLi. **Plano diretor de drenagem urbana da Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira**. 951-PMJ-ODC-RT-P010. Revisão 1. Estado de Santa Catarina. Joinville, 2011.

FARIAS, Ariadne Sílvia de. **Inundações urbanas em Francisco Beltrão/PR: riscos e vulnerabilidades socioambientais**. 2019. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento, Curitiba, 2019.

FERREIRA, A. B., *et al*. **Impact of extreme rainfall events on urban flooding**. *Water Resources Research*, v. 53, n. 10, p. 8654-8671, 2018.

HUFF, F. A. **Time distribution of rainfall in heavy storms**. *Water Resources Research*, v. 3, n. 4, p. 1007-1019, 1967.

JOINVILLE. **Declaração SEI nº 0015112052/2022 - SEPROT.UPC**. Sistema Eletrônico de Informações (SEI), Joinville, SC, 29 nov. 2022. Disponível em: https://www.joinville.sc.gov.br/wp-content/uploads/2022/11/Declaracao-SEI-no-00151120522022-SEPROT-.UPC_.pdf. Acesso em: 01 jun. 2024.

JOINVILLE. Secretaria de Planejamento Urbano e Desenvolvimento Sustentável. **Downloads sistemas de informação georreferenciadas (SIMGEO)**. Joinville, 2023. Disponível em: https://www.joinville.sc.gov.br/publicacoes/downloads-sistema-de-informacoes-municipais-georreferenciadas-simgeo/. Acesso em: 01 jun. 2024.

JOINVILLE. Secretaria de Planejamento Urbano e Desenvolvimento Sustentável. **Joinville Bairro a Bairro**. Joinville: Prefeitura Municipal, 2017. 188 p. Disponível em: https://www.joinville.sc.gov.br/wp-content/uploads/2017/01/Joinville-Bairro-a-Bairro-2017.pdf. Acesso em: 01 jun. 2024.

JOINVILLE. Secretaria de Planejamento Urbano e Desenvolvimento Sustentável. **Joinville cidade em dados 2022 - ambiente natural**. Disponível em: https://www.joinville.sc.gov.br/wp-content/uploads/2022/09/Joinville-Cidade-em-Dados-2022-Ambiente-Natural.pdf. Acesso em: 01 jun. 2024.

JOINVILLE. Secretaria de Planejamento Urbano e Desenvolvimento Sustentável. **Produção agropecuária na área rural de Joinville**. Joinville, 2022.

JOINVILLE. Secretaria de Planejamento, Orçamento e Gestão. **Cobertura pedológica da Bacia Hidrográfica do Rio Piraí**. 2012. 1 mapa, color. Escala indeterminada.

JOINVILLE. Secretaria de Proteção Civil e Segurança Pública. **Plano de contingência de proteção e defesa civil, Parte C - Plano de ação**. 2017. Disponível em: https://www.joinville.sc.gov.br/wp-content/uploads/2017/12/Plano-de-Conting%C3%AAncia-de-Prote%C3%A7%C3%A3o-e-Defesa-Civil-Parte-C-Plano-de-A%C3%A7%C3%A3o-dez2017.pdf. Acesso em: 01 jun. 2024.

KIRPICH, T. P. **Time of concentration of small agricultural watersheds**. *Journal of Civil Engineering*, v. 10, n. 6, p. 362, 1940.

LI, C. *et al*. **Vulnerability assessment of urban flooding based on entropy-weighted fuzzy evaluation: A case study in Guangzhou, China**. *Water*, v. 10, n. 9, p. 1209, 2018.

LI, Y. *et al*. **Comparative study on urban flood risk mapping of different rainfall return periods: A case study in Guangzhou, China**. *Water*, v. 11, n. 5, p. 1040, 2018.

LI, X. *et al*. **Urban flood risk assessment: A multidimensional evaluation of flood risk in Beijing, China**. *Water*, v. 12, n. 1, p. 228, 2020.

MALHEIROS, *et al*. **Mapeamento das áreas de inundação de uma área urbana na Bacia Hidrográfica do Rio Águas Vermelhas com ênfase no sistema viário local**. In: **II Encontro Nacional de Desastres**, 2019. Disponível em: https://files.abrhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/133/II-END0061-1-20201014-170301.pdf. Acesso em: 01 jun. 2024.

RIBEIRO, Murilo Damian. **Risco de inundações e seus impactos no valor de mercado de imóveis na bacia do Rio Tubarão/SC**. 2022. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial, Florianópolis, 2022.

SARTORI, Anderson. **Avaliação da classificação hidrológica do solo para determinação do excesso de chuva do método de serviço de conservação do solo dos Estados Unidos**. 2004. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas, 2004.

SILVEIRA, *et al*. **Relação entre casos de hepatite A e áreas de inundações, município de Encantado, Rio Grande do Sul, Brasil**. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 26, n. 2, 2021. ISSN 1678-4561. Disponível em: https://www.scielo.br/j/csc/a/xdzWPPfqnLbtpg8KzkkHgtF/?lang=pt. Acesso em: 01 jun. 2024.

SMITH, J. R. *et al*. **Modelagem hidrológica e hidrodinâmica para avaliação de riscos de inundações urbanas**. *Revista de Engenharia Ambiental*, v. 30, n. 2, p. 123-136, 2023.

SMITH, J. R. *et al*. **Urban flooding: An increasing risk**. *Environmental Science & Technology*, v. 52, n. 17, p. 9639-9640, 2018.

TUCCI, Carlos E. M. **Águas urbanas**. *Estudos Avançados*, v. 22, n. 63, 2008. ISSN 1806-9592. Disponível em: https://www.scielo.br/j/ea/a/ZHRNd9P9LpjTRmDk8xHJmVh/?lang=pt. Acesso em: 01 jun. 2024.

TUCCI, Carlos E. M. **Desastres naturais provocados por eventos hidrológicos no Brasil**. In: *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 2012. Disponível em: https://www.abrhidro.org.br/abrhidro/BR.pdf. Acesso em: 01 jun. 2024.

TUCCI, Carlos E. M. **Gestão de inundações: a cidade é a culpada?**. *Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 19, n. 1, p. 1-8, 2014.

TUCCI, Carlos E. M. **Gestão de enchentes**. *Revista de Engenharia Ambiental*, v. 26, n. 1, p. 8-19, 2022.

TUCCI, Carlos E. M.; BERGER, W. L. **Eventos de precipitação em áreas urbanas**. In: TUCCI, Carlos E. M. (org.). *Gestão de águas urbanas*. 4. ed. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2008. p. 25-35.

ZAVASCHI, Ermelinda Aparecida. **Vulnerabilidade socioambiental aos riscos de inundações: estudo de caso em áreas urbanas do Brasil e Portugal**. 2018. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento, Curitiba, 2018.

CAPÍTULO

7

QUALIDADE AMBIENTAL E SAÚDE

POTENCIAL DE APROVEITAMENTO DOS RESÍDUOS DA INDÚSTRIA DE CERVEJA COMO FORMA DE DIMINUIÇÃO DO IMPACTO AMBIENTAL

Sebastian M. Strauch[1]
Victoria Fonseca Silveira[2]
Monique Fröhlich[3]
Jamile Rosa Rampinelli[4]
Gilmar S. Erzinger[5]

[1] Biólogo, Prof. Dr., Programa de Pós-Graduação em Saúde e Meio Ambiente (PPG-SMA), Universidade da Região de Joinville - UNIVILLE, http://lattes.cnpq.br/6701817447139903

[2] Biólogo, doutoranda, MSc, PPG-SMA, UNIVILLE, http://lattes.cnpq.br/3493151145969060

[3] Farmacêutica e doutoranda, MSc, PPG-SMA, UNIVILLE, http://lattes.cnpq.br/4373213731484891

[4] Química Industrial, Prof. Dr., PPG-SMA, UNIVILLE, http://lattes.cnpq.br/1002816189058375

[5] Farmacêutico, Prof. Dr., PPG-SMA, UNIVILLE, http://lattes.cnpq.br/4595600888334320

INTRODUÇÃO

O consumo mundial de cerveja é estimado a cerca de 180 bilhões de litros por ano, com os Estados Unidos, China e Brasil como líderes na produção mundial (MEIER, 7/2024). Com alto consumo temos, consequentemente, alta geração de resíduos: baseado nesse valor, 25 - 36 milhões de toneladas de bagaço, 2.7 – 5.4 milhões de toneladas de levedura e 360 – 720 mil toneladas de resíduos de lúpulo precisam tratamento (TSCHOEKE *et al*., 2023; MATHIAS *et al*., 2014b).

A biomassa residual da produção de cerveja precisa tratamento apropriado, sendo que o descarte descuidado causa um impacto negativo ao meio ambiente. Por outro lado, essa biomassa pode virar matéria-prima para outras indústrias e gerar lucro, além de reduzir os resíduos a serem tratados, impulsionando sustentabilidade econômica e ambiental (VARGAS *et al*., 2024; QAZANFARZADEH *et al*., 2023). O aproveitamento dos subprodutos da indústria cervejeira contribui para uma gestão eficaz por geração de valor agregado e redução dos impactos negativos no meio ambiente. Um impacto ambiental grave é a alta demanda de oxigênio no esgoto que recebe o trub quente e frio, resíduos que frequentemente são descartados dessa forma. Por causa da humidade, incineração dos resíduos não se apresenta adequado; quando não se encontra outra forma de uso, os resíduos são depositados em aterros sanitários, frequentemente. Esse capítulo dá uma vista geral de aplicações dos resíduos sólidos da produção de cerveja.

PROCESSO DE PRODUÇÃO DE CERVEJA E SEUS RESÍDUOS

O processo da produção de cerveja (Figura 1); e começa com a trituração do malte (o qual hoje normalmente é produzido por maltarias e por isso não considerado nesse capítulo); moído grosso, as cascas dos grãos servem como um filtro mais tarde no processo. A farinha grossa será misturada com água, e a temperatura desse mosto será aumentada em etapas. No primeiro nível, cerca de 52ºC, acontece a desnaturação e

coagulação de proteínas indesejadas; a temperatura será mantida estável por aproximadamente 20 min.

Ao chegar nos próximos níveis (cerca das 65 e 75º C), as temperaturas devem ser mantidas por aproximadamente 45 min cada vez. As enzimas produzidas durante a maltagem trabalham de forma ótima e cortam os polissacarídeos em oligossacarídeos, depois ainda menor. Finalmente, maltose, um dissacarídeo facilmente fermentável, será obtida, deixando o mosto, um líquido doce. A cerveja então será filtrada em seguida, removendo o mosto por baixo do recipiente, utilizando as cascas dos grãos como filtro, a "torta filtrante" (ALIYU E BALA, 2011; LIMA, 2010). Os restos sólidos, o bagaço, constituem o resíduo sólido de quantidade maior do processo, chegando em cerca de 85% do resíduo total (LIMA, 2010).

Depois, a concentração de açúcar no mosto pode ser ajustada ou por adição de água ou evaporação do excedente. A temperatura será aumentada ao ponto de ebulição, e o lúpulo adicionado, normalmente em duas etapas (80% no início, 20% no final). Seguem a brassagem e a extração do lúpulo, fervendo a mistura por até duas horas. As proteínas coagulam e precisam ser removidas, e o líquido então será esterilizado.

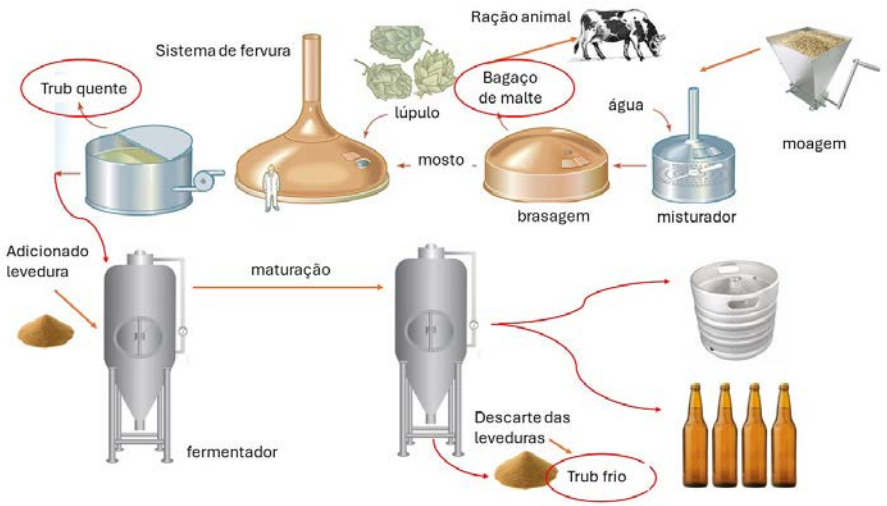
Após a fervura, o líquido será mexido para induzir um movimento circular que deixaram as proteínas coaguladas e o lúpulo sedimentando num cone no fundo do recipiente, processo chamado *whirlpool*. Neste sedimento, será obtido o resíduo chamado *hot trub* ou trub quente (do alemão *trüb*, turvo). O mosto será removido cuidadosamente para não suspender novamente o trub quente.

Em seguida, o mosto será resfriado para cerca de 20ºC e mexido para aeração. Depois, a levedura será adicionada como uma cepa pura. Existem dois grupos principais: leveduras de alta e de baixa fermentação. Leveduras de alta fermentação trabalham entre 15 e 25ºC por 2-3 dias. De forma filamentosa, elas capturam as moléculas de CO_2 liberados pela fermentação e floculam na superfície do líquido (por isso o nome). Leveduras da baixa fermentação preferem temperaturas baixas (4-10ºC) e a fermentação completa demora cerca de uma semana. Como eles não formam filamentos, as células sedimentam para o fundo do recipiente.

Cada tipo de cerveja precisa do tipo certo de levedura: *Weissbier* e *ale* são resultados de alta fermentação, *Lager*, *Märzen* ou *Pils* de baixa fermentação. O metabolismo das duas é o mesmo: elas transformam a maltose em álcool etílico e CO_2 por fermentação alcoólica.

Após fermentação completa, a levedura deve ser removida, formando o *cold trub* ou *trub frio*, resíduo terceiro da produção de cerveja. Em seguida, a cerveja matura, de semanas a meses em tanques grandes, processo importante para o desenvolvimento do sabor final. Opcionalmente, a cerveja será filtrada e depois envasilhada e pronta para comércio.

Figura 1 - Processo geral da produção de cerveja e seus principais resíduos, bagaço, trub quente e trub frio.



Fonte: autores.

Por causa da grande variedade de cervejas (PAPAZIAN, 2006; BREWERS ASSOCIATION, 2023), há muita variação no processo, tanto nos ingredientes (qual cereal, qual levedura, outros microrganismos fermentadores, aditivos como sucos, mel, açucares, especiarias *etc.*) quanto no processo em si(temperaturas, durações, adição de ingredientes etc. (EATON, 2006). Especialmente a popularidade do movimento do *craft beer* introduziu bastante inovação nos anos recentes (VILLACRECES *et al.*, 2022).

APLICAÇÕES DO BAGAÇO

Na produção de cerveja, a cada 100 kg de grãos processados são gerados 125 a 130 kg de bagaço com aproximadamente 80-85% de umidade, correspondendo a 14 a 20 kg/100 L de cerveja produzida.

O bagaço é composto de até 70% de fibras, 15 – 26.2 % de proteína, 3.9 – 10% de lipídios e 2.5 - 4,5 % de cinzas, em relação a massa seca (MATHIAS *et al*., 2014b). A alta umidade junto com os nutrientes restantes aceleram o crescimento de microrganismos como fungos e bactérias, diminuindo as propriedades do bagaço. Por isso, reutilização rápida ou secagem se faz necessária para aproveitar o material (CASTRO-CRIADO *et al*., 2023).

O bagaço pode ser utilizado sem processamento como aditivo na ração de animais (HUIGE, 2006). O bagaço seco mostrou bons resultados em vacas leiteiras (FACCENDA *et al*., 2017), e não tinha diferença comparado com bagaço húmido (DHIMAN *et al*., 2003). Um estudo na Grécia mostrou que bagaço húmido melhorou a qualidade da leite significativamente em clima quente e seco (BELIBASAKIS E TSIRGOGIANNI, 1996). Um estudo em clima quente e húmido não achou diferenças em rendimento de leite entre vacas que receberam bagaço húmido comparado com o grupo controle; porém, adição de trub frio ao bagaço aumentou a produção de leite (WEST *et al*., 1994). Um estudo na Índia mostrou que lebres que receberam 10 ou 20% bagaço adicionado à ração cresceram melhor comparado ao grupo controle. Bagaço seco aumentou o resultado comparado com o bagaço autoclavado (LALHRIATPUII E PATRA, 2022).

Kaur e Saxena (2004), em estudo realizado na Índia, substituíram farelo de arroz com bagaço seco numa preparação de ração para três espécies de carpas. Duas espécies mostraram melhor crescimento com 75% de substituição, enquanto a terceira sofreu pior crescimento comparado ao grupo controle. Aumentando a complexidade do processamento, outros pesquisadores desenvolveram uma técnica de hidrólise de bagaço e leveduras para desenvolvimento de uma ração para douradas, peixes carnívoros de alto valor (SAN MARTIN *et al*., 2020). As análises demostraram que a hidrólise das proteínas, e a boa digestibilidade

da preparação dos resíduos processados, substituíram 50% da farinha de peixe. O mesmo grupo investigou o potencial dessa tecnologia na preparação de ração para trutas e douradas (NAZZARO *et al*., 2021). Os resultados confirmaram a possibilidade de substituir proteína vegetal (por exemplo de soja) ou proteína de peixes normalmente comercialmente irrelevantes com resíduos cervejeiros, deixando a aquacultura desses peixes de alto valor mais sustentável.

Tradicionalmente, o bagaço foi adicionado a massa de pão desde tempos remotos; o açúcar restante facilita um bom crescimento da massa e as fibras aumentam a sensação de saciedade. Estudos investigaram o efeito da adição de bagaço em diversas massas (veja LYNCH *et al*., 2016; RACHWAŁ *et al*., 2020), encontrando resultados favoráveis ao sabor, digestibilidade e validade, dependendo da quantidade adicionada (AMORIELLO *et al*., 2020b). Adição de enzimas ou fermentação natural da massa aumenta a qualidade do produto final (KTENIOUDAKI *et al*., 2015; NEYLON *et al*., 2021). Componentes valiosos podem ser extraídos e usados como aditivos na preparação de vários alimentos para aumentar a qualidade nutricional, por exemplo proteínas (RODRIGUEZ *et al*., 2023) ou antioxidantes (SPINELLI *et al*., 2016)

O bagaço pode ser utilizado para melhorar a qualidade do solo, às vezes misturado junto com os trubs (KERBY E VRIESEKOOP, 2017). Ele pode servir como substrato de fermentação pelo fungo *Beauveria bassiana* para obter uma solução fertilizadora com propriedades pesticidas, que promove crescimento de raiz de soja e mostra eficácia contra larvas do organismo-modelo traça-de-cera (QIU *et al*., 2019).

Biochar, ou biocarbono, feito de bagaço mostrou um efeito positivo no crescimento de lúpulo (AMORIELLO *et al*., 2020a). Carvão ativado feito por bagaço mostrou boa sorção de metais pesados e pode ser utilizado para a remoção deles de esgotos industriais (veja JACKOWSKI *et al*., 2020).

Por biofermentadores, o bagaço pode servir como substrato para produção de biogás (TSCHOEKE *et al*., 2023; KERBY E VRIESEKOOP, 2017). Nessa aplicação, a humidade do material não importa, facilitando o

uso sem tratamento. Considerando a demanda de energia térmica numa fábrica de cerveja, essa aplicação parece especialmente interessante para instalação local.

Bagaço também pode ser utilizado como aditivo em matérias de construção e melhorar a isolação térmica do material sem prejudicar a estabilidade (FERRAZ *et al*., 2013).

APLICAÇÕES DO TRUB QUENTE

Segundo BRIGGS *et al*.(2004), cada hectolitro de cerveja produzido gera 0,2 e 0,4 kg de resíduo húmido (80% a 90% de umidade), o que significa que apenas três países (Brasil, China e Estados Unidos) apresentam média entre 25.000 e 50.000 toneladas de resíduo de lúpulo descartadas (ERZINGER *et al*., 2020; BRIGGS *et al*., 2004).

A composição média do trub é bastante variável (MATHIAS *et al*., 2014a). Em geral, em termos percentuais, ele contém proteínas (50% a 70%), lúpulo, substâncias amargas não isomerizadas (10% a 20%), polifenóis (5% e 10%), carboidratos (4% a 8%) que incluem pectina, glucanos e amido, minerais (3% a 5%) e ácidos graxos (1% a 2%).

O trub quente, um resíduo rico em proteínas e polifenóis, ganhou atenção por seus potenciais de aplicação e caracterização. Estudos exploraram métodos para extrair compostos valiosos como ácidos amargos e xanthohumol, com concentração de etanol e pH sendo fatores significativos (Silva *et al*., 2024). As propriedades reológicas do trub quente foram investigadas, mostrando a importância da viscosidade no processamento (STACHNIK *et al*., 2021). A pesquisa se concentrou na composição do trub quente, incluindo aminoácidos, compostos de glicação e distribuição do tamanho das partículas (BÖHM *et al*., 2023; KÜHBECK *et al*., 2007).

Vários métodos de remoção para trub quente foram estudados, incluindo técnicas tradicionais e novas abordagens como microfiltração de fluxo cruzado (VARGA E MÁRKI, 2019). O impacto do trub quente na fermentação e na qualidade da cerveja também foi examinado (KÜHBECK *et al*., 2006; MATHIAS *et al*., 2014a). O trub quente mostrou potencial como um ingrediente funcional para nutrição humana devido

ao seu conteúdo de proteína e propriedades antioxidantes (SANTOS E MARTINS, 2024).

Sabendo-se que a composição do trub possui uma alta carga residual de lúpulo, o principal potencial do reuso está relacionado ao potencial de atividade antimicrobiano. O lúpulo (*Humulus lupulus*) exibe propriedades antimicrobianas significativas, particularmente contra bactérias Gram-positivas (SIRAGUSA *et al*., 2008). Seus compostos ativos, incluindo α-ácidos, β-ácidos e xanthohumol, demonstram efeitos bacteriostáticos e podem potencialmente substituir antibióticos convencionais em processos de fermentação e agricultura animal (CAETANO E MADALENO, 2011; SIRAGUSA *et al*., 2008).

Embora os extratos de lúpulo mostrem atividade limitada contra bactérias Gram-negativas, eles possuem propriedades antifúngicas, antiprotozoárias e antivirais (BOCQUET *et al*., 2018; SRINIVASAN *et al*., 2004). A ação antimicrobiana do lúpulo é atribuída aos seus compostos fenólicos, que também apresentam efeitos antioxidantes e anti-inflamatórios (ARAÚJO *et al*., 2020). No geral, as diversas atividades antimicrobianas do lúpulo o tornam um candidato promissor para aplicações nas indústrias farmacêutica, cosmética e alimentícia (BOCQUET *et al*., 2018).

APLICAÇÕES DO TRUB FRIO

A levedura, adicionada no início da fermentação, multiplica-se várias vezes durante o processo de fermentação, com ênfases nas primeiras horas, e produzem uma quantidade excedente de biomassa de aproximadamente 1,5 a 3 kg/100 L de cerveja (MATHIAS *et al*., 2014b).

A composição química dos resíduos de cervejaria varia dependendo do tipo e qualidade dos ingredientes utilizados e das condições prevalecentes durante cada etapa do processo de fabricação. O Trub frio apresenta alto valor nutricional, contém alto teor de proteína bruta (cerca de 45 – 50 %, massa seca) com um perfil de aminoácidos

equilibrado, além compostos fenólicos, carboidratos, fibras, vitaminas, principalmente do grupo B (B1, B2, B3, B6 e B8), minerais, alto teor de umidade (74% a 86%), cinzas (na faixa de 2% a 8,5%) e teor de matéria seca (entre 10-16%) (MATHIAS *et al*., 2015). Após descarte no esgoto, trub frio aumenta a demanda química e a demanda biológica de oxigénio extremamente por causa do valor nutricional (SHAHAT, 2018).

Por causa da sua composição proteica de alto valor, o trub frio está usado como suplemento alimentar em dietas para animais: a aquicultura pode se aproveitar dele para substituição de 50% de farinha de peixe ou de soja como fonte de aminoácidos, e os polímeros da parede celular da levedura, entre eles beta-glucanos, quitinas e manoproteínas, estimulam potencialmente o sistema imunológico, aumentando assim a resistência a doenças em peixes cultivados (NAZZARO *et al*., 2021; FERREIRA *et al*., 2010; OLIVA-TELES E GONÇALVES, 2001). Na Europa com a sua longa tradição cervejeira e alta densidade de cervejarias pequenas, os resíduos cervejeiros estão aprovados como ração em fazendas locais (por exemplo na Inglaterra (KERBY E VRIESEKOOP, 2017)).

O trub frio é usado na alimentação humana para fabricação de carnes vegetais, massas, pães, barras de cereais, confeitaria e bebidas (PODPORA *et al*., 2016; RAKOWSKA *et al*., 2017; GIBSON E DWIVEDI, 1970). Apesar de perecível devido à alta umidade, pode ser valorizado na forma de extratos, que mantém suas propriedades funcionais e seu valor nutritivo. Estes atuam como ativadores de fermentação na indústria vinícola, ou como intensificadores de sabor, graças ao alto teor de ácido glutâmico livre, resultante da hidrólise proteica.

Assim, essa característica permite a substituição de glutamatos adicionados em alimentos processados (PODPORA *et al*., 2016). Além disso, concentrados proteicos de levedura, encontram aplicações como temperos, estabilizantes e espessantes em diversas formulações alimentícias (FERREIRA *et al*., 2010; CHISELIȚA *et al*., 2022). O processamento enzimático da biomassa permite a obtenção de extratos de levedura, ampliando suas aplicações como aditivos alimentares e fonte econômica de proteína (ŁUKASZEWICZ *et al*., 2024).

Uma forma simples de aproveitar o trub frio é o uso como fertilizador para plantações, como além dos nutrientes contidos, ele aumenta a porosidade do solo, melhora a taxa de germinação, inibe a proliferação de fitopatógenos, e aumenta a disponibilidade de minerais (KERBY E VRIESEKOOP, 2017; VARGAS *et al*., 2024).

Estudos investigaram o uso de leveduras do trub frio como matriz de sorção para metais pesados como chumbo (PARVATHI *et al*., 2007) e urânio (OMAR *et al*., 1996) e obtiveram resultados promissores.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mesmo existindo várias utilizações viáveis para resíduos da produção de cerveja, o maior impedimento para seu uso é o custo do transporte, especialmente na forma úmida. A secagem poderia diminuir esse custo, estender a validade e preservar as propriedades úteis, mas a necessidade de energia e aumento de custo são barreiras. O estabelecimento de cadeias de valorização locais pode contornar essas dificuldades. A disponibilidade de métodos de secagem alternativos e economicamente sustentáveis facilitaria a utilização dos resíduos cervejeiros. Do ponto de vista ambiental, a eliminação de resíduos industriais representa uma solução para os problemas de poluição ambiental.

REFERÉNCIAS

ALIYU, Salihu; BALA, Muntari. Brewer's spent grain: A review of its potentials and applications. **African Journal of Biotechnology**, v. 10, n. 3, p. 324–331, 2011.

AMORIELLO, Tiziana; FIORENTINO, Simona; VECCHIARELLI, Valerio; PAGANO, Mauro. Evaluation of Spent Grain Biochar Impact on Hop (Humulus lupulus L.) Growth by Multivariate Image Analysis. **Applied Sciences**, v. 10, n. 2, p. 533, 2020a.

AMORIELLO, Tiziana; MELLARA, Francesco; GALLI, Vincenzo; AMORIELLO, Monica; CICCORITTI, Roberto. Technological Properties and Consumer Acceptability of Bakery Products Enriched with Brewers' Spent Grains. **Foods (Basel, Switzerland)**, v. 9, n. 10, 2020b.

ARAÚJO, Luana Cristina Souza; DA SILVA BARBOSA, Sabrina; GUERREIRO, Daiane; FARIAS, Jéssica Pires. Importância Economica e Medicinal de Humulus Lupulus: Uma Revisão. **HÍGIA-REVISTA DE CIÊNCIAS DA SAÚDE E SOCIAIS APLICADAS DO OESTE BAIANO**, v. 5, n. 1, 2020.

BELIBASAKIS, N. G.; TSIRGOGIANNI, D. Effects of wet brewer's grains on milk yield, milk composition and blood components of dairy cows in hot weather. **Animal Feed Science and Technology**, v. 57, n. 3, p. 175–181, 1996.

BOCQUET, Laetitia; SAHPAZ, Sevser; RIVIÈRE, Céline. An Overview of the Antimicrobial Properties of Hop. **Natural Antimicrobial Agents**, v. 19, p. 31–54, 2018.

BÖHM, Wendelin; STEGMANN, Robin; GULBIS, Ojars; HENLE, Thomas. Amino acids and glycation compounds in hot trub formed during wort boiling. **European Food Research and Technology**, v. 249, n. 1, p. 119–131, 2023.

BREWERS ASSOCIATION. **2023 Beer Style Guidelines**, 2023. Disponível em: <https://cdn.brewersassociation.org/wp-content/uploads/2023/07/10124402/2023_BA_Beer_Style_Guidelines-updated.pdf>.

BRIGGS, D. E.; BOULTON, C. A.; BROOKES, P. A.; STEVENS, R. (Ed.). **Brewing:** Science and practice. Boca Raton/Cambridge: CRC Press/Woodhead Publishing, 2004. 881 p.

CAETANO, Alessandra Carolina Gonçalves; MADALENO, Leonardo Lucas. Controle de Contaminantes Bacterianos na Fermentação Alcoólica com a Aplicação de Biocidas Naturais. **Ciência & Tecnologia**, v. 2, n. 1, p. 27–37, 2011. Disponível em: <https://publicacoes.fatecjaboticabal.edu.br/citec/article/view/63>.

CASTRO-CRIADO, Daniel; ABDULLAH, Johar Amin Ahmed; ROMERO, Alberto; JIMÉNEZ-ROSADO, Mercedes. Stabilization and Valorization of Beer Bagasse to Obtain Bioplastics. **Polymers**, v. 15, n. 8, 2023.

CHISELIŢA, Natalia; CHISELIŢA, Oleg; BEŞLIU, Alina; EFREMOVA, Nadejda; TOFAN, Elena; SPRINCEAN, Ana; DANILIŞ, Marina; ROTARI, Doina; ROTARU, Ana. Biochemical Composition and Antioxidant Activity of Different Preparations from Microbial Waste of the Beer Industry. **Acta Universitatis Cibiniensis. Series E: Food Technology**, v. 26, n. 1, p. 139–146, 2022.

DHIMAN, T. R.; BINGHAM, H. R.; RADLOFF, H. D. Production response of lactating cows fed dried versus wet brewers' grain in diets with similar dry matter content. **Journal of dairy science**, v. 86, n. 9, p. 2914–2921, 2003.

EATON, Brian. An Overview of Brewing. In: PRIEST, F. G.; STEWART, G. G. (Org.). **Handbook of Brewing:** CRC Press, 2006.

ERZINGER, Gilmar Sidnei; LOPES, Pamela Caroline; DEL CIAMPO, Lineu Fernando; ZIMATH, Sofia Cieslak; VICENTE, Daiane; MARTINS DE ALBUQUERQUE, Fernando; PRATES, Rodolfo Coelho. Bioactive compounds of hops resulting from the discarding of the beer industry in the control of pathogenic bacteria. In: SINHA, R. P.; HÄDER, D.-P. (Org.). **Natural bioactive compounds:** Technological advancements, Amsterdam: Academic Press, 2020. 1 volume.

FACCENDA, Andressa; ZAMBOM, Maximiliane Alavarse; CASTAGNARA, Deise Dalazen; AVILA, André Sanches de; FERNANDES, Tatiane; ECKSTEIN, Everline Inês; ANSCHAU, Fernando Andre; SCHNEIDER, Cibele Regina. Use of dried brewers' grains instead of soybean meal to feed lactating cows. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 46, n. 1, p. 39–46, 2017.

FERRAZ, Eduardo; COROADO, João; GAMELAS, José; SILVA, Joaquim; ROCHA, Fernando; VELOSA, Ana. Spent Brewery Grains for Improvement of Thermal Insulation of Ceramic Bricks. **Journal of Materials in Civil Engineering**, v. 25, n. 11, p. 1638–1646, 2013.

FERREIRA, I.M.P.L.V.O.; PINHO, O.; VIEIRA, E.; TAVARELA, J. G. Brewer's Saccharomyces yeast biomass: characteristics and potential applications. **Trends in Food Science & Technology**, v. 21, n. 2, p. 77–84, 2010.

GIBSON, D. L.; DWIVEDI, B. K. Production of Meat Substitutes from Spent Brewers' Yeast and Soy Protein. **Canadian Institute of Food Technology Journal**, v. 3, n. 3, p. 113–115, 1970.

HUIGE, N. J. Brewery By-Products and Effluents. In: PRIEST, F. G.; STEWART, G. G. (Org.). **Handbook of Brewing:** CRC Press, 2006.

JACKOWSKI, Mateusz; NIEDŹWIECKI, Łukasz; JAGIEŁŁO, Kacper; UCHAŃSKA, Oliwia; TRUSEK, Anna. Brewer's Spent Grains-Valuable Beer Industry By-Product. **Biomolecules**, v. 10, n. 12, 2020.

KAUR, V. I.; SAXENA, P. K. Incorporation of brewery waste in supplementary feed and its impact on growth in some carps. **Bioresource technology**, v. 91, n. 1, p. 101–104, 2004.

KERBY, Clare; VRIESEKOOP, Frank. An Overview of the Utilisation of Brewery By-Products as Generated by British Craft Breweries. **Beverages**, v. 3, n. 2, p. 24, 2017.

KTENIOUDAKI, Anastasia; ALVAREZ-JUBETE, Laura; SMYTH, Thomas J.; KILCAWLEY, Kieran; RAI, Dilip K.; GALLAGHER, Eimear. Application of bioprocessing techniques (sourdough fermentation and technological aids) for brewer's spent grain breads. **Food Research International**, v. 73, p. 107–116, 2015.

KÜHBECK, F.; BACK, W.; KROTTENTHALER, M.; KURZ, T. Particle size distribution in wort during large scale brewhouse operations. **AIChE Journal**, v. 53, n. 5, p. 1373–1388, 2007.

KÜHBECK, Florian; BACK, Werner; KROTTENTHALER, Martin. Influence of Lauter Turbidity on Wort Composition, Fermentation Performance and Beer Quality - A Review. **Journal of the Institute of Brewing**, v. 112, n. 3, p. 215–221, 2006.

LALHRIATPUII, Melody; PATRA, Amlan Kumar. Feeding rice fermented beer waste improves growth performance, nutrient digestibility and nitrogen utilization in growing rabbits. **Journal of animal physiology and animal nutrition**, v. 106, n. 1, p. 147–155, 2022.

LIMA, Urgel de Almeida. **Matérias-primas dos alimentos**. São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda., 2010.

ŁUKASZEWICZ, Marcin; LESZCZYŃSKI, Przemysław; JABŁOŃSKI, Sławomir Jan; KAWA-RYGIELSKA, Joanna. Potential Applications of Yeast Biomass Derived from Small-Scale Breweries. **Applied Sciences**, v. 14, n. 6, p. 2529, 2024.

LYNCH, Kieran M.; STEFFEN, Eric J.; ARENDT, Elke K. Brewers' spent grain: a review with an emphasis on food and health. **Journal of the Institute of Brewing**, v. 122, n. 4, p. 553–568, 2016.

MATHIAS, T. R. S.; MELLO, P. P. M. de; SERVULO, E. F. C. Caracterização De Resíduos Cervejeiros. **Anais do XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química.** XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química. Florianópolis, Brasil. 18/10/2014 - 21/10/2014, São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2014a, p. 3805–3812.

MATHIAS, T. R. S.; MELLO, P. P. M. de; SERVULO, E. F. C. Solid wastes in brewing process: A review. **Journal of Brewing and Distilling**, v. 5, n. 1, p. 1–9, 2014b.

MATHIAS, Thiago Rocha dos Santos; ALEXANDRE, Verônica Marinho Fontes; CAMMAROTA, Magali Christe; MELLO, Pedro Paulo Moretzsohn de; SÉRVULO, Eliana Flávia Camporese. Characterization and determination of brewer's solid wastes composition. **Journal of the Institute of Brewing**, v. 121, n. 3, p. 400–404, 2015.

MEIER, H. **BarthHaas Report 2023/2024**. Nuremberg, 7/2024. Disponível em: <https://www.barthhaas.com/resources/barthhaas-report>.

NAZZARO, J.; MARTIN, D. San; PEREZ-VENDRELL, A. M.; PADRELL, L.; IÑARRA, B.; ORIVE, M.; ESTÉVEZ, A. Apparent digestibility coefficients of brewer's by-products used in feeds for rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) and gilthead seabream (Sparus aurata). **Aquaculture**, v. 530, p. 735796, 2021.

NEYLON, Emma; ARENDT, Elke K.; ZANNINI, Emanuele; SAHIN, Aylin W. Fermentation as a Tool to Revitalise Brewers' Spent Grain and Elevate Techno-Functional Properties and Nutritional Value in High Fibre Bread. **Foods (Basel, Switzerland)**, v. 10, n. 7, 2021.

OLIVA-TELES, Aires; GONÇALVES, Paula. Partial replacement of fishmeal by brewers yeast (Saccaromyces cerevisae) in diets for sea bass (Dicentrarchus labrax) juveniles. **Aquaculture**, v. 202, 3-4, p. 269–278, 2001.

OMAR, N. B.; MERROUN, M. L.; GONZÁLEZ-MUÑOZ, M. T.; ARIAS, J. M. Brewery yeast as a biosorbent for uranium. **Journal of Applied Bacteriology**, v. 81, n. 3, p. 283–287, 1996.

PAPAZIAN, Ch. Beer Styles: their origin and classification. In: PRIEST, F. G.; STEWART, G. G. (Org.). **Handbook of Brewing:** CRC Press, 2006.

PARVATHI, K.; NAGENDRAN, R.; NARESH KUMAR, R. Lead biosorption onto waste beer yeast by-product, a means to decontaminate effluent generated from battery manufacturing industry. **Electronic Journal of Biotechnology**, v. 10, n. 1, p. 0, 2007.

PODPORA, Bartłomiej; ŚWIDERSKI, Franciszek; SADOWSKA, Anna; RAKOWSKA, Rita; WASIAK-ZYS, Grażyna. Spent brewer's yeast extracts as a new component of functional food. **Czech Journal of Food Sciences**, v. 34, n. 6, p. 554–563, 2016.

QAZANFARZADEH, Zeinab; GANESAN, Abirami Ramu; MARINIELLO, Loredana; CONTERNO, Lorenza; KUMARAVEL, Vignesh. Valorization of brewer's spent grain for sustainable food packaging. **Journal of Cleaner Production**, v. 385, p. 135726, 2023.

QIU, Lei; LI, Jiao-Jiao; LI, Zhen; WANG, Juan-Juan. Production and characterization of biocontrol fertilizer from brewer's spent grain via solid-state fermentation. **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, p. 480, 2019.

RACHWAŁ, Kamila; WAŚKO, Adam; GUSTAW, Klaudia; POLAK-BERECKA, Magdalena. Utilization of brewery wastes in food industry. **PeerJ**, v. 8, e9427, 2020.

RAKOWSKA, R.; SADOWSKA, A.; DYBKOWSKA, E.; SWIDERSKI, F. Spent yeast as natural source of functional food additives. **Roczniki Państwowego Zakładu Higieny**, v. 68, n. 2, 2017. Disponível em: <https://agro.icm.edu.pl/agro/element/bwmeta1.element.agro-93584634-72d6-437c-8256-72d7560a5f69>.

RODRIGUEZ, Luciana M.; CAMINA, Julia L.; BORRONI, Virginia; PÉREZ, Ethel E. Protein recovery from brewery solid wastes. **Food Chemistry**, v. 407, p. 134810, 2023.

SAN MARTIN, D.; ORIVE, M.; IÑARRA, B.; CASTELO, J.; ESTÉVEZ, A.; NAZZARO, J.; ILORO, I.; ELORTZA, F.; ZUFÍA, J. Brewers' Spent Yeast and Grain Protein Hydrolysates as Second-Generation Feedstuff for Aquaculture Feed. **Waste and Biomass Valorization**, v. 11, n. 10, p. 5307–5320, 2020.

SANTOS, Luan Gustavo; MARTINS, Vilásia Guimarães. Functional, thermal, bioactive and antihypertensive properties of hot trub derived from brewing waste as an alternative source of protein. **Food Hydrocolloids**, v. 146, p. 109292, 2024.

SHAHAT, Amal S. Antioxidant and Anticancer activities of yeast grown on commercial media. **International Journal of Biological and Chemical Sciences**, v. 11, n. 5, p. 2442, 2018.

SIRAGUSA, G. R.; HAAS, G. J.; MATTHEWS, P. D.; SMITH, R. J.; BUHR, R. J.; DALE, N. M.; WISE, M. G. Antimicrobial activity of lupulone against Clostridium perfringens in the chicken intestinal tract jejunum and caecum. **The Journal of antimicrobial chemotherapy**, v. 61, n. 4, p. 853–858, 2008.

SPINELLI, Sara; CONTE, Amalia; LECCE, Lucia; PADALINO, Lucia; DEL NOBILE, Matteo Alessandro. Supercritical carbon dioxide extraction of brewer's spent grain. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 107, p. 69–74, 2016.

SRINIVASAN, Vanita; GOLDBERG, Daniel; HAAS, Gerhard J. Contributions to the Antimicrobial Spectrum of Hop Constituents. **Economic Botany**, v. 58, sp1, S230-S238, 2004.

STACHNIK, Marta; STERCZYŃSKA, Monika; SMARZEWSKA, Emilia; PTASZEK, Anna; PIEPIÓRKA-STEPUK, Joanna; AGEEV, Oleg; JAKUBOWSKI, Marek. Rheological Properties of Industrial Hot Trub. **Materials (Basel, Switzerland)**, v. 14, n. 23, 2021.

TSCHOEKE, Isabelle Cristine Prohmann; FRAGA, Tiago José Marques; DA SILVA, Maryne Patrícia; COSTA E SOUZA, Thibério Pinho; CHINELATE, Gerla Castello Branco. Biogas production from malt bagasse from craft beer industry: kinetic modeling and process simulation. **Journal of Material Cycles and Waste Management,** p. 1–13, 2023.

VARGA, Áron; MÁRKI, Edit. Microfiltration: A novel technology for removal of trub from hopped wort. **Journal of Food Process Engineering**, v. 42, n. 6, 2019.

VARGAS, Mercedes Fabiana; MESTRE, María Victoria; VERGARA, Cristina; MATURANO, Paola; PETRIGNANI, Diego; PESCE, Virginia; VAZQUEZ, Fabio. Residual brewer's Saccharomyces cerevisiae yeasts as biofertilizers in horticultural seedlings: towards a sustainable industry and agriculture. **Frontiers in Industrial Microbiology**, v. 2, 2024.

VILLACRECES, Salvador; BLANCO, Carlos A.; CABALLERO, Isabel. Developments and characteristics of craft beer production processes. **Food Bioscience**, v. 45, p. 101495, 2022.

WEST, J. W.; ELY, L. O.; MARTIN, S. A. Wet brewers grains for lactating dairy cows during hot, humid weather. **Journal of dairy science**, v. 77, n. 1, p. 196–204, 1994.

CAPÍTULO

8

QUALIDADE AMBIENTAL E SAÚDE

PLANTAS E ESTUDOS INTERDISCIPLINARES: POTENCIALIDADES E CONTRIBUIÇÕES NO ATUAL CENÁRIO DE MUDANÇAS GLOBAIS

João Carlos Ferreira de Melo-Júnior[1]
André Werlang Garcia[2]
Bruna Kamila da Conceição[3]
Deivid Rodrigo Correa[4]
Gustavo Borba de Oliveira[5]
Igor Shoiti Shiraishi[6]
Magda Carrion Bartz[7]
Ricardo Larroyed de Oliveira[8]
Rodrigo Dümes Chaves Cabral[9]

[1] Biólogo e doutor em Ecologia e Conservação pela Universidade Federal do Paraná. Docente do Programa de Pós-Graduação em Saúde e Meio Ambiente da Universidade da Região de Joinville. CV: http://lattes.cnpq.br/9349272647053308.

[2] Naturólogo e mestrando no Programa de Pós-Graduação em Saúde e Meio Ambiente pela Universidade da Região de Joinville. CV: http://lattes.cnpq.br/2466843934652329.

[3] Bióloga e mestranda no Programa de Pós-Graduação em Saúde e Meio Ambiente pela Universidade da Região de Joinville. CV: http://lattes.cnpq.br/3627966157347356.

[4] Graduado em Educação Física e mestre em Saúde e Meio Ambiente pela Universidade da de Joinville. CV: https://lattes.cnpq.br/1696218855524444.

[5] Biólogo e mestre em Saúde e Meio Ambiente pela Universidade da Região de Joinville. CV: https://lattes.cnpq.br/4013257264948971.

[6] Engenheiro Ambiental e doutorando no Programa de Pós-Graduação em Saúde e Meio Ambiente pela Universidade da Região de Joinville. CV: http://lattes.cnpq.br/7173448554589697.

[7] Bióloga, arqueóloga e doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Saúde e Meio Ambiente pela Universidade da Região de Joinville. CV: http://lattes.cnpq.br/6287692207437025.

[8] Médico e doutorando no Programa de Pós-Graduação em Saúde e Meio Ambiente pela Universidade da Região de Joinville. CV: http://lattes.cnpq.br/6616052156221638.

[9] Biólogo e mestrando no Programa de Pós-Graduação em Saúde e Meio Ambiente pela Universidade da Região de Joinville. CV: http://lattes.cnpq.br/2949294476682882.

INTRODUÇÃO

É sabido que os diversos impactos oriundos das atividades humanas, assim como a heterogeneidade ambiental caracterizada por diferenças no conjunto de variáveis ambientais, tanto em caráter temporal quanto em espacial, podem modular a expressão do genótipo das espécies, resultando em variações morfofisiológicas entre indivíduos da mesma espécie ou da própria população ao longo do tempo. A possibilidade de um genótipo expressar diferentes fenótipos face às mudanças ocorridas no ambiente é conhecida como plasticidade fenotípica (BRADSHAW, 2006). Em plantas, frequentemente se observa plasticidade fenotípica na arquitetura dos indivíduos, o que pode explicar o sucesso de uma mesma espécie em se estabelecer e sobreviver em ambientes com recursos distintos e condições muitas vezes adversas.

Além disso, a plasticidade pode ser notada em uma gama variada de atributos das plantas a depender dos estímulos externos (PEREZ-HARGUINDEGUY *et al*., 2016). Desse modo, as plantas em seus sistemas naturais exercem, por meio da expressão de seus atributos, determinadas funcionalidades ecológicas que, por si só ou em interação com outras espécies, caracterizam serviços ecossistêmicos fundamentais à dinâmica ambiental e à integridade da biodiversidade.

De forma a impulsionar o desenvolvimento das sociedades, o homem busca nestes sistemas naturais espécies que lhes servem como provedoras de recursos e matérias-primas. Os sistemas naturais fontes da diversidade biológica podem sofrer, ao longo do tempo de uso/exploração, impactos em diferentes magnitudes e que promovem a mudança das características físicas do ambiente. As alterações percebidas podem ser biológicas, afetando os estoques naturais das espécies ou seus padrões de crescimento e desenvolvimento; físicas, como alterações da paisagem; e ainda químicas, modificando os teores dos elementos químicos presentes naturalmente ou inserindo outros elementos no sistema que podem ter efeitos nocivos à vida.

Inevitável que a Natureza seja, de certa forma, transformada em recursos que possibilitem a vida humana prosperar em conformidade com o seu modo de vida inaugurado pós-revolução industrial. Porém,

cabe questionar quais são os limites desse uso, suas consequências regionais e globais e seu real papel na conservação da diversidade biológica no tocante à sustentabilidade planetária.

Resolver essa equação não é nada fácil, principalmente quando nos defrontamos com forças diferentes que atuam num mesmo cenário e que, por vezes, parecem ser antagônicas. Tais forças se desvelam por meio de interesses ambientais, políticos, econômicos e sociais que se interconectam, construindo políticas sustentáveis e convergentes, ou se chocam, gerando conflitos e comportamentos que provocam a erosão da qualidade ambiental e da qualidade de vida.

Ao considerar que tais qualidades derivam da saúde integrada de todos os componentes de um mesmo sistema (saúde da fauna, saúde humana, saúde das plantas e saúde ambiental) (FLETCHER *et al*., 2009), as plantas podem ser excelentes sinalizadoras de processos humanos e das suas marcas, benéficas ou nocivas, sobre a natureza. Podem também desvelar conhecimentos tradicionais milenares capazes promover bases para a conservação da biodiversidade. A partir disso, elencamos a seguir categorias teóricas que permitem mostrar as potencialidades de estudos interdisciplinares que podem emergir do protagonismo das plantas como um componente da vida capaz de evidenciar processos, padrões, serviços ecológicos e relações enraizadas entre o biológico e o cultural.

PLANEJAMENTO TERRITORIAL DAS CIDADES EM CONSONÂNCIA COM OS PADRÕES ECOLÓGICOS, FUNCIONALIDADE E CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE

O adensamento das populações nas cidades e a subsequente urbanização têm gerado impactos significativos na biodiversidade, tornando necessário um entendimento aprofundado sobre os padrões ecológicos e a funcionalidade dos ecossistemas urbanos (PATAKI *et al*., 2021). Nesse contexto, destaca-se a importância das áreas verdes, corredores ecológicos e a integração de práticas sustentáveis no planejamento urbano para mitigar os efeitos adversos da urbanização na biodiversidade (RUDOLPHO & MELO-JÚNIOR, 2023).

O crescimento desordenado das cidades tem transformado paisagens naturais, avançando sobre áreas de vegetação, alterando a biodiversidade, habitats naturais e fragmentando ecossistemas (LONDE & MENDES, 2014). Os ecossistemas urbanos apresentam gradientes ecológicos distintos, que vão do centro urbano mais densamente povoado às periferias menos modificadas. Esses gradientes afetam a distribuição das espécies, com algumas se adaptando melhor às condições urbanas enquanto outras são excluídas devido à perda de habitat e à poluição (SANTOS, 2016).

Um dos maiores desafios em áreas urbanas densamente povoadas é manter ou criar grandes áreas verdes, que tendem a suportar uma maior diversidade de espécies e contribuir de forma mais efetiva para a biodiversidade local (RUDOLPHO & MELO-JÚNIOR, 2023). No entanto, ações mal planejadas podem facilitar a introdução de espécies exóticas, que competem com espécies nativas e alteram a estrutura dos ecossistemas urbanos (SANTOS, 2016).

As cidades podem servir como refúgios para várias espécies e desempenhar um papel importante na conservação da biodiversidade, ao aproveitar os remanescentes de vegetação, conectar corredores ecológicos existentes e aumentar a funcionalidade dos ecossistemas urbanos (PATAKI *et al*., 2021). Corredores ecológicos, como parques lineares e cinturões verdes, são fundamentais para a movimentação de espécies e mitigam os efeitos da fragmentação. A conectividade ecológica é essencial para a funcionalidade dos ecossistemas urbanos (RUDOLPHO & MELO-JÚNIOR, 2023).

Os ecossistemas urbanos devem ser projetados para serem resilientes às mudanças climáticas e outras perturbações, incorporando princípios de ecologia urbana que garantam a distribuição equitativa de áreas verdes (RUDOLPHO & MELO-JÚNIOR, 2023). A introdução de espécies vegetais nas zonas urbanas deve considerar o bioma local e os atributos funcionais da vegetação existente, visando aumentar a biodiversidade e auxiliar nos serviços ecossistêmicos, como regulação do microclima, controle de enchentes, sequestro de carbono e suporte à polinização (ZAMBERLAN DOS SANTOS, 2016; PATAKI *et al*., 2021).

A conservação da biodiversidade nas cidades é um desafio

complexo que requer uma abordagem multifacetada. Neste âmbito, destaca-se o conceito *One Health*, que integra a diversidade biológica e a sociedade, promovendo um diálogo interdisciplinar que abrange saúde humana, a saúde animal e o meio ambiente saudável, resultando em uma sociedade mais equilibrada entre o desenvolvimento urbano e a preservação ambiental (JONGH *et al*., 2022).

A conscientização e a participação comunitária são essenciais para a conservação da biodiversidade urbana. Programas educacionais, voltados à preservação ecológica e da biodiversidade, podem engajar os moradores na proteção e no monitoramento dos ecossistemas urbanos (PATAKI *et al*., 2021). Políticas de zoneamento, que promovam práticas sustentáveis, e regulamentos ambientais, que auxiliem na preservação, desses locais são fundamentais. Incentivos fiscais, regulamentos rigorosos e parcerias público-privadas também podem fortalecer esses esforços (LONDE & MENDES, 2014).

Desta forma, compreender os padrões ecológicos e a funcionalidade dos ecossistemas urbanos é fundamental para desenvolver estratégias que permitam aos centros urbanos, principalmente em regiões historicamente sob alta pressão antrópica. Do mesmo modo é de extrema importância integrar a botânica e a ecologia funcional às práticas de gestão e administração urbana na busca de soluções ambientais responsáveis. A integração de áreas verdes, a promoção da conectividade ecológica e a implementação de políticas sustentáveis são essenciais para garantir que as cidades possam não apenas coexistir com a biodiversidade, mas também prosperar como ecossistemas resilientes e sustentáveis (SANTOS, 2016).

O CONTROLE DA QUALIDADE AMBIENTAL POR MEIO DAS PLANTAS MONITORAS

O biomonitoramento é uma ferramenta importante para a avaliação da qualidade ambiental, pois estuda as respostas estruturais e funcionais de organismos vivos às mudanças ocorridas no ambiente. Diversas espécies de plantas são utilizadas como bioindicadoras devido à

sua capacidade de produzir respostas rapidamente a estímulos externos e de acumular substâncias tóxicas. Entre os componentes do corpo vegetal, as folhas, por seu maior grau de exposição, são consideradas o órgão mais sensível e responsivo a uma variedade de fatores ambientais, incluindo poluentes atmosféricos, mudanças climáticas e alterações no solo. Essas respostas podem se manifestar de várias formas, como alterações na morfoanatomia foliar, taxas de fotossíntese e acúmulo de metabólitos secundários (MUKHOPADHYAY *et al*., 2021).

A identificação e quantificação dessas alterações micro e macroscópicas permitem inferir a presença de poluentes específicos, como o material particulado, um tipo de poluente atmosférico formado por um complexo de partículas sólidas microscópicas e gotículas líquidas suspensas no ar. Por exemplo, em diversas espécies de plantas nativas da Mata Atlântica expostas ao material particulado, foram observadas alterações morfoanatômicas foliares, como a redução da espessura da epiderme e dos parênquimas paliçádico e esponjoso, associadas ao aumento da densidade estomática e à redução dos níveis de clorofila (OLIVEIRA & MELO JÚNIOR, 2023).

As respostas foliares dependem não apenas do tipo e da concentração do poluente, mas também das condições ambientais, como temperatura e pH do solo, bem como do estado fisiológico e das características genéticas da planta. Assim, indivíduos da mesma espécie podem apresentar respostas diferentes ao mesmo poluente, como na contaminação por metais, em que fatores ambientais e genéticos podem alterar a concentração de fitohormônios nas organelas. Isso resulta em diferentes cenários, desde a morte celular até a indução de resistência ao estresse (MOLINA & SEGURA, 2021).

As folhas, além de sofrerem alterações intracelulares, têm a capacidade de interceptar naturalmente os fluxos de vento e reter poluentes atmosféricos em suas superfícies. A morfologia, a superfície, a hidrofilicidade e a altura das folhas em relação ao solo, entre outros fatores, são características que influenciam a retenção de diversas substâncias, como material particulado e microplásticos (LEONARD *et al*., 2023).

A seleção da espécie vegetal e dos atributos foliares depende dos objetivos do biomonitoramento, seja para detectar poluentes específicos, analisar a qualidade do ar, da água e do solo, ou avaliar a saúde ambiental geral. Nesse processo, é necessário considerar a adaptabilidade da espécie às condições locais, a facilidade de coleta e análise dos dados, bem como características como sensibilidade, velocidade de resposta e capacidade de identificar e mensurar os fatores estressores ambientais (MOLNÁR *et al*., 2020).

A avaliação das respostas foliares não apenas oferece uma perspectiva sobre a qualidade ambiental, mas também evidencia a capacidade das plantas de responder e se adaptar a diversos estímulos ambientais. Compreender as complexas interações entre plantas e ambiente é importante para o desenvolvimento de estratégias de monitoramento ambiental. Isso pode contribuir para as ações de fiscalização e controle da qualidade ambiental nas cidades, gerando informações que impactam diretamente a qualidade de vida e a saúde humana.

POTENCIAL BIOENERGÉTICO DAS PLANTAS

Acredita-se que se conhece muito sobre as plantas, principalmente quando se remete a passagens na história da humanidade e mitologias, momentos em que nos deparamos com contos de bruxas com suas vassouras e caldeirões. Mal se sabia que a vassoura estava relacionada à limpeza e assepsia e que as "poções mágicas" preparadas nos caldeirões eram, na verdade, preparados de fitoterápicos feitos por pessoas que se dedicavam a essa arte com base no conhecimento empírico transgeracional. A falta de conhecimento do que de fato acontecia no processo causa-efeito levou muitas pessoas à condenação e morte por "bruxaria", mesmo promovendo a cura de indivíduos que se beneficiaram dessas "poções" (MARTINS *et al*., 2023).

As tecnologias existentes no século XXI permitem desvendar os fenômenos vistos como "bruxaria" ou, na melhor das hipóteses, "curandeirismos" do passado. Além disso, possibilitam conhecer o

perfil químico das plantas e seus metabólitos responsáveis pelo que se conhece como princípio ativo, cujos efeitos, de acordo com a dose e concentração, podem tanto curar quanto matar (MORAN, 1993).

A espectrometria de massa e a cromatografia são métodos analíticos que permitem determinar a estrutura química, identificando metabólitos com estruturas complexas. Essas estruturas vêm chamando a atenção por apresentarem substâncias importantes para a regulação de processos biológicos, assim como contribuem em reações químicas que favorecem o equilíbrio e fortalecem a imunidade dos organismos que as possuem (NASCIMENTO-JÚNIOR *et al*., 2020).

Tais recursos modernos de análise, somados ao conhecimento da dinâmica dos ecossistemas, tornaram possível entender as variações de potencial fitoquímico das plantas, sob influência dos diferentes fatores ambientais. Essa união de saberes entre a análise e o entendimento sobre os ecossistemas levou à observação das reações das plantas diante de sua exposição ao sol em diferentes horários do dia, constatando-se que seus componentes químicos se alteram em diferentes partes dela ao longo do dia, de acordo com o horário e a intensidade de UV que ela recebe. Da mesma forma, reações a outros fatores, como o frio, o aporte hídrico sazonal e até mesmo fatores mecânicos passaram a ser amplamente conhecidos (NASCIMENTO-JÚNIOR *et al*., 2020).

O interesse por reações das plantas que fazem alusão a um comportamento de reatividade a partir de estímulos diversos, principalmente estressores, vem despertando crescente interesse. Khait *et al.,* (2023) mostraram, através da captação da emissão de sons em frequência ultrassonora de plantas, que elas emitem diferentes padrões sonoros de acordo com seu estado fitossanitário.

Experimentos atuais, que utilizam recursos e tecnologias modernas, podem contribuir para compreender antigos estudos sobre o potencial bioenergético das plantas, como é o caso da homeopatia, desenvolvida inicialmente pelo médico alemão Samuel Hahnemann (1755-1843). Em seu método, ele separava uma ínfima proporção de microelementos da planta e fazia uma superdiluição, esta era tão elevada

que seu resultado é considerado praticamente água pura, sem conter elementos da planta que justifiquem qualquer reação metabólica em quem a utilize. Porém, a homeopatia apresenta bons resultados, tanto no ser humano quanto nos animais e nas próprias plantas também, sendo comum sua utilização na agricultura orgânica (CASALI *et. al*., 2011).

Essa modalidade de utilização das plantas chamou a atenção de outro médico homeopata, na Inglaterra, chamado Edward Bach, (1886-1936). Dr. Bach desenvolveu uma nova forma de captar o potencial bioenergético das plantas, através das suas flores em infusões expostas ao sol. Seu método também utiliza diluições muito altas, assim como a homeopatia. Ele inspirou diversos outros pesquisadores que desenvolveram novos "Sistemas Florais", como são conhecidos, pois são produzidos, em sua grande maioria, a partir de flores. Cada um deles apresenta diferentes resultados, contribuindo para diversas desarmonias (NASCIMENTO, 2021).

Novos estudos estão sendo feitos para se conhecer mais sobre o potencial bioenergético das plantas, assim como para verificar a possível existência de micronutrientes da planta em soluções superdiluída dos florais.

USO HISTÓRICO DAS FLORESTAS CONTADO PELA ANATOMIA DA MADEIRA

A natureza e as florestas são o palco das representações e ações humanas desde os primórdios, e as árvores, devido à grande versatilidade, são utilizadas como combustível e material construtivo em todas as sociedades, desde a Idade do Bronze até os dias atuais (BRITO, 2007; ANDREACCI & MELO JÚNIOR, 2011).

No Brasil, a biodiversidade da Mata Atlântica foi protagonista em um cenário de exploração de recursos que marca a história do país desde seu batismo enquanto colônia portuguesa. Em 1.º de maio de 1500, Pedro Álvares Cabral, ancorado em Porto Seguro, mandou cortar madeira da floresta e talhar uma cruz para rezar a primeira missa em terras

continentais. Naquele momento, a terra foi batizada com seiva de árvore e recebeu o nome de Vera Cruz. Em 1503, a terra foi chamada de "Brazil", devido ao comércio de pau-brasil (*Paubrasilia echinata* (Lam.) Gagnon, H.C.Lima & G.P.Lewis - Fabaceae) (CABRAL, 2014). Na fase de conquista do território brasileiro, a extraordinária riqueza das florestas litorâneas foi o que financiou o empreendimento colonial (GONZAGA, 2006). A política de imigração do governo buscava habitar regiões despovoadas e fazer com que esse território se tornasse área produtiva de alimentos e abrigo para o setor industrial (PSCHEIDT *et al*., 2020). Na visão da época, o território era carente de população humana, uma vez que se desconsiderava totalmente a presença indígena e cabocla (IPHAN, 2011).

Desde então, a exploração das florestas e de suas madeiras se tornou uma prática comum, resultando em uma expressiva representatividade do patrimônio cultural constituído por artefatos de madeira extraída das florestas brasileiras (CABRAL, 2014). Estes artefatos dialogam com os modos de vida das sociedades e, por conseguinte, revelam uma gama variada de categorias de uso (MELO JÚNIOR *et al*., 2021). A Floresta Atlântica acompanhou a dinâmica social e econômica brasileira por mais de 500 anos, na qual o "progresso" estimulou sua erosão e o uso indiscriminado da madeira, levando muitas espécies a um possível esgotamento.

Nesse contexto, a paisagem atual da Floresta Atlântica pode ser considerada como um documento histórico que evidencia em sua composição, estrutura e funcionalidade, o resultado da interação de seres humanos com o ambiente em que vivem (TRES *et al*., 2011). É nesta conexão que a anatomia da madeira se apresenta como uma potente ferramenta que permite não somente decifrar quais espécies foram usadas historicamente, mas, também, possibilita compreender processualmente como as florestas foram utilizadas.

Os padrões estruturais apresentados pelos diferentes tipos de madeira levam, por meio das técnicas de macro e microscopia, à identificação taxonômica. Já os atributos físicos e as propriedades organolépticas são capazes de inferir o conhecimento tecnológico sobre as essências florestais, enquanto os atributos morfológicos da árvore

permitem compreender a dinâmica de exploração da floresta e do corte seletivo das espécies. Juntos, como em numa espécie de quebra-cabeças, é descortinada a floresta do passado.

Essa reconstrução, alicerçada pelo atual cenário ambiental em que cabem novas formas de pensar e agir sobre a natureza, coloca a anatomia da madeira como peça-chave na tomada de decisões futuras sobre projetos de restauração e manejo de florestas e, consequentemente, na elaboração de políticas públicas voltadas para a conservação das florestas.

O REGISTRO DE SABERES ANCESTRAIS SOBRE MADEIRAS E FLORESTAS

As sociedades humanas historicamente sempre mantiveram intrínsecas relações com os recursos florestais, sendo a madeira um dos principais elementos utilizados na confecção de bens materiais (MELO-JÚNIOR, 2017). O conhecimento intergeracional que as populações humanas guardam sobre as florestas e as relações que as mantêm podem revelar aspectos sociais e culturais de uma sociedade em determinado tempo histórico, além de explicar a composição e o uso dos recursos florestais (LICHTENBERG *et al*., 2022).

Na cosmovisão indígena e de comunidades locais, as espécies são objetos de conhecimento, domesticação, uso tecnológico, além de serem partes de rituais e mitos, revelando a profunda interconexão entre a cultura e o ambiente (DIEGUES, 2000). As experiências empíricas, práticas e observações do ambiente acumuladas são transmitidas através das gerações ao longo de milênios, baseadas em relações respeitosas com a natureza (LEVIS *et al*., 2024). Nos biomas tropicais da América do Sul, os povos indígenas desenvolveram profundo conhecimento ecológico sobre o uso e manejo de plantas e animais (BERKES *et al*., 2000). Historicamente, povos indígenas e locais (ILPs) desempenham papel fundamental no registro e conservação da diversidade biológica (COPETE *et al*., 2023). Eles são responsáveis pela utilidade documentada

de 6.261 espécies de plantas nas terras baixas da América do Sul, incluindo categorias alimentícias, medicinais, construtivas e de uso místico (CLEMENT *et al*., 2021).

Embora a necessidade de proteção da biodiversidade tenha sido reconhecida há bastante tempo, é recente a percepção da necessidade proteção cultural associada aos recursos naturais (AGNOLLETI, 2014). Compreender essas inter-relações é fundamental para garantir a sobrevivência das práticas culturais (MENDIS *et al*., 2024), a conservação da biodiversidade e dos seus saberes associados (LIMA *et al*., 2021).

BOTÂNICA FORENSE: VESTÍGIOS VEGETAIS NA RESOLUÇÃO DE CONFLITOS

O uso crescente das plantas como vestígios de crimes em investigações forenses deu origem a uma nova e promissora disciplina, a botânica forense. Esta consiste na análise macro ou microscópica de produtos de origem vegetal, como plantas inteiras ou suas partes – raízes, caules, folhas, flores, pólen, frutos, sementes, madeira e produtos vegetais processados – e até mesmo no estudo da composição química de plantas e seus metabólitos, visando contribuir para a resolução de processos cíveis ou criminais. Apesar de sua notável potencialidade em integrar a ciência e a justiça, a botânica forense ainda é uma ferramenta subutilizada (OLIVEIRA *et al*., 2023).

As plantas e suas partes podem ser consideradas vestígios de interesse forense quando são encontradas no local onde um crime foi cometido e apresentam ligação com a vítima, com o agressor ou com o material utilizado para a prática delituosa. Todos os métodos aplicados na ciência forense exigem padrões científicos rigorosos e elevados padrões éticos. A interpretação dos resultados deve ser direta, livre de vieses e, preferencialmente, com o uso de técnicas não destrutivas, a fim de preservar o material em caso de necessidade de reanálise (KATZ *et al*., 2015). Existem várias são as formas de detectar vestígios botânicos

nas cenas dos crimes, destacando-os como recursos fundamentais na elucidação de práticas contra o meio ambiente e contra a vida humana.

O estudo da anatomia da madeira é uma técnica usual e eficaz na diferenciação de espécies, podendo elucidar casos de corte ilegal de árvores, mesmo quando os vestígios deixados são diminutos. Uma pesquisa realizada pela Polícia Técnico-Científica e Instituto Florestal do Estado de São Paulo (OLIVEIRA; LONGUI & AMARAL, 2023) demonstrou a aptidão da análise microscópica em segregar e identificar resquícios de madeira coletados diretamente da corrente de motosserra. A visualização de microestruturas como traqueídes e pontoações foi determinante na diferenciação de resíduos lenhosos da espécie *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze (Araucariaceae), nativa e ameaçada de extinção, de outras espécies exóticas comerciais, como *Pinus* spp. (Pinaceae) e *Eucalyptus* spp. (Myrtaceae), evidenciando o potencial da técnica na repressão ao desmatamento e comércio ilegal de madeira.

A identificação de espécies aliada à avaliação de sua ocorrência no ambiente foi a metodologia adotada na resolução de um caso de infanticídio nos Estados Unidos, em que diferentes tipos de pólen estavam presentes nas vestes de uma criança, cujo corpo foi encontrado em setembro de 2015, no porto de Boston. Os resultados apontaram a presença de diversos gêneros botânicos, incluindo *Cedrus* (Pinaceae), informação de especial valor, uma vez que os indivíduos pertencentes a este gênero se localizavam em áreas específicas da cidade. Assim, os investigadores fizeram buscas direcionadas, que resultaram no encontro e apreensão das pessoas responsáveis pela morte da vítima (LAURENCE & BRYANT, 2019).

A distribuição natural de espécies também foi fundamental na conclusão de um caso publicado por pesquisadores da Itália. A presença de um fragmento da planta *Xanthium spinosum* L. (Asteraceae) aderido aos cabelos de um cadáver revelou um local de morte por descarga elétrica forjado. Apesar dos elementos falsos apresentados pelos familiares da vítima, que criaram um suposto local de morte por eletroplessão abaixo de um lustre no interior da residência, a presença do vestígio botânico demonstrou que a morte ocorreu em área externa, local montanhoso,

onde a espécie se desenvolve. A análise global dos vestígios contribuiu para demonstrar que a vítima, na verdade, sofreu a descarga elétrica na tentativa de furtar fios de cobre da rede pública (AQUILA *et al*., 2018).

A botânica forense é uma ciência que necessita ser difundida nos órgãos periciais do Brasil e do mundo, mas ainda enfrenta barreiras pela falta de recursos e de conhecimento técnico dos investigadores. Superar esses desafios requer investimentos em treinamento, na criação de laboratórios forenses e na colaboração entre instituições acadêmicas e órgãos policiais.

REFERÊNCIAS

AGNOLETTI, M. Rural landscape, nature conservation and culture: some notes on research trends and management approaches from a (southern) European perspective. **Landscape and Urban Planning**, v. 126, p. 66-73, 2014.

ANDREACCI, F; MELO -JÚNIOR, J. C. F. de. Madeiras históricas do barroco mineiro: interfaces entre o patrimônio cultural material e a anatomia vegetal. **Rodriguesia**, v. 62, n. 2, p. 241- 251, 2011.

AQUILA, I; GRATTERI, S.; SACCO, M. A.; RICCI, P. The Role of Forensic Botany in Solving a Case: Scientific Evidence on the Falsification of a Crime Scene. **Journal of Forensic Sciences**, v. 63, n. 3, p. 961- 964, 2018.

BERKES, F.; COLDING, J.; FOLKE, C. Rediscovery of traditional ecological knowledge as adaptive management. **Ecological Applications**. v. 10, p.1251-1262. 2000.

BRADSHAW, A. D., Unravelling phenotypic plasticity – why should we bother? **New Phytologist,** v. 170, p. 644-648. 2006.

BRITO, J. O. O uso energético da madeira. **Estudos Avançados**, v. 21, n. 59, p. 185-193, 2007.

CABRAL, D. de C**. Na Presença da Floresta: Mata Atlântica e História Colonial**. Rio de Janeiro: Garamond/FAPERJ, 2014. 536p

CASALI, V. W. D.; ANDRADE, F. M.; CUPERTINO, M. do C. Homeopatia, Agroecologia e Sustentabilidade. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 6, n. 1, p.49-56, 2011.

CLEMENT, V.; RIGAUD, K. K.; DE SHERBININ, A.; JONES, B.; ADAMO, S.; SCHEWE, J.; SADIQ, N.; SHABAHAT, E. Groundswell Part 2: Acting on Internal Climate Migration. **World Bank**, Washington, 2021.

COPETE, J.C., KIK, A., NOVOTNY, V. & CÁMARA-LERET, R. The importance of Indigenous and local people for cataloging biodiversity. **Trends in Ecology & Evolution**, v.38, p. 1112–1114. 2023.

DIEGUES, A. C. (Org.). **Os saberes tradicionais e a biodiversidade no Brasil**. São Paulo: MMA/COBIO/NUPAUB/USP, 2000. 211 p.

FLETCHER, J.; FRANZ, D.; LECLERC, J. E. Healthy plants: necessary for a balanced 'One Health' concept. **Veterinária italiana**, v. 45, n. 1, p. 79-95, 2009.

GONZAGA, A. L. **Madeira: uso e conservação**. Brasília: Programa Monumenta, MinC. 2006. 246 p.

IPHAN **(Instituto de patrimônio Histórico e Artístico Nacional). Roteiros Nacionais de Imigração: Santa Catarina. Dossiê de Tombamento.** Volume 2. O modelo de ocupação do território. Santa Catarina: Iphan, 2011. 342p.

JONGH, E. J.; HARPER, S.; YAMAMOTO, S.; WRIGHT, C.; WILKINSON, C.; GHOSH, S.; OTTO, S. One Health, One Hive: A scoping review of honey bees, climate change, pollutants, and antimicrobial resistance. **PloS One**, v. 17, n. 2, p. e0242393, 2022.

KATZ, E. Forensic Science - Multidisciplinary Approach. **Forensic, Legal & Investigative Sciences**, v. 1, n. 1, p. 1 - 3, 2015.

KHAIT I.; LEWIN-EPSTEIN O.; SHARON R.; SABAN K.; GOLDSTEIN R.; ANIKSTER Y.; ZERON Y.; AGASSY C.; NIZAN S.; SHARABI G.; PERELMAN R.; BOONMAN A.; SADE N.; YOVEL Y.; HADANY L.; Sounds emitted by plants under stress are airborne and informative. **Cell.**, v. 186, n. 7, p. 1328-1336, 2023.

LAURENCE, A.R.; BRYANT, V.M. Forensic palynology and the search for geolocation: Factors for analysis and the Baby Doe case. **Forensic Science International**, v. 302, p. e109903, 2019.

LEONARD, J.; BORTHAKUR, A.; KOUTNIK, V. S.; BRAR, J.; GLASMAN, J.; COWGER, W.; DITTRICH, T. M.; MOHANTY, S. K. Challenges of using leaves as a biomonitoring system to assess airborne microplastic deposition on urban tree canopies. **Atmospheric Pollution Research**, v. 14, n. 2, p. e101651, 2023.

LEVIS, C.; FLORES, B.M.; CAMPOS-SILVA, J.V.; PERONI, N.; STAAL, A.; PADGURSCHI, M.C.G; DORSHOW, W.; MORAES, B.; SCHMIDT, M.; KUIKURO T.W.; KUIKURO, H.; WAUJA, K.; KUIKURO, K.; KUIKURO, A.; FAUSTO, C.; FRANCHETTO, B.; WATLING, J.; LIMA, H.; HECKENBERGER, M.; CLEMENT, C.R. Contributions of human cultures to biodiversity and ecosystem conservation. **Nat Ecol Evol,** v 8, p. 866–879, 2024.

LICHTENBERG, S.; HUBER-SANNWALD, E.; REYES-AGÜERO, J.; ANHUF, D.; NEHREN.U. Pau-brasil and string instrument bows telecouple nature, art, and heritage. **Ecology and Society**, v. 27, p. 1-32, 2022.

LIMA A. G.M.; OLIVEIRA J. C.; AMOROSO M.; SHIRATORI K.; MARRAS, S.; EMPERAIRE, K. **Vozes vegetais: diversidade, resistência e histórias da floresta**. São Paulo: Ubu Editora, 2021. 384p.

LONDE, P. R.; MENDES, P. C. A influência das áreas verdes na qualidade de vida urbana. **Hygeia - Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, Uberlândia, v. 10, n. 18, p. 264-272, 2014.

MARTINS, R. W. A., CLARINDO, A. de O., CAMPOS, M. M. Bruxas, curandeiras e benzedeiras: existências e resistências. **Revista Mosaico,** v. 15, n. 23, 2176-8943, 2023.

MELO-JÚNIOR, J.C.F.; AREAS, P.; CABRAL, D. C.; KRUEL, V. S. F.; RUDOLPHO, L. S.; QUANDT, F. L. Traditional knowledge in the brazilian Atlantic Forest: environmental history, current status, and policy challenges. **Revista Confluências Culturais**, v. 10, p. 129-143, 2021.

MELO-JÚNIOR, J. C. F. de. Anatomia de madeiras históricas: um olhar biológico sobre o patrimônio cultural. Joinville, SC: **Editora Univille**, 2017.

MENDIS, M. S.; ABEYRATHNA, W.; HALWATURA, R.; AMARASEKARA, H.S.; SOMADEWA, R.; JAYASINGHE, R. Accumulate and consolidate the traditional vernacular timber preservation technologies through a field survey. Heliyon, v. 10, n. 1, p. e23907, 2024.

MOLINA, L.; SEGURA, A. Biochemical and Metabolic Plant Responses toward Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Heavy Metals Present in Atmospheric Pollution. **Plants**, v. 10, n. 11, e2305, 2021.

MOLNÁR, V.; É.; TŐZSÉR E., D.; SZABÓ, S.; TÓTHMÉRÉSZ, B.; SIMON, E. Use of Leaves as Bioindicator to Assess Air Pollution Based on Composite Proxy Measure (APTI), Dust Amount and Elemental Concentration of Metals. **Plants,** v. 9, n. 12, e1743, 2020.

MORAN, B. T. The "Herbarius" of Paracelsus**. Pharmacy in History**, v. 35, n. 3, p. 99 -127, 1993.

MUKHOPADHYAY, S.; DUTTA, R.; DHARA, A. Assessment of air pollution tolerance index of Murraya paniculata (L.) Jack in Kolkata metro city, West Bengal, India. **Urban Climate**, v. 39, e100977, 2021.

NASCIMENTO, B. F. do O. **Uso dos Florais de Bach no Controle da Ansiedade:** revisão da Literatura. UNIRB, Barreiras, 2021. 41p.

NASCIMENTO - JÚNIOR, C.; CAVALCANTI, E.; PEREIRA, A.; SILVA, D.; FERREIRA, D. M. Análise qualitativa do perfil químico de plantas medicinais do horto das Faculdades Nova Esperança. **Research, Society and Development**. v. 9. n. 9, p. e816998033, 2020.

OLIVEIRA, M.; AZEVEDO, L.; BALLARD, D.; BRANICKI, W. Using plants in forensics: State-of-the-art and prospects. **Plant Science**, v. 336, p. e111860, 2023.

OLIVEIRA, R. L.; MELO JÚNIOR, J. C. F. de. **Biomonitoramento da Poluição Atmosférica em espaços urbanos com o uso de plantas nativas.** In: João Carlos F. de Melo - Júnior & Luciano Lorenzi. (Org.). Biodiversidade urbana: dinâmicas e conservação. 1ed. Curitiba: Bagai, 2023, v. 1, p. 117-132.

OLIVEIRA, T.C.; LONGUI, E.L.; AMARAL, M. M. Plant Anatomy against crime: *Araucaria angustifolia* wood sawdust identification. **Revista Brasileira de Criminalística**, v. 12, n. 1, p. 31–36, 2023.

PATAKI, D. E.; ALBERTI, M.; CADENASSO, M.L.; FELSON, A. J.; MCDONNELL, M. J.; PINCETL, S.; POUYAT, R. V.; SETÄLÄ, H. M.; WHITLOW, T.H. The benefits and limits of urban tree planting for environmental and human health. **Frontiers in Ecology and Evolution**, v. 9, p. e603757, 2021.

PEREZ-HARGUINDEGUY, N.; DIAZ, S.; GARNIER, E.; LAVOREL, S.; POORTER, H.; JAUREGUIBERRY, P; CORNELISSEN, J. H. C. Corrigendum to: New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. **Australian Journal of botany**, v.64, n. 8, p. 715-716. 2016.

PSCHEIDT, D. C.; WAGNER, D. R. Matemática, história e técnica enxaimel: exercícios de pensamentos**. Hipátia** v. 5, n. 2, p. 365-382, 2020.

RUDOLPHO, L. da S.; MELO JÚNIOR, J. C. F. de. **Corredores verdes urbanos: uma estratégia para promover a conectividade da paisagem e a conservação da biodiversidade.** In: João Carlos F. de Melo - Júnior & Luciano Lorenzi. (Org.). Biodiversidade urbana: dinâmicas e conservação. 1ed. Curitiba: Bagai, 2023, v. 1, p. 133-145.

TRES, D.R.; REIS, A. SCHLINDWEIN, S. L. A construção de cenários da relação homem-natureza sob uma perspectiva sistêmica para o estudo da paisagem em fazendas produtoras de madeira no planalto norte catarinense. **Ambiente e Sociedade**, v.14, n. 1, p.151-173, 2011.

SANTOS, N. R.S **Inserção da vegetação na paisagem antrópica**. 1. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2016. v. 1. 84p.

ZAMBERLAN DOS SANTOS, Nara Rejane. **Inserção da vegetação na paisagem antrópica**. 1. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2016. v. 1. 84p.

CAPÍTULO

9

QUALIDADE AMBIENTAL E SAÚDE

A INTERAÇÃO MEIO AMBIENTE, ALIMENTÓ E BIODISPONIBILIDADE DE NUTRIENTES

Marco Fabio Mastroeni[1]
Flavia Lemos[2]
Silmara Salete de Barros Silva Mastroeni[3]

[1] Doutor em Saúde Pública, Programa de Pós-graduação em Saúde e Meio Ambiente, Universidade da Região de Joinville, Univille. http://lattes.cnpq.br/6477764500671312.

[2] Graduanda em Nutrição, Curdo de Nutrição, Universidade da Região de Joinville, Univille. http://lattes.cnpq.br/0881754204631597.

[3] Doutora em Saúde Pública, Área da Saúde, Universidade da Região de Joinville, Univille. http://lattes.cnpq.br/6719185308619208.

INTRODUÇÃO

Graças a seletividade natural imposta pelo ambiente e que direciona os seres vivos a se adaptarem às contínuas e dinâmicas alterações da natureza, os organismos têm se modificado ao longo de milhões de anos de forma a garantir sua existência na terra. No entanto, as drásticas alterações ocorridas nas últimas décadas têm impactado tão rapidamente os organismos que o genoma sequer é capaz de acompanhá-las. Essas alterações geradas predominantemente pelo homem, que ignora a sinergia entre ambiente-alimento-organismo, são atualmente as causas das principais patologias no mundo.

Desastres ambientais, extinção de espécies, poluição, escassez de recursos naturais, elevada densidade demográfica, doenças emergentes, monoculturas, alimentos processados, síntese de novos compostos químicos, super "alimentos", suplementos artificiais, entre outras características, têm marcado o início do século XXI. Crescimento? Desenvolvimento? Precisamos repensar o modo como vivemos!

DESENVOLVIMENTO

A EVOLUÇÃO SOCIAL E ALIMENTAR DOS HOMINÍDEOS NA PRÉ-HISTÓRIA

Ao longo da história, a humanidade dependeu essencialmente da natureza e suas nuances climáticas para prover sua alimentação. A necessidade constante em busca de novas fontes de alimentos em função da sazonalidade climática foi um grande propulsor para o consumo de uma dieta variada não só em termos de alimento como também, de nutrientes (HARARI, 2015).

O consumo de caça, pesca e frutos obtidos em árvores e plantas nos locais por onde se deslocavam cunhou o estilo de vida caçador-coletor no período Paleolítico (até aproximadamente 8.000 anos a.C) (FLANDRIN; MONTANARI, 2015). E foi justamente a diversidade na dieta

que protegeu esses caçadores-coletores da fome e desnutrição (HARARI, 2015). No entanto, uma grande descoberta mudou significativamente o modo de viver: o **fogo**. Ainda que o fogo fosse conhecido pelos hominídeos a milhares de anos, o poder de controlá-lo possibilitou uma nova forma de viver: passaram a aquecer os locais onde habitavam durante o inverno, a utilizá-lo como arma em disputas por território, a fabricar equipamentos de caça e utensílios para cozinhar/comer e, sobretudo, a modificar a forma como os alimentos eram consumidos (período Neolítico, 7.000 a 2.500 anos a.C.) (FLANDRIN; MONTANARI, 2015; HARARI, 2015; WRANGHAM, 2017).

O fogo proporcionou a mudança de um estilo de vida individualizado e nômade, para um modelo de convívio em grupo e fixo em um determinado local (HARARI, 2015; WRANGHAM, 2017). Em determinadas regiões a fartura de alimentos permitiu o estabelecimento da comunidade em um mesmo local por mais tempo, direcionando um comportamento mais sedentário (ERDOĞAN; GÜNDÜZ; SEÇİM, 2022). Esta característica acabou favorecendo o desenvolvimento de técnicas de cultivo de plantas e domesticação de animais (WRANGHAM, 2017). Ou seja, os indivíduos passaram a caçar e obter alimentos juntos, aprenderam a cultivar alimentos e a domesticar animais, começaram a alimentar-se em pequenos grupos entre outras características que mudaram drasticamente o estilo de vida, e contribuíram para um formato de convívio que hoje conhecemos como "família".

De famílias desenvolveram-se as comunidades, onde o alimento passou a não ser apenas um produto para consumo, mas também, uma moeda para transações mercadológicas como as especiarias, por exemplo (FLANDRIN; MONTANARI, 2015). O convívio em grupo e o fato de agora poderem estabelecer-se em um único local acabou culminando na descoberta de novos materiais característicos daquela região, como por exemplo os **metais** (6.000 a 1.000 a.C.). Cobre, bronze e ferro foram os primeiros metais manipulados pelos hominídeos por serem de fácil extração e manuseio (KISS, 2024).

A elaboração de artefatos domésticos (potes, vasilhas, facas), armas (machados, lanças), ferramentas agrícolas (enxadas, arados) e objetos artísticos revolucionaram o convívio social e a alimentação, e possibilitaram o avanço a uma nova era (HARARI, 2015; WRANGHAM, 2017).

IDADE ANTIGA (4.000 a.C. A 476 d.C.): IMPORTANTES ASPECTOS DA ALIMENTAÇÃO

O ambiente onde os grupos se estabeleciam foi crucial para a agricultura, e sempre esteve associado à disponibilidade dos alimentos e seus aspectos nutricionais. Os rios Nilo no Egito, Tigre e Eufrates na Mesopotâmia, entre outros, garantiram o cultivo de grandes quantidades de alimentos, pois forneciam água, nutrientes e representavam uma via eficiente de transporte a outras regiões ou comunidades (MARK, 2017). O cultivo de trigo, milho, arroz, uva e cevada permitiram o aumento da população e, consequentemente, o desenvolvimento de grandes civilizações na idade antiga, como os egípcios, fenícios, persas, chineses, hindus, entre outros (HARARI, 2015). Essa diversidade cultural, ambiental e de recursos biológicos cunharam a criação de alimentos e o desenvolvimento de técnicas de preparo de alimentos, como a fermentação, que até hoje fazem parte da dieta da maioria dos povos no mundo. A exemplo temos a produção de pão, vinho e cerveja. Ainda que essas comunidades já tivessem desenvolvido algumas técnicas para o consumo de alimentos em poucas horas ou dias após a fabricação, colheita, caça ou pesca (fermentação, conservas de vinagre e sal, defumação e a desidratação), prevalecia o consumo de alimentos frescos e, consequentemente, com maior diversidade de nutrientes (FLANDRIN; MONTANARI, 2015).

O desenvolvimento da **escrita** (1.500 a.C.) foi outro fator decisivo na sociedade como um todo, visto que permitiu não apenas registrar, mas também repassar informações às gerações futuras, incluindo a forma de produção dos alimentos, sua constituição, formato, sabores e, principalmente, benefícios à saúde. Aliado ao aumento da miscigenação cultural entre os povos vizinhos, surgem novas técnicas e ferramentas para

produzir e consumir o alimento, característica principal que representou a idade média (476 d.C. - 1.453 d.C.) (HILÁRIO, 2001; SILVA, 2024).

A BASE DA DIETA NA IDADE MÉDIA: CEREAIS

Impulsionado pelo rápido desenvolvimento da agricultura e sua versatilidade em produzir grandes quantidades de alimentos, ainda que com baixo teor proteico, os cereais representaram o principal alimento da população na idade média, sobretudo para escravos, trabalhadores e a população menos favorecida. O consumo de carnes, peixes, azeite, frutas e vinho era direcionado aos nobres, os quais não só os podiam consumir como também eram os produtores (FLANDRIN; MONTANARI, 2015). Em muitas populações, os cereais contribuíam com a maior parte da dieta de um indivíduo. O pão branco, feito com farinha de trigo pura, era produzido principalmente pelos nobres.

O trigo, na forma de farinha, foi o principal cereal consumido na idade medieval em virtude dos médicos (e curandeiros, benzedores, entre outros indivíduos considerados com conhecimento na área da saúde na época) recomendarem o consumo da farinha de trigo por entenderem que era a melhor forma dos nutrientes serem absorvidos pelo organismo (FLANDRIN; MONTANARI, 2015). Adicionalmente, com a farinha era possível produzir um alimento muito comum entre os pobres, o mingau (FLANDRIN; MONTANARI, 2015).

Além do trigo, muitas receitas exigiam que os alimentos fossem finamente picados para facilitar a absorção dos nutrientes. Os alimentos ainda eram cozidos diretamente no fogo vivo, em lareiras ou fogos no chão, com o auxílio de utensílios de cobre e panelas de ferro.

INTERAÇÃO MEIO AMBIENTE - ALIMENTO - DOENÇAS ASSOCIADAS

Durante muito tempo, o conhecimento sobre nutrição era rudimentar e baseado no resultado do consumo ou não dos próprios alimentos e seus efeitos no organismo. Exemplos como a deficiência de vitaminas C e D, e dos minerais iodo e zinco historicamente marcaram

o estabelecimento de doenças importantes na história. Ainda que o organismo não seja capaz de sintetizar a maioria das vitaminas, a dieta rica em carnes e peixes frescos e o consumo sazonal de frutas e grãos de povos do Ártico foi capaz de evitar doenças graves como o escorbuto, o raquitismo e doenças associadas a deficiências de diversos outros nutrientes.

Uma descoberta importante sobre o consumo de um determinado alimento *in natura* e seu efeito no organismo foi descrito por James Lind, médico da Marinha Real Britânica que em 1747 associou pela primeira vez o não consumo de frutas cítricas ao desenvolvimento do escorbuto (BARTHOLOMEW, 2002; COOK, 2004; MANELA-AZULAY; MANDARIM-DE-LACERDA; PEREZ; FILGUEIRA *et al.*, 2003). Com a intensa atividade de navegação oceânica característica daquela época, Lind observou que o escorbuto ocorria nos tripulantes em função do grande período que passavam em alto mar e, portanto, sem a presença de frutas cítricas frescas (BARTHOLOMEW, 2002; COOK, 2004; MANELA-AZULAY; MANDARIM-DE-LACERDA; PEREZ; FILGUEIRA *et al.*, 2003). A partir dessa descoberta, a marinha real britânica alterou as rotas das viagens a fim de abastecer os navios com frutas frescas para evitar o escorbuto (COOK, 2004). Entretanto, a descoberta da vitamina C (ácido ascórbico), responsável por evitar o escorbuto, ocorreu somente em 1928 pelo cientista húngaro Albert von Szent-Gyorgyi (MANELA-AZULAY; MANDARIM-DE-LACERDA; PEREZ; FILGUEIRA *et al.*, 2003). Desde então, houve um avanço significativo no estudo sobre vitaminas e suas funções, que culminaram na síntese e comercialização do ácido ascórbico em 1935, e um dos primeiros suplementos desenvolvidos industrialmente (MANELA-AZULAY; MANDARIM-DE-LACERDA; PEREZ; FILGUEIRA *et al.*, 2003). Trinta e cinco anos mais tarde, em 1970, o pesquisador americano Linus Pauling gerou uma série de publicações sobre o papel do ácido ascórbico para a prevenção e tratamento de doenças como resfriados, gripes e câncer. Atualmente, o ácido ascórbico também é essencial para a formação do colágeno e apresenta importante função antioxidante (MANELA-AZULAY; MANDARIM-DE-LACERDA; PEREZ; FILGUEIRA *et al.*, 2003).

O raquitismo já havia sido observado por Sorano e Galeno no século I/II d.C., claro ainda sem relacionar à deficiência de Vitamina D (MARTINS E SILVA, 2007). Somente após o surto de raquitismo que ocorreu na Inglaterra no século XVII, e a Revolução Industrial no século XVIII, que a caracterização da luz solar e do espectro luminoso possibilitaram identificar os efeitos biológicos da radiação solar sobre a síntese de vitamina D (MARTINS E SILVA, 2007). Ou seja, descobriu-se a relação inversa entre raquitismo e exposição à luz solar. A exposição ao sol (radiação ultravioleta B) ativa a pré-vitamina D3 a sintetizar o 25-hidroxicolecalciferol (vitamina D) a partir do colesterol obtido de alimentos de origem animal, ou sintetizado pelo próprio organismo a partir de ácidos graxos saturados (PETERS; MARTINI, 2014).

Outra doença fortemente relacionada a dieta é o bócio endêmico, o qual ocorre em regiões onde o solo é pobre no mineral iodo, normalmente longe da costa marítima (CARPENTER, 2005). O iodo está presente principalmente em animais marinhos como ostras, moluscos e peixes de água salgada, e é essencial para a formação de hormônios tireoidianos, os quais controlam a oxidação celular (CARPENTER, 2005). A deficiência de iodo interfere no metabolismo de água, proteínas, carboidratos, lipídeos e outros minerais, e pode levar a doenças de má-formação congênita como surdez e retardo mental irreversível (CARPENTER, 2005). No Brasil, desde o final da década de 50 o iodo vem sendo adicionado ao sal de cozinha para evitar o desenvolvimento do bócio endêmico que acometia muitas populações da região Norte e Centro-oeste do país (PONTES; ROCHA; LEITE; LESSA *et al.*, 2009).

BIODISPONIBILIDADE DE NUTRIENTES

O comportamento empírico de manter o feijão de molho e trocar a água periodicamente antes de iniciar o cozimento, servir feijoada com laranja, entre tantos outros, parece ser mais uma questão de hábito do que propriamente necessário. No entanto, esse comportamento está associado a biodisponibilidade de nutrientes no alimento, e é responsável por garantir um equilíbrio perfeito entre a presença do nutriente e sua absorção pelo organismo.

O termo "biodisponibilidade" indica a velocidade e a extensão de absorção de um princípio ativo em uma determinada dose segundo sua curva de concentração ou tempo na circulação sistêmica/excreção na urina (BRASIL, 2020a). A biodisponibilidade é uma etapa fundamental no que diz respeito aos alimentos funcionais e às alegações de saúde relacionadas aos componentes dos alimentos, seguida pelo conhecimento dos metabólitos circulantes, o que leva à compreensão dos mecanismos de ação em relação ao benefício (REIN; RENOUF; CRUZ-HERNANDEZ; ACTIS-GORETTA *et al.*, 2013). No que tange ao aspecto nutricional, biodisponibilidade de alimentos é a proporção de um determinado nutriente presente no alimento que é absorvida e disponibilizada para uso pelo organismo (DAVIDSSON; TANUMIHARDJO, 2013). Entretanto, existem alguns fatores que interferem na biodisponibilidade dos nutrientes, como a quantidade consumida em uma refeição, a matriz onde o nutriente é incorporado, a fração do nutriente convertido na forma ativa, o estado nutricional do indivíduo, microbiota intestinal, fatores genéticos, e interações entre os alimentos (JAKOBSEN; MELSE-BOONSTRA; RYCHLIK, 2019; REIN; RENOUF; CRUZ-HERNANDEZ; ACTIS-GORETTA *et al.*, 2013; WEST; CASTENMILLER, 1998).

Por exemplo, quando o feijão é consumido com a laranja, a vitamina C (ácido ascórbico) presente na fruta mantém o ferro não-heme do feijão no estado ferroso, e forma o composto quelato ferro-ascorbato, o qual é mais solúvel e consequentemente melhor absorvido pelo organismo (FANTINI; CANNIATTI-BRAZACA; SOUZA; MANSI, 2008). Ao contrário, quando o feijão é associado a alimentos que contém fitatos, estes possuem efeito inibitório sobre o ferro não-heme, e dificultam a absorção do ferro (GIBSON, 2007). Neste sentido, quando o feijão permanece de molho com troca periódica da água, é possível reduzir a quantidade de compostos como o ácido fítico e os taninos, os quais podem causar redução na biodisponibilidade de alguns nutrientes (HIGASHIMA; LUCCA; REBIZZ; REBIZZI, 2020).

Embora a maioria do que se conhece sobre biodisponibilidade de nutrientes esteja concentrada na análise individual de cada nutriente e suas propriedades, é importante entender que existe uma sinergia

complexa entre os vários elementos presentes em um alimento (TOWNSEND; KIRBY; SAPP; GONZALEZ *et al.*, 2023). E justamente a combinação perfeita entre esses diversos elementos presentes no alimento é que potencializam a absorção dos nutrientes, quando comparado ao consumo isolado de um determinado nutriente como nos suplementos alimentares, por exemplo (TOWNSEND; KIRBY; SAPP; GONZALEZ *et al.*, 2023).

Além da relação do nutriente com os compostos ativos contidos nos alimentos, existem aspectos fisiológicos e metabólicos importantes e que refletem na complexa relação entre nutriente e sua absorção (TOWNSEND; KIRBY; SAPP; GONZALEZ *et al.*, 2023). Ou seja, ainda é preciso levar em consideração características como bioacessibilidade, biodisponibilidade, bioconversão, bioeficácia e bioatividade (COZZOLINO, 2024). A bioacessibilidade é a fração de um composto liberado da matriz alimentar para o lúmen gastrointestinal e disponível para absorção (COZZOLINO, 2024). O termo biodisponibilidade leva em consideração a bioconversão e bioeficácia desse processo (COZZOLINO, 2024). O primeiro refere-se à fração do nutriente convertido na forma ativa, e o segundo a eficiência da conversão. Já o termo bioatividade abrange eventos relacionados à forma como os nutrientes e compostos ativos são transportados e alcançam os tecidos-alvo, além de interações com biomoléculas, ações de metabolismo ou biotransformações e a resposta fisiológica que o processo pode desencadear (COZZOLINO, 2024).

As características do indivíduo também podem influenciar a biodisponibilidade pois as enzimas digestivas e a bile, secretadas na mucosa intestinal, são fundamentais para a absorção adequada de nutrientes (GIBSON, 2007; REIN; RENOUF; CRUZ-HERNANDEZ; ACTIS-GORETTA *et al.*, 2013). Também são importantes para que compostos bioativos lipossolúveis como as vitaminas A, D, E e K, carotenóides e ácidos graxos poliinsaturados sejam hidrolisados e emulsificados para serem absorvidos pelas células do intestino (GIBSON, 2007; REIN; RENOUF; CRUZ-HERNANDEZ; ACTIS-GORETTA *et al.*, 2013).

Aliado às características já apontadas, os alimentos que passam por algum tipo de processamento térmico, de moagem, descasque,

refinamento, secagem, fermentação e fortificação, também podem sofrer alterações no seu conteúdo de nutrientes e de compostos bioativos, e consequentemente na sua biodisponibilidade (GIBSON, 2007; MIESZCZAKOWSKA-FRĄC; CELEJEWSKA; PŁOCHARSKI, 2021; SAMTIYA; ALUKO; DHEWA, 2020). Ou seja, produtos *in natura,* sem processamento, apresentam perfeita harmonia entre as combinações dos nutrientes e fornecem o necessário para o bom desempenho do organismo, nem menos e nem mais. É também pertinente salientar que aumento no consumo de alimentos e bebidas ultraprocessados, carne bovina e laticínios está associado a elevadas emissões de gases de efeito estufa, outro grave problema global que ainda necessita mais investimento e melhores soluções (HYLAND; HENCHION; MCCARTHY; MCCARTHY, 2017).

Em resumo, a complexa relação entre biodisponibilidade de nutrientes no alimento e a absorção no organismo revela a importância de uma dieta saudável, diversificada e *in natura* para garantir o bom desempenho do metabolismo. Tanto a falta como o excesso de nutrientes são prejudiciais ao organismo, sobretudo a longo prazo. Infelizmente, a drástica alteração do padrão de vida da população global nas últimas duas décadas alterou o modo como as pessoas se alimentam e vivem. Grande parte da população mundial passou de um estilo de vida ativo e dieta *in natura* para um comportamento sedentário, dieta rica em alimentos ultra processados e uso desnecessário de suplementos alimentares. Adicionado ao desconhecimento dos malefícios desse comportamento a médio e longo prazos, potencialmente nos próximos anos haverá aumento substancial de doenças crônicas não transmissíveis associadas a dieta e estilo de vida inadequados (BRASIL, 2023).

SUPLEMENTOS ALIMENTARES

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) define suplementos alimentares como um "produto para ingestão oral, apresentado em formas farmacêuticas, destinado a suplementar a alimentação de indivíduos saudáveis com nutrientes, substâncias bioativas, enzimas ou probióticos, isolados ou combinados" (BRASIL, 2018; 2020b). Não são medicamentos e não devem ser utilizados para

tratar, prevenir ou curar doenças (BRASIL, 2018; 2020b). Outro aspecto importante é que os nutrientes, substâncias bioativas, enzimas ou probióticos que compõem os suplementos alimentares só podem ser utilizados quando autorizados pela Anvisa (BRASIL, 2018; 2020b).

Os suplementos são classificados em seis categorias distintas de alimentos e uma de medicamentos (BRASIL, 2018; 2020b):

1. Suplementos de vitaminas e minerais.
2. Substâncias bioativas e probióticos.
3. Novos alimentos apresentados em formatos farmacêuticos.
4. Alimentos com alegações de propriedades funcionais apresentados em formatos farmacêuticos.
5. Suplementos para atletas.
6. Complementos alimentares para gestantes e nutrizes, e medicamentos específicos isentos de prescrição.

Os suplementos alimentares são fundamentais para compor a dieta de grupos vulneráveis, incluindo gestantes, atletas, vegetarianos, veganos e idosos (BRASIL, 2020b). Também são importantes em determinadas intervenções dietéticas com o objetivo de tratar doenças relacionadas a deficiências nutricionais, como anemia ferropriva e bócio endêmico, por exemplo (AMAWI; ALKASASBEH; JARADAT; ALMASRI *et al.*, 2023). Em resumo, a suplementação alimentar é fundamentalmente aplicada para garantir a ingestão adequada de nutrientes quando não é possível obter o mesmo aporte nutricional somente por meio da ingestão de alimentos (AMAWI; ALKASASBEH; JARADAT; ALMASRI *et al.*, 2023).

O aumento no interesse para manter uma vida saudável tem incorretamente impulsionado o mercado de suplementos alimentares. Infelizmente, esse aumento tem levado muitas pessoas a consumirem inadequadamente suplementos alimentares, seja para aumentar a massa muscular, pular refeições em função do tempo, substituir refeições saudáveis e, principalmente, pela mídia das indústrias de suplementos que visam exclusivamente lucro. Na grande maioria das vezes, as pessoas que usam suplementos alimentares não necessitam desse aporte nutricional adicional, e são expostas a riscos importantes à saúde, a médio e longo prazos.

Ainda que não seja um medicamento, o excesso de um determinado suplemento alimentar pode acarretar efeitos adversos à saúde, como o desenvolvimento de acne, doenças renais e hepáticas a médio e longo prazos (CAVA; PADUA; CAMPACI; BERNARDI *et al.*, 2024). A presença de contaminantes nas matérias-primas utilizadas para a produção dos suplementos é outro fator importante a ser considerado, como por exemplo a presença de arsênio, dioxinas, mercúrio e bifenilas policloradas presentes no salmão (JENSEN; EILERTSEN; OTNÆS; MÆHRE *et al.*, 2020). Alguns dos ingredientes usados em suplementos são desenvolvidos artificialmente ou extraídos de fontes não alimentares, sendo fundamental avaliar cuidadosamente sua segurança antes do consumo (GIBSON, 2007). Ingredientes extraídos de fontes alimentares também podem passar por processos de extração que concentram substâncias tóxicas (GIBSON, 2007).

A presença de níveis elevados de um determinado nutriente no organismo também pode gerar graves problemas à saúde. Por exemplo, o excesso de cálcio na urina (hipercalciúria) e no sangue (hipercalcemia), causados pelo consumo excessivo de cálcio em suplementos ou até mesmo do consumo de leite, podem promover confusão, polidipsia, poliúria, anorexia, vômitos e fraqueza muscular (CHANG; LEE, 2019).

O consumo adequado de qualquer suplemento alimentar deve seguir as recomendações das "Ingestões Dietéticas de Referência" (DRIs), criadas para informar ao usuário a quantidade correta máxima e mínima necessária para uma vida saudável (MEDICINE, 2006). Neste sentido, é fundamental realizar diversos exames sempre acompanhado de uma equipe multidisciplinar para avaliar a necessidade de consumir qualquer tipo de suplemento alimentar. Submeter o corpo a doses elevadas de qualquer nutriente não é, e nunca será, sinônimo de benefício. É preciso avaliar individualmente cada caso, e o que parece ser bom para um indivíduo pode ser extremamente tóxico para outra pessoa.

CONSIDERAÇÕES

O excesso de trabalho, a falta de tempo, a busca por uma imagem corporal perfeita e a divulgação de informações incorretas ou não científicas sobre suplementos alimentares têm direcionado muitas pessoas a consumirem cada vez mais esses produtos. Antes de qualquer alteração no padrão da dieta convencional, é fundamental que qualquer indivíduo que deseje utilizar um suplemento alimentar, indiferente do motivo, seja submetido a uma série de exames e acompanhado por um médico para identificar a real necessidade de consumir suplementos alimentares. Ainda que não seja necessária a indicação médica para o uso de um suplemento, seu uso inadequado potencialmente irá gerar consequências negativas a longo prazo, muitas vezes irreversíveis. O consumo de alimentos *in natura* é e sempre será a melhor forma de fornecer todos os nutrientes que o organismo precisa para um bom desempenho, e este hábito jamais deve ser substituído por produtos industrializados. Saúde!

REFERÊNCIAS

AMAWI, A.; ALKASASBEH, W.; JARADAT, M.; ALMASRI, A. *et al.* Athletes' nutritional demands: a narrative review of nutritional requirements. **Front Nutr**, 10, p. 1331854, 2023.

BARTHOLOMEW, M. James Lind's Treatise of the Scurvy (1753). **Postgrad Med J**, 78, n. 925, p. 695-696, 2002.

BRASIL. **Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da Diretoria Colegiada - RDC n.º 243 de 26/07/2018**. 2018. Disponível em: https://antigo.anvisa.gov.br/legislacao#/visualizar/378667. Acesso em: 06/09/2024.

BRASIL. **Ministério da Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária Saúde. Conceitos e definições**. 2020a. Disponível em: https://www.gov.br/anvisa/pt-br/acessoainformacao/perguntasfrequentes/medicamentos/conceitos-e-definicoes. Acesso em: 06/09/2024.

BRASIL. **Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Perguntas & respostas: Suplementos alimentares**. 2020b. Disponível em: https://antigo.anvisa.gov.br/documents/33916/2810640/Suplementos+Alimentares/a6fd2839-6d80-496a-becb-8b2122eff409. Acesso em: 06/09/2024.

BRASIL. **Plano de Ações Estratégicas para o Enfrentamento das Doenças Crônicas e Agravos Não Transmissíveis no Brasil, 2021-2030 (Plano de Dant)**. 2023. Acesso em: 11 09 2024.

CARPENTER, K. J. David Marine and the Problem of Goiter. **The Journal of Nutrition**, 135, n. 4, p. 675-680, 2005/04/01/ 2005.

CAVA, E.; PADUA, E.; CAMPACI, D.; BERNARDI, M. *et al.* Investigating the Health Implications of Whey Protein Consumption: A Narrative Review of Risks, Adverse Effects, and Associated Health Issues. **Healthcare (Basel)**, 12, n. 2, p. 246, 2024.

CHANG, S. W.; LEE, H. C. Vitamin D and health - The missing vitamin in humans. **Pediatr Neonatol**, 60, n. 3, p. 237-244, 2019.

COOK, G. C. Scurvy in the British Mercantile Marine in the 19th century, and the contribution of the Seamen's Hospital Society. **Postgrad Med J**, 80, n. 942, p. 224-229, Apr 2004.

COZZOLINO, S. M. F. **Biodisponibilidade de nutrientes**. Barueri: Editora Manole, 2024. 9788520460795. 960 p. Disponível em: https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788520460795/.

DAVIDSSON, L.; TANUMIHARDJO, S. A. Bioavailability. *In*: CABALLERO, B. (Ed.). **Encyclopedia of Human Nutrition (Third Edition)**. Waltham: Academic Press, 2013. p. 149-155.

ERDOĞAN, H. A.; GÜNDÜZ, R.; SEÇİM, Y. The use of prehistoric foods for resilience in heritage tourism: a case of Çatalhöyük, Turkey. **Food Science and Technology**, 42, p. e104321, 2022.

FANTINI, A. P.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G.; SOUZA, M. C.; MANSI, D. N. Disponibilidade de ferro em misturas de alimentos com adição de alimentos com alto teor de vitamina C e de cisteína. **Food Science and Technology**, 28, 2008.

FLANDRIN, J.-L.; MONTANARI, M. **História da alimentação**. São Paulo: Editora Estação Liberdade Ltda., 2015. 888 p.

GIBSON, R. S. The role of diet- and host-related factors in nutrient bioavailability and thus in nutrient-based dietary requirement estimates. **Food Nutr Bull**, 28, n. 1 Suppl International, p. S77-100, Mar 2007.

HARARI, Y. N. **Sapiens: Uma breve história da humanidade**. 3 ed. Porto Alegre, RS: L&PM, 2015. 459 p. 978-85-254-3218-6.

HIGASHIMA, N. S.; LUCCA, A.; REBIZZ, L. R.; REBIZZI, L. M. H. Fatores antinutricionais na alimentação humana. **Segurança Alimentar e Nutricional**, 27, p. e020013, 2020.

HILÁRIO, F. J. **A idade média: Nascimento do ocidente**. 2 ed. São Paulo, SP: Editora Brasiliense, 2001. 273 p. 85-11-00055-0

HYLAND, J. J.; HENCHION, M.; MCCARTHY, M.; MCCARTHY, S. N. The role of meat in strategies to achieve a sustainable diet lower in greenhouse gas emissions: A review. **Meat Sci**, 132, p. 189-195, Oct 2017.

JAKOBSEN, J.; MELSE-BOONSTRA, A.; RYCHLIK, M. Challenges to Quantify Total Vitamin Activity: How to Combine the Contribution of Diverse Vitamers? **Curr Dev Nutr**, 3, n. 10, p. nzz086, 2019.

JENSEN, I. J.; EILERTSEN, K. E.; OTNÆS, C. H. A.; MÆHRE, H. K. *et al.* An Update on the Content of Fatty Acids, Dioxins, PCBs and Heavy Metals in Farmed, Escaped and Wild Atlantic Salmon (Salmo salar L.) in Norway. **Foods**, 9, n. 12, p. 1901, 2020.

KISS, T. **Idade dos metais**. Enciclopédia Humanidades, 2024. Disponível em: https://humanidades.com/br/idade-dos-metais/. Acesso em: 10 09 2024.

MANELA-AZULAY, M.; MANDARIM-DE-LACERDA, C. A.; PEREZ, M. D. A.; FILGUEIRA, A. L. *et al.* Vitamina C. **Anais Brasileiros de Dermatologia**, 78, n. 3, p. 265-272, 2003.

MARK, J. J. **Ancient Egyptian Agriculture**. 2017. Disponível em: https://www.worldhistory.org/article/997/ancient-egyptian-agriculture/. Acesso em: 06/09/2024.

MARTINS E SILVA, J. Breve Histórico do raquitismo e da descoberta da vitamina D. **Acta Reum Port**, n. 32, p. 24, 2007.

MEDICINE, I. O. **Dietary Reference Intakes: The Essential Guide to Nutrient Requirements.** Washington, DC, 2006. Disponível em: https://nap.nationalacademies.org/catalog/11537/dietary-reference-intakes-the-essential-guide-to-nutrient-requirements. Acesso em: 06/09/2024.

MIESZCZAKOWSKA-FRĄC, M.; CELEJEWSKA, K.; PŁOCHARSKI, W. Impact of Innovative Technologies on the Content of Vitamin C and Its Bioavailability from Processed Fruit and Vegetable Products. **Antioxidants (Basel)**, 10, n. 1, 2021.

PETERS, B. S. E.; MARTINI, L. A. **Vitamina D**. 2 ed. São Paulo, SP: ILSI - INTERNATIONAL LIFE SCIENCES INSTITUTE DO BRASIL, 2014. (Série de Publicações ILSI Brasil: Funções plenamente reconhecidas de nutrientes. 978-85-86126-45-1.

PONTES, A. A. N. D.; ROCHA, A. D. M.; LEITE, D. F. B.; LESSA, A. D. F. *et al.* Iodação do sal no Brasil, um assunto controverso. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, 53, 2009.

REIN, M. J.; RENOUF, M.; CRUZ-HERNANDEZ, C.; ACTIS-GORETTA, L. *et al.* Bioavailability of bioactive food compounds: a challenging journey to bioefficacy. **Br J Clin Pharmacol**, 75, n. 3, p. 588-602, Mar 2013.

SAMTIYA, M.; ALUKO, R. E.; DHEWA, T. Plant food anti-nutritional factors and their reduction strategies: an overview. **Food Production, Processing and Nutrition**, 2, n. 1, p. 6, 2020.

SILVA, D. N. **Idade Média**. 2024. Disponível em: https://brasilescola.uol.com.br/historiag/idade-media.htm#:~:text=A%20Idade%20M%C3%A9dia%20%C3%A9%20o,%2C%20M%C3%A9dia%2C%20Moderna%20e%20Contempor%C3%A2nea. Acesso em: 10 09 2024.

TOWNSEND, J. R.; KIRBY, T. O.; SAPP, P. A.; GONZALEZ, A. M. *et al.* Nutrient synergy: definition, evidence, and future directions. **Front Nutr**, 10, p. 1279925, 2023.

WEST, C. E.; CASTENMILLER, J. J. Quantification of the "SLAMENGHI" factors for carotenoid bioavailability and bioconversion. **Int J Vitam Nutr Res**, 68, n. 6, p. 371-377, 1998.

WRANGHAM, R. Control of Fire in the Paleolithic: Evaluating the Cooking Hypothesis. **Current Anthropology**, 58, n. S16, p. S303-S313, 2017.

CAPÍTULO

10

QUALIDADE AMBIENTAL E SAÚDE

UM ESTUDO SOBRE OS MEIOS DE PROTEÇÃO DA ÁGUA E SUA RELAÇÃO COM O ORDENAMENTO JURÍDICO

Jefferson Alexandre Provezi[1]
Rodolfo Coelho Prates[2]

[1] Mestre em Administração de Empresas com ênfase em Gestão Estratégica das Organizações, Programa de Pós-Graduação Administração, Universidade do Estado de Santa Catarina, UDESC/ESAG. Lattes: http://lattes.cnpq.br/1065708190780811.

[2] Doutor em Economia Aplicada. Professor do Programa de Pós-Graduação em Saúde e Meio Ambiente da Universidade da Região de Joinville - UNIVILLE. Lattes: http://lattes.cnpq.br/4326106498432347.

INTRODUÇÃO

Para iniciar um estudo sobre os meios de proteção da água e sua relação com o ordenamento jurídico, faz-se necessário entender como a água e os recursos hídricos são vitais e como sua escassez pode prejudicar a manutenção da vida, incluindo todas as formas, bem como as mais diversas atividades humanas. Nesse sentido, é fundamental compreender como a gestão da água se relaciona com as questões jurídicas, os aspectos legais e técnicos dos recursos hídricos, e ainda como o mercado reage à manutenção dos recursos hídricos.

A situação ambiental está cada vez mais no centro do debate relativo à perpetuidade do estilo de vida dos seres humanos na terra. Em especial, a escassez de água, e dos demais recursos naturais, no ambiente social e econômico se torna relevante por conta da elevada dependência por esse recurso. Conforme Martins (2003, p.2): "até 2025, a água potável que hoje é desperdiçada pelas calçadas das grandes metrópoles fará falta para mais da metade da população do planeta".

No âmbito jurídico, de acordo com Viegas (2007), é inegável que os direitos à saúde e a vida, constituem direitos humanos fundamentais, sendo necessário não apenas o reconhecimento da afirmação, mas também a efetivação dos direitos fundamentais, tendo através de regras de cunho disciplinador para a preservação dos recursos hídricos como a implantação de cobrança nos artigos 19 a 22 da Lei n.º 9.433/97 que monitora o desperdício da água.

Muito embora o Brasil esteja em uma condição favorável no que tange a disponibilidade de recursos hídricos frente a outros países (MONTEIRO, 2015), torna-se necessário verificar a amplitude dos impactos que uma eventual escassez da água traz para a privação dos direitos básicos da sociedade brasileira. Tal discussão se faz pertinente em todos os aspectos da humanidade, dada sua contínua expansão no aspecto populacional. Nesse sentido, é de vital necessidade o manejo correto dos recursos disponíveis e, principalmente, a garantia dos direitos básicos para que a sociedade seja devidamente atendida e sejam minimizados os *trade-offs* existentes no uso da água (JACOBI; EMPINOTTI; SCHMIDT, 2016).

A água está presente em diversas culturas, mitologias, crenças e épocas, sendo referenciada como um elemento vital da geração e manutenção da vida. Todo o ecossistema terrestre em contextos químico, biológico e no formato da vida estão intrinsecamente conectados à água (REBOUÇAS, 1997). Desta forma, pode-se definir a água como uma substância vital e escassa, presente somente na sua forma natural, como define Olivo e Ishiki (2015, p. 5), "a abundância que sempre deixou a população e governantes com uma falsa sensação de segurança demonstram que a escassez de água é real e atual", ou seja, é de certa forma recente a compreensão de que o líquido necessário para a manutenção da vida é escasso e a sua propriedade é uma forma de poder.

Segundo Cunha *et al*. (2011), a gestão dos recursos hídricos tem um grande desafio: equilibrar a necessidade dos usuários e a disponibilidade de água, de forma que, a capacidade de consumo da água seja proporcional ou maior que a manutenção ecológica da quantidade de água disponível. Dentro do tema é importante que sejam definidos conceitos básicos para um melhor entendimento da matéria. Para Cunha *et al*. (2011, p. 2), "a gestão dos recursos hídricos tem um grande desafio, equilibrar a necessidade dos usuários e a disponibilidade de água. A pressão sobre os recursos hídricos pode ser reduzida com o controle de demandas". Deste modo, no que tange a teoria dos recursos escassos, há uma importante relação entre o total de bens, no qual a teoria econômica, que trata da otimização dos recursos escassos, se torna aderente a essa temática. Isso implica na necessidade de gestão dos recursos hídricos, tocando no limite a relação jurídica desses bens.

Nos últimos séculos, principalmente após o início da era industrial, há uma relação entre o crescimento da produção e a necessidade de recursos hídricos, não só pelo aumento populacional, mas pelo consumo direto e indireto de água per capita, de modo que os recursos hídricos são reservados e divididos para consumo direto público e indireto na produção agrícola ou de bens de consumo. Assim sendo, a gestão hídrica deve agir juntamente dentro do âmbito legal, na qual, considerando a água com um bem comum vital, torna-se o principal fator para a necessidade de gestão desses recursos. Nos aspectos brasileiros, a lei é fundamental

para a democratização e descentralização das decisões que abordam o consumo e o reuso da água (CARMO *et al*., 2007).

A gestão da água está também relacionada ao manejo dos impactos de secas e inundações e à redução dos riscos do ecossistema da vida humana. Para a mitigação de desastres como a escassez de água, a poluição hídrica e a falta de estrutura, por exemplo, são utilizados distribuição de pacotes de saneamento individual, novos sistemas de saneamento básico e supervisão rigorosa dos produtos químicos que podem impactar na contaminação da água (ROSSO, 2018).

No caso da gestão pública dos recursos hídricos no Brasil a CRFB/88[1] reforça, na Lei n.º 9.433/97, no artigo 33, a integração do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), na qual constitui que os órgãos responsáveis pela administração das águas são dados por:

> I - Conselho Nacional de Recursos Hídricos,
> II - Agência Nacional de Águas,
> III - Conselhos de Recursos Hídricos dos Estados e do Distrito Federal,
> IV - Comitês de Bacia Hidrográfica,
> V - Órgãos dos poderes públicos federal, estaduais, do Distrito Federal e municipais cujas competências se relacionem com a gestão de recursos hídricos e
> VI - Agências de Água.

O Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos possui objetivos bem definidos para os órgãos já citados na Constituição, como instituído no artigo 32, cujos principais são: coordenar a gestão integrada das águas, arbitrar administrativamente os conflitos relacionados com os recursos hídricos, implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos, planejar, regular e controlar o uso, a preservação e a recuperação dos recursos hídricos e promover a cobrança pelo uso desses mesmos recursos.

Diante de um potencial agravamento das questões hídricas, é fundamental um entendimento adequado sobre as causas subjacentes dos problemas e os princípios da gestão sustentável da água relacionados

[3] Constituição da República Federativa do Brasil de 1988.

ao ordenamento jurídico na legislação brasileira. Portanto, esse entendimento torna-se fundamental para desenvolver soluções eficazes e sustentáveis para enfrentar os desafios emergentes relacionados à água com base na ordem legal vigente.

EVOLUÇÃO DO ORDENAMENTO JURÍDICO SOBRE A ÁGUA

Desde a Constituição de 1934 já se instituiu a gestão das águas como um bem de domínio público, mas foi durante a Constituição da República Federativa do Brasil de 1988 que houve a definição de não só enfatizar a dominialidade pública entre a União e os Estados, mas criar também o Sistema de Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (LIMA; SOARES, 2015).

O Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH) teve seu marco legal na Constituição de 1988, porém foi regulamentado através da Lei n.º 9.433 de 1997 (a Lei das Águas), na qual houve também a instituição da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), cujos fundamentos são relatados por Lima e Soares (2015, p.10):

> I. a água é um bem de domínio público; II. a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico; III. em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais; IV. a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas; V. a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos; VI. a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do poder público, dos usuários e das comunidades.

Após a instauração dos aspectos norteadores, a Agência Nacional de Águas (ANA), criada no ano 2000 por meio da Lei n.º 9.984, que, além de criar a ANA, auxiliou na delimitação da estrutura administrativa,

promovendo articulação desde o âmbito nacional a estaduais, passando por setores que estão inseridos no Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e formulando a Política Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 2023).

No âmbito dos Sistema Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional, o SISAN, incluiu a água no artigo 4.º inciso I, ressaltando como sendo "(...) medidas que mitiguem o risco de escassez de água potável, da geração de emprego e da redistribuição da renda" (BRASIL, 2023, web). Deste modo, demonstram-se os objetivos do Sistema Nacional de Recursos Hídricos para esses recursos, no artigo 2.º, no qual, busca assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos.

A água é um bem indispensável em qualquer tipo de produção, sendo complementar em qualquer bem ou *commodity*, na qual, os recursos hídricos possuem internacionalmente uma relação de poder com pontos decisivos na geopolítica mundial. Atualmente há consenso no comércio de água entre países, ou sua relação de propriedade, como por exemplo, o Rio Amazonas, o maior corpo de água doce terrestre é compartilhado por quatro países da América do Sul, sendo eles: Brasil, Colômbia, Peru e Equador. Nos últimos anos, o mercado internacional tem dividido a relação entre nações de consumo produtivo e a quantidade de recursos hídricos disponíveis, em que países com grandes quantidades de recursos hídricos equilibram, no mercado, a possibilidade de outros países enfrentarem esses tipos de escassez. Deste modo, a manutenção dos recursos hídricos no âmbito internacional deve ser ditada pelos aspectos de forma econômica, política, social e ambiental (CARMO *et al*. 2007). Elementos também dispostos no artigo 9.º da Lei dos Recursos Hídricos (Lei n.º 9.433/97):

> o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água, visa:
> I - assegurar às águas qualidade compatível com os

> usos mais exigentes a que forem destinadas;
> II - diminuir os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes.

De acordo com Wenzel (2020), o Código Florestal Brasileiro trouxe algumas novidades com relação ao que já se tinha visto na questão da preservação florestal, bem como da água e outros componentes do meio ambiente. Uma dessas novidades é a garantia de 30 metros de faixa de preservação ao lado de cada margem dos rios brasileiros. No entanto, para especialistas, essa quantidade é insuficiente e deveria ser ajustada para cada situação específica. Na visão de Montag *et al* (2020), no caso de pastagens e demais atividades pecuárias, a distância deveria ser de, pelo menos, 200 metros. Em sua visão, para plantar pasto, é preciso fazer o corte raso da vegetação, incorrendo então na existência de muita ação do vento e da chuva. Além disso, as fezes dos animais contêm muito material químico sendo que, para determinadas culturas, os pecuaristas também usam herbicidas. Tudo isso é levado para dentro da fonte de água.

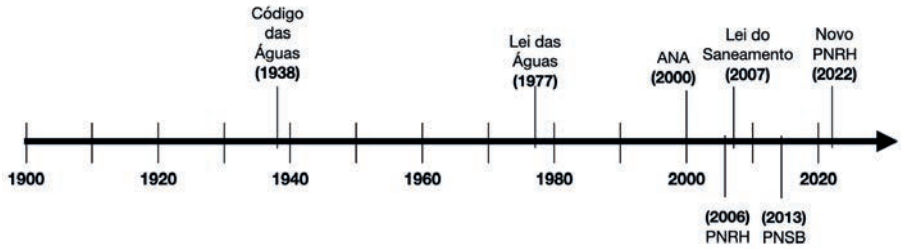
De acordo com Rosso (2018), 70% das reservas globais de água doce do mundo são consumidas pela agricultura. Devido à grande dependência atual da economia brasileira com relação ao agronegócio, é importante que as novas legislações levem em consideração o uso da água pelo plantio e pela criação de animais. Falhas nessa combinação podem propiciar grandes riscos para as atividades econômicas, uma vez que a crescente pressão nos recursos hídricos pode gerar escassez no fornecimento de água para plantações e criações de animais no país todo. Não obstante, na legislação brasileira, encontram-se diversas formas de políticas públicas na mitigação de riscos tanto na escassez direta de recursos hídricos quanto na mitigação de poluição das águas. Um de seus exemplos é o artigo 50 da Política Nacional de Recursos Hídricos que garante as infrações legais para qualquer exceção na execução

de serviços relacionados às águas, na qual o infrator estará à critério da autoridade e sujeito às penalidades enumeradas no referido artigo (BRASIL, 2023).

A relação entre a Lei das Águas e o sistema econômico envolve aspectos fundamentais da gestão dos recursos hídricos que impactam diretamente atividades econômicas, desenvolvimento sustentável e equidade social. Sabe-se que a água é considerada fator indispensável para a sobrevivência. De acordo com Léo e Hernandez (2001), em 5.000 a.C., a irrigação passa a ser utilizada no Egito e o primeiro sistema de distribuição de água surgiu apenas em 2500 a.C. na Índia. Já o tratamento da água passa a ser feito só em 1829 e a cidade sede da primeira estação de tratamento foi Londres, no Reino Unido. Entendendo a relevância da questão, em 2010 a ONU - Organização das Nações Unidas, reconheceu o direito à água limpa e segura como um direito humano essencial. Isso porque segundo o estudo realizado pela instituição, existe no mundo por volta de 2,1 bilhões de pessoas sem acesso à água segura e de qualidade no mundo. Ou seja, essas pessoas estão expostas ao risco de doenças e demais consequências que a falta de água de qualidade proporciona.

De acordo com Mazaro (2021), mesmo a ação da ONU sendo um compromisso formal, para ter força legal, todo e qualquer direito deve ser incorporado ao ordenamento jurídico interno de cada país, seja por meio de tratados, acordos ou legislação nacional. Portanto, embora o direito humano à água seja reconhecido, ele só é válido como direito nos países que o reconheceram. Esclarecidos os conceitos, entende-se importante traçar uma linha do tempo para melhor entendimento das normas legais que falam sobre a questão ambiental adentrando o postulado da questão hídrica. Assim, foi elaborada a Figura 1, contemplando os períodos em que ocorreram acontecimentos que marcaram a história das Leis das Águas brasileiras:

Figura 1: Linha do tempo do direito das águas.



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

O Código das Águas (Decreto n.º 24.643, de 1934), foi a primeira norma legal formalizada, com o intuito de proteger a qualidade das águas, determinando a proibição de construções que possam poluir ou inutilizar o uso de águas de poços ou nascentes. Pela Constituição Federal (BRASIL, 1988), as águas ou são de domínio do Estado ou de domínio da União, em que se reforça, nesse sentido, que os bens públicos são aqueles de titularidade da União, Estados, Distrito Federal e Municípios, ou da Administração Indireta (autarquias e fundações de direito público), sendo excluídas, portanto, as empresas públicas e as sociedades de economia mista, as quais são regidas pelo direito privado e possuem bens privados, não públicos. Segundo o artigo 26, incluem-se entre os bens dos Estados: I - as águas superficiais ou subterrâneas, fluentes, emergentes e em depósito, ressalvadas, neste caso, na forma da lei, as decorrentes de obras da União; segundo o artigo 20 são bens da União: III - os lagos, rios e quaisquer correntes de água em terrenos de seu domínio, ou que banhem mais de um Estado, sirvam de limites com outros países, ou se estendam a território estrangeiro ou dele provenham, bem como os terrenos marginais (FREIRIA, 2015).

Percebe-se assim a importância da conscientização quanto à poluição de todo e qualquer recurso hídrico, e que, para salientar e enfatizar essa questão, fez-se necessário o uso de uma "força maior" que seria considerar a posse do Estado diante dos recursos mencionados, em uma tentativa de imposição de respeito. A Lei n.º 9.433, criada em

janeiro de 1997, instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, tendo como objetivo assegurar a disponibilidade de água de qualidade:

> Verifica-se que um dos objetivos da Política Nacional dos Recursos Hídricos é justamente assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos, o que também justifica a regulamentação de procedimentos para controle da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. (FREIRIA, 2015, p.289).

A Lei destacou a água como um bem de domínio público e de interesse comum, e a partir de então, sempre que que houver a necessidade de captação de água com o intuito de ser utilizada na lavoura ou para receber efluentes, o produtor rural deve ter autorização.

Novamente, no ano de 2000, foi criada a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, também conhecida como ANA, que tem como missão e gerir os recursos hídricos, regulando o acesso a água e promovendo seu uso sustentável. Ainda, sua função é implementar a política nacional de segurança de barragens e a política nacional de saneamento básico. De acordo com Brasil (2023) as funções da agência alcançam a regulação dos recursos hídricos no âmbito nacional, e cabe a ela o controle e a avaliação dos instrumentos de gestão criados pela Política Nacional de Recursos Hídricos, Política Nacional de Segurança de Barragens e Política Nacional de Saneamento Básico.

Em 2006 surge o Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), que é o documento orientador da implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e da atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH). Os planos diretores têm como objetivo fundamentar e orientar a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e gerenciar esses recursos. O artigo 7 da Lei n.° 9.433/97 estabelece o conteúdo mínimo dos Planos de Recursos Hídricos e o artigo 8 determina que esses Planos deverão ser elaborados

por bacia hidrográfica (Plano de Bacia), por Estado (Planos Estaduais) e para o País (Plano Nacional). Segundo Senra e Coelho (2005), eles deverão ser concebidos tendo como base os fundamentos, objetivos e diretrizes gerais de ação, previstos na Lei Federal n.º 9.433/97.

De acordo com o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco - CBHSF (2021), o Decreto n.º 4.755 de 20 de junho de 2003 estabelece, em seu artigo 11, que a Secretaria de Recursos Hídricos do Ministério do Meio Ambiente deve coordenar a elaboração e auxiliar no acompanhamento da implementação do Plano Nacional de Recursos Hídricos (inciso III). Já o Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH fica responsável pelo acompanhamento da execução e a responsabilidade pela aprovação, de acordo com o artigo 35, IX, da Lei n.º 9.433/97.

Sendo assim, todo e qualquer tipo de documento que integra o Plano Nacional só é reconhecido como Plano de Recursos Hídricos, na forma da Lei n.º 9.433/97, após aprovados e legitimados pelo Conselho. Dando continuidade às legislações que contemplam o elemento água, em 2007 foi aprovada a Lei de Saneamento, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera quatro leis do mesmo tema; revoga a Lei n.º 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências.

De acordo com Brasil (2007), a Lei n.º 11.445, de 5 de janeiro de 2007 estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico. Diante disso, os princípios fundamentais que envolvem a água nos quais serão baseados os serviços públicos prestados, consideram-se como mais relevantes:

> I - universalização do acesso;
> II - integralidade, compreendida como o conjunto de todas as atividades e componentes de cada um dos diversos serviços de saneamento básico, propiciando à população o acesso na conformidade de suas necessidades e maximizando a eficácia das ações e resultados;
> III - abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos realizados de formas adequadas à saúde pública e à proteção do meio ambiente;

> IV - disponibilidade, em todas as áreas urbanas, de serviços de drenagem e de manejo das águas pluviais adequados à saúde pública e à segurança da vida e do patrimônio público e privado;
> XII - integração das infraestruturas e serviços com a gestão eficiente dos recursos hídricos.

Ainda, considera-se:

> I - saneamento básico: conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de:
> a) abastecimento de água potável: constituído pelas atividades, infraestruturas e instalações necessárias ao abastecimento público de água potável, desde a captação até as ligações prediais e respectivos instrumentos de medição;
> b) esgotamento sanitário: constituído pelas atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, tratamento e disposição final adequados dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até o seu lançamento final no meio ambiente;
> c) limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos: conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destino final do lixo doméstico e do lixo originário da varrição e limpeza de logradouros e vias públicas;
> d) drenagem e manejo das águas pluviais urbanas: conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de drenagem urbana de águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas.

Com isso, entende-se que, para quaisquer que sejam as utilizações de recursos hídricos para prestação de serviços, faz-se necessária aprovação prévia dos direitos de uso baseados nos termos da Lei n.º 9.433, de 8 de janeiro de 1997.

O Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB) foi aprovado pelo Decreto nº 8.141 de 20 de novembro de 2013 e pela Portaria Interministerial nº 571 de 05 de dezembro de 2013 e sua elaboração foi prevista na Lei de Diretrizes Nacionais para o saneamento básico - Lei n.º 11.445/2007. Consiste no planejamento integrado do saneamento básico considerando seus quatro componentes: abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, coleta de lixo e manejo de resíduos sólidos e drenagem e manejo das águas pluviais urbanas, e possui o horizonte de 20 anos (2014 a 2033), devendo ser avaliado anualmente e revisado a cada quatro anos.

O Plano estabelece Metas para 2023 e 2033, totalizando 29 metas que envolvem oito indicadores para o abastecimento de água, seis para esgotamento sanitário e oito de resíduos sólidos urbanos. Essas metas foram criadas após uma análise do déficit de investimentos em saneamento básico, assim como dos programas e ações do governo federal. Ainda consta apresentar que no período de 2020 iniciou-se o Novo Plano Nacional de Recursos Hídricos, que contempla o período de 2022 a 2040, promovendo a modernização dos recursos hídricos, com sustentabilidade ambiental e parcerias com a sociedade.

A aprovação deu-se em 2022, em que além do novo plano, também foi aprovada resolução que estabelece diretrizes para a fiscalização da segurança de barragens de acumulação de água para usos múltiplos sendo que a norma contribui para que se possa uniformizar os processos e para um melhor planejamento de fiscalização para as barragens.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Direito das Águas no ordenamento jurídico brasileiro é regulado principalmente pela Lei n.º 9.433/1997, conhecida como Lei das Águas. Essa legislação estabelece princípios fundamentais para a gestão dos recursos hídricos no Brasil, como a gestão descentralizada e integrada, a participação dos usuários e da sociedade civil na gestão

dos recursos hídricos, e a compatibilização do uso da água com a preservação dos ecossistemas aquáticos. Além da Lei das Águas, o ordenamento jurídico brasileiro também prevê outras normativas que complementam o regime jurídico dos recursos hídricos, como o Código Florestal (Lei n.º 12.651/2012), que estabelece diretrizes para a proteção das áreas de preservação permanente e de reserva legal, essenciais para a manutenção da qualidade e quantidade de água.

Ademais, cada estado brasileiro pode legislar sobre os recursos hídricos dentro de sua jurisdição, desde que respeitando os princípios gerais estabelecidos pela Lei das Águas e pelas normativas federais. O sistema de gestão dos recursos hídricos no Brasil também inclui a Agência Nacional de Águas (ANA), responsável por coordenar o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), auxiliando na implementação e na fiscalização das políticas públicas relacionadas aos recursos hídricos em âmbito nacional. Portanto, o Direito das Águas, no ordenamento jurídico brasileiro, busca garantir uma gestão sustentável e integrada dos recursos hídricos, promovendo o uso racional da água, a proteção dos ecossistemas aquáticos e a participação social na tomada de decisões relacionadas à água.

A interação entre a Lei das Águas e o sistema econômico brasileiro é crucial para garantir uma gestão sustentável e equitativa dos recursos hídricos. A legislação não apenas regula o uso econômico da água, mas também promove a conservação ambiental, a segurança hídrica e o desenvolvimento socioeconômico. Com desafios crescentes e novas demandas, é fundamental adaptar e fortalecer o regime jurídico dos recursos hídricos para enfrentar os desafios futuros de forma eficaz e inclusiva.

O Direito das Águas, crucial para a gestão sustentável dos recursos hídricos, enfrenta desafios complexos e multifacetados. Através de normas legais e regulatórias, busca-se equilibrar interesses diversos, como o acesso justo à água, a preservação ambiental e o desenvolvimento econômico. No contexto global, a cooperação internacional se faz essencial para enfrentar crises hídricas e assegurar o uso racional e equitativo dos

recursos aquáticos. Em suma, o Direito das Águas desempenha um papel fundamental na promoção da justiça ambiental e na garantia de um futuro sustentável para as gerações presentes e futuras.

O ordenamento jurídico brasileiro, através da Lei das Águas, estabelece um arcabouço legal robusto para a gestão sustentável dos recursos hídricos, promovendo a integração entre desenvolvimento econômico, conservação ambiental e equidade social. A legislação continua a ser aprimorada e adaptada às novas demandas e desafios, visando assegurar a disponibilidade de água de qualidade para as presentes e futuras gerações.

REFERÊNCIAS

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal, 2016. 496 p. Disponível em: https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/ id/518231/CF88_Livro_EC91_2016.pdf. Acesso em: 10 jul. 2024.

BRASIL. **Lei n.° 9.433 de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1.° da Lei n.° 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei n.° 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm. Acesso em: 11 jul. 2023.

BRASIL. **Lei n.° 9.984, de 17 de julho de 2000**. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas - ANA, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9984.htm. Acesso em: 05 abr. 2023.

BRASIL. **Lei n.° 11.346, de 15 de setembro de 2006**. Cria o Sistema Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional - SISAN - com vistas a assegurar o direito humano à alimentação adequada e dá outras providências. Diário Oficial da União 2006; 18 set. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/l11 346.htm. Acesso em: 11 jul. 2023.

BRASIL. **Lei n.° 11.445, de 5 de janeiro de 2007**. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico. **Diário Oficial da União**, Seção I Brasília, DF, Seção I, p.3, 8 jan. 2007.

BRASIL. **Lei n.° 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis n.ºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória n° 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em: 06 abr. 2023.

BRASIL. **Decreto n.° 24.643, de 10 de Julho de 1934**. Decreta o Código de Águas. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d24643compilado.htm. Acesso em: 29 abr. 2023.

CARMO, R. L.; OJIMA, A. L. R. O.; OJIMA, R.; NASCIMENTO, T. T. Água virtual, escassez e gestão: o Brasil como grande "exportador" de água**.** Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP. 2007. Disponível em: https://www.scielo.br/j/asoc/a/NvzFvhH57HQWjMKMKZLm4ph/?lan g=pt&format=pdf. Acesso em: 17 jul. 2024.

COMITÊ da Bacia Hidrográfica do São Francisco. (CBHSF). **O Novo Plano Nacional De Recursos Hídricos**: Desafios e oportunidades. Publicado em: 16/06/2021. Disponível em: https://cbhsaofrancisco.org.br/noticias/novidades/o-novo-plano-nacional-de-recursos-hidricos-desafios-e-oportunidades/. Acesso em: 04 maio 2022.

CUNHA, A. H.; OLIVEIRA, T. H.; FERREIRA, R.; MILHARDES, A. L.; SILVA, S. **O reuso de água no Brasil**: a importância da reutilização de água no país. ENCICLOPEDIA BIOSFERA, *[S. l.]*, v. 7, n. 13, 2011. Disponível em: https://conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/4207. Acesso em: 15 jul. 2024.

FREIRIA, R. C. **Noções gerais sobre as interdependências entre direito, gestão e políticas públicas ambientais**. Revista Direitos Sociais e Políticas Públicas (UNIFAFIBE), v. 2, n. 2, p. 278–302, 2015. DOI: 10.25245/rdspp.v2i2.46. Disponível em: https://portal.unifafibe.com.br:443/revista/index.php/direitos-sociais-politicas-pub/ article/view/46. Acesso em: 19 jul. 2024.

JACOBI, P. R., EMPINOTTI, V. L., SCHMIDT, L.. (Eds.). (2016). **Escassez hídrica e direitos humanos** [Water scarcity and human rights]. [Número Especial]. Ambiente & Sociedade. Vol. 19. Disponível em: https://repositorio. ul.pt/bitstream/10451/23531/1/ICS_LSchmidt_EscassezREI.pdf. Acesso em: 17 jul. 2024.

LÉO, L. F. R., HERNANDEZ, F. B. T.. **O futuro da irrigação nos países de terceiro mundo**. Correio da Ilha, 2001. Disponível em: https://www2.feis.unesp.br/irrigacao/avp180701.htm. Acesso em: 18 fev. 2023.

LIMA, B. P.; SOARES, M. C. **Aspectos Legais e Institucionais da Gestão de Recursos Hídricos**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2015.

MARTINS, A. **O planeta está sedento**. Folha Universal, São Paulo, p. 2A, 16 nov. 2003.

MAZARO, Gabriel. **Água é um direito humano?**. 2021. Disponível em: https://www. politize.com.br/agua-direito-humano/. Acesso em: 09 mar. 2024.

MONTAG, L. F. A.; DUTRA, G. M.; FREITAS, T. M. S.; PRUDENTE, B. S.; SALVADOR, G; N.; LEÃO, M. D. V.; PEIXOTO, L. A. W.; MENDONÇA, M. B.; SILVA, F. R. S. **Rapid assessment of the ichthyofauna of the southern Guiana Shield tributaries of the Amazonas River in Pará, Brazil**. Acta Amazônica, 2020. Disponível em: https://www.scielo.br/j/aa/a/f5VqGdKstTTBFm9hYhKD8Zp/?format=pdf&lang=en. Acesso em: 12 jan. 2024.

MONTEIRO, L. S. **O acesso à água além da escassez:** a eficácia de seu tratamento jurídico atual no contexto de crise. 2015. 21 f. Monografia (Especialização) - Curso de Magistratura, Escola da Magistratura do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: https://www.emerj.tjrj.jus.br/paginas/trabalhos_conclusao/2semestre2015/pdf/LaisSoaresMonteiro.pdf. Acesso em: 22 abr. 2022.

OLIVO, A. M.; ISHIKI, H. M**. Brasil frente a escassez de água**. Colloquium Humanarum. ISSN: 1809-8207, *[S. l.]*, v. 11, n. 3, p. 41–48, 2015. Disponível em: https://revistas.unoeste.br/index.php/ch/article/view/1206.. Acesso em: 22 jul. 2024.

QUEIROZ, A. A. **O que é e para que serve a Constituição de um país**. Consultor Jurídico, 2018. Disponível em: https://www.conjur.com.br/2018-out-03/antonio-queiroz-serve-constituicao/. Acesso em: 02 abr. 2024.

REBOUÇAS, A. C. (1997) **Água na região Nordeste**: desperdício e escassez. Revista Estudos Avançados 11(29): Edusp, São Paulo. Disponível em: https://www.scielo.br/j/ea/a/VfYSXjpmCS9KsT4HWnsMJgy/. Acesso em: 20 jul. 2024.

ROSSO, G. Gestão da água ainda é desafio no Brasil, Argentina e México. Simpósio de Produção Animal e Recursos Hídricos (SPARH). Embrapa. 2018. Disponível em: https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/32616703/gestao-da-agua-ainda-e-desafio-no-brasil-argentina-e-mexico Acesso em: 19 jul. 2024.

SENRA, J. B.; COELHO, M. F. C. D. **O Plano Nacional de Recursos Hídricos**. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, XVI, 2005, João Pessoa. Anais. João Pessoa: Associação Brasileira de Recursos Hídricos - ABRH., 2005. 942p. Disponível em: https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/164/ecffed4b41c3654585653583514b3f82_bb0a04e496bdf33939aadcb020329544.pdf. Acesso em: 08 dez.2022.

UNICEF. **O que são direitos humanos?**. Unicef Brasil, Adaptado de: Introdução a abordagem baseada em direitos humanos, UNICEF Finlândia 2015. (2018). Disponível em: https://www.unicef.org/brazil/o-que-sao-direitos-humanos. Acesso em: 22 abr. 2024.

VIEGAS, E. C. **Gestão de Recursos Hídricos**: uma análise a partir de princípios ambientais. 2007. 145 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Direito, Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2007. Disponível em: http://www.dominiopublico.gov.br/download/teste/arqs/cp067785.pdf. Acesso em: 09 abr. 2022.

WENZEL, F. **Lei brasileira é insuficiente para proteger os rios do país, dizem cientistas.** Instituto Humanitas Unisinos. 18 jul de 2020. Disponível em: https://www.ihu.unisinos.br/categorias/601086-lei-brasileira-e-insuficiente-para-proteger-os-rios-do-pais-dizem-cientistas#:~:text=Lei%20brasileira%20%C3%A9%20insuficiente%20para%20proteger%20os%20rios,sobre%20a%20biodiversidade%20aqu%C3%A1tica%20de%20quatro%20biomas%20brasileiros. Acesso em: 22 abr. 2024.

CAPÍTULO

11

QUALIDADE AMBIENTAL E SAÚDE

SUSTENTABILIDADE E CELULOSE BACTERIANA: NOVAS FRONTEIRAS PARA MATERIAIS ECOLÓGICOS

Andrea Schneider[1]
Michele Formolo Garcia[2]
Ana Paula Pezzin[3]

[1] Doutora em Engenharia Química com ênfase em Processos Biotecnológicos, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC. Lattes: http://lattes.cnpq.br/8831801408722383

[2] Doutora em Engenharia Química com ênfase em Processos Biotecnológicos, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC. Lattes: http://lattes.cnpq.br/9327226398953026

[3] Doutora em Doutora em Engenharia Mecânica. Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP. Lattes: http://lattes.cnpq.br/1207033274592511

INTRODUÇÃO

As embalagens plásticas desempenham um papel essencial no mercado atual devido à sua durabilidade, versatilidade e leveza. No entanto, as preocupações com o uso excessivo de plásticos têm crescido, destacando seu impacto ambiental negativo. De acordo com o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (2019, *web*), anualmente, cerca de 300 milhões de toneladas de plásticos são descartadas, com grande parte terminando em aterros e no ambiente natural. Esse descarte massivo, junto com a alta demanda por combustíveis fósseis para a produção de plásticos e a complexidade do processo de reciclagem, contribuem significativamente para a poluição ambiental (MLADENOVIC; TRIJP; PIQUERAS-FISZMAN, 2024). Aliado a isto, estima-se que, até 2025, 11 bilhões de toneladas métricas de plásticos se acumularão em aterros e no ambiente natural, exacerbando a poluição (XIA *et al*., 2021).

Portanto, pesquisadores e indústria vêm buscando alternativas para minimizar os impactos ambientais causados pelo descarte inadequado de produtos à base de polímeros petroquímicos. Dentre as alternativas estão o reaproveitamento e a reciclagem, práticas que vêm aumentando com o tempo. A conscientização de um descarte e destino adequados também é de fundamental importância. Recentemente, a produção e utilização de biopolímeros, polímeros biodegradáveis e polímeros verdes surge como mais uma alternativa, a qual, devido sua viabilidade técnica e econômica, apresenta grande potencial de expansão (BRITO *et al*., 2011).

A substituição dos polímeros petroquímicos por biopolímeros em diversas aplicações oferece uma abordagem sustentável com o objetivo de reduzir a pegada de carbono. Ao fazer isso, a neutralidade de carbono é mantida, facilitando o ciclo natural do carbono. Uma estratégia que se alinha aos itens 11 ao 15 dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) das Nações Unidas, enfatizando a importância e a necessidade da busca por alternativas de base biológica (Taokaew, 2024).

Nesse sentido, inovações tecnológicas podem ser usadas para melhorar a sustentabilidade dos polímeros em cada estágio do ciclo de vida de uma embalagem. Na fase de pré-consumo, materiais de base

biológica podem ser usados para alterar a composição do plástico. Esses tipos de plástico usam recursos renováveis e exigem menos energia para produção.

Na fase de consumo, as contribuições para a sustentabilidade podem vir da incorporação de tecnologias ativas que estende a janela de consumo do produto. No estágio pós-consumo, as contribuições de sustentabilidade vêm das embalagens plásticas serem compostáveis e, portanto, permitirem uma estratégia circular de descarte de resíduos. Esses plásticos se decompõem em um local de compostagem em um curto espaço de tempo, sem liberar substâncias perigosas (MLADENOVIC; TRIJP; PIQUERAS-FISZMAN, 2024).

Portanto, a busca por soluções mais sustentáveis é crucial. A substituição de embalagens plásticas convencionais por alternativas biodegradáveis e ecologicamente corretas, como filmes à base de biopolímeros, pode reduzir significativamente o impacto ambiental e promover práticas agrícolas mais sustentáveis.

Neste contexto, os olhares se voltam para a celulose, um dos mais abundantes polímeros de ocorrência natural no planeta (LIANG 2023). Estudos demonstram que a celulose se divide em dois grupos que possuem composições diferentes, sendo o primeiro grupo chamado de celulose complexa por estar associado a outros compostos como lignina, pectina, hemicelulose e outros compostos de menor relevância (DONINI *et al*., 2010 *apud* SHODA, 2005) fator que pode afetar algumas aplicações.

Este tipo de celulose é o principal componente da parede celular de plantas sendo, portanto, denominada celulose vegetal (CV). Ela representa cerca de 33% da composição de todos os vegetais, alcançando 40-50% na madeira e até 90% no algodão. Esse biopolímero natural tem grande relevância econômica e tecnológica. Segundo o Relatório Anual 2020 da Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ), em 2019 o Brasil produziu aproximadamente 19,7 milhões de toneladas de celulose, uma das maiores quantidades a nível mundial (NOVÁCK, *et al*., 2024).

No segundo grupo, podemos encontrar a celulose em sua forma considerada pura, no qual se encontra a celulose bacteriana (DONINI *et al*., 2010). A celulose bacteriana (CB) se enquadra em um biopolímero altamente promissor para diversas aplicações, devido ao fato de sua

produção não estar associada a nenhum outro composto como no caso da CV, sendo obtida através de rotas bioquímicas produzido por diversos gêneros bacterianos (Gluconacetobacter, Rhizobium, Sarcina, Agrobacterium, Alcaligenes, destacando–se pelas espécies *Gluconacetobacter hansenii* e *Gluconacetobacter xylinum*) (DONINI *et al*., 2010; MOHITE; PATIL, 2014).

A CB, obtida por meio do cultivo bacteriano, é ecologicamente correta, segura e é uma matéria-prima renovável. O material de celulose bacteriana (CB) é produzido por classes específicas de bactérias utilizando várias fontes contendo glicose ou frutose como fonte de carbono sem impacto ambiental e processamento intensivo em recursos (VILLARREAL-SOTO *et al*., 2018).

DESENVOLVIMENTO

Descrita pela primeira vez por Brown em 1886, a CB é um homopolissacarídeo extracelular formado por unidades β-D-glicopiranose (β-glicose) ligadas por ligações glicosídicas do tipo β-(1,4), produzido principalmente por bactérias do gênero *Gluconacetobacter* (MOLIN *et al*., 2023). No entanto, muitos estudos também apontam os gêneros *Rhizobium, Azotobacter, Agrobacterium, Salmonella, Aerobacter, Acetobacter, Achromobacter* e *Escherichia sp*. como promissores na síntese e/ou metabolismo da CB (DUARTE *et al*., 2019; MISHRA *et al*., 2022; NÓVACK *et al*., 2024)

A *Rhizobium leguminosarum*, é uma bactéria fixadora de N_2, normalmente encontrada em associação simbiótica com raízes de feijão. Almihyawi *et al*. (2024) relataram em seus estudos uma produção de 2,5g/L de CB utilizando um meio de cultivo contendo glicose como fonte de carbono e extrato de levedura como fonte de nitrogênio. De acordo com os autores, a CB produzida apresentou propriedades comparáveis a CB obtida por *K. hansenni*.

Enquanto na *Agrobacterium tumefaciens*, uma bactéria formadora de tumor em plantas, a produção de fibrilas de celulose desempenha um papel na fixação a planta hospedeira. No entanto, embora os genes para a biossíntese de celulose na bactéria tenham sido identificados, pouco se sabe sobre a regulação do processo (BARNHART *et al*., 2013).

Algumas espécies de *Acetobacter* foram investigadas para produção de CB, como *A. aceti*, *A. lovaniensis*, A. *okinawensis*, *A. orientalis* e *A. pasteurianus.* Conhecidas e amplamente usadas na fermentação de vinagre de arroz, em que uma película fina é frequentemente observada (NIE *et al*., 2022).

Salmonella spp. e *Escherichia coli* também são relatadas como produtoras de CB, no entanto, a quantidade de CB produzida por essas bactérias é menor do que a de *G. xylinus*. Para aumentar a produção de CB, pesquisadores tem explorado a modificação genética da *E. coli* (ULLAH *et al*., 2016).

Ainda no grupo das enterobactérias, a *Enterobacter amnigenus* GH-1 também foi investigada por sua capacidade de produzir celulose. Hungund e Gupta (2010) obtiveram uma produção de 2,5 g/L, em meio de cultivo padrão, mas em seus estudos buscando condições otimizadas de cultivo chegaram a uma produção de 4,1 g/L. A bactéria também demonstrou potencial para utilizar fontes naturais de carbono como melaço, hidrolisado de amido, suco de cana-de-açúcar, água de coco, leite de coco, suco de abacaxi, suco de laranja e suco de romã para crescimento e produção de celulose.

Por outro lado, a produção de CB a partir de bactérias Gram-positivas é menos discutida na literatura, mas foi relatada para algumas poucas espécies, como *Lactobacillus plantarum*. Saleh *et al*. (2022) demonstraram em seus estudos que a *L. plantarum* foi capaz de produzir a CB, apresentando um rendimento de 4,51 g/L em meio de cultivo tendo de glicose, como fonte de carbono e extrato de levedura, como fonte de nitrogênio, porém suplementado com etanol.

A produção de CB por *Bacillus licheniformis* cepa ZBT2, uma bactéria termofílica que também faz parte do grupo das Gram-positivas foi demonstrada por Bagewadi *et al*. (2020). Os autores demonstraram

uma produção de 3,0 g/L sob condições estáticas e meio padrão, mas nas condições otimizadas de seus estudos, apresentaram um aumento da produção de 6,6 vezes chegando a 9,2 g/L.

Rastogi e Banerjee (2019) descreveram a produção de CB pela Gram positiva *Leifsonia sp*. De acordo com os autores a bactéria foi capaz de produzir 5,97 g/L de celulose em condições ótimas de crescimento de pH 6,5, 30°C em 7 dias de período de incubação.

Tanskul, Amornthtree e Jaturonlak (2013), demonstraram que a *Rhodococcus sp*. MI 2, uma bactéria Gram-positiva, também apresentou a capacidade de produzir CB. Em seus estudos, os autores observaram uma produção de 3,91 g/L em 6 dias de cultivo sob condições estáticas, em meio Hestrin–Schramm (HS).

Outros microrganismos também são apontados como produtores de CB, como o protozoário *Dictyostelium discoideum*, que sintetiza celulose em diferentes estágios do ciclo de vida, demonstrando assim a atividade definida da celulose sintase (BLANTON *et al*., 2000; MISHRA *et al*., 2022) e o fungo aquático da *Saprolegnia sp.* que apresenta 1,4-β-D-glucano e β-D-1,3-glucano em sua parede celular. Embora nenhuma evidência experimental tenha sido relatada explicando que a biossíntese de CB difere daquela das plantas, a uridina difosfoglicose (UDPG) é destacada como um intermediário vital na síntese de CB em vez da guanidina difosfoglicose (GDPG) está associada na biossíntese em plantas (MISHRA *et al*., 2022).

No entanto, um destaque especial tem sido dado à celulose produzida pelas bactérias Gram-negativas da família *Acetobacteriaceae,* principalmente do gênero *Gluconacetobacter*, atualmente, classificadas no gênero *Komagataeibacter*, com especial destaque para *K. xylinus* e *K. hansenii* (DUARTE *et al*., 2019; YAMADA, 2021).

Komagataeibacter sp. pertencem a um grupo de bactérias de ácido acético (BAA), não patogênicas, aeróbias estritas, podendo ser encontradas na superfície de frutas e vegetais em decomposição, no vinagre e em bebidas alcoólicas. São amplamente destacadas na literatura por sua alta produtividade e consideradas como organismo modelo para produção de CB (TURECK, 2021; SALEH *et al*., 2022; NIE *et*

al., 2022; MISHRA *et al*., 2022; FEI *et al*., 2023). As bactérias desse gênero convertem etanol a ácido acético, logo, apresentam uma alta capacidade de tolerância a substâncias ácidas e são capazes de converter várias fontes de carbono e nitrogênio em celulose (NEVES, 2022).

A *K. xylinus,* em particular, vem ganhando atenção no que diz respeito à secreção de celulose como microfibrilas em quantidade relativamente maior a partir de uma fileira de locais sintéticos celulares (MISHRA *et al*., 2022), enquanto a *K. hansenii* se destaca entre os microrganismos que possuem maior potencial de produção de celulose, sendo que uma única célula pode converter até 108 moléculas de glicose por hora em celulose (NEVES, 2022).

A *K. rhaeticus* é uma bactéria conhecida pela produção de CB, normalmente encontrada na Kombucha, uma bebida fermentada produzida por um consórcio microbiano denominado SCOBY (cultura simbiótica de bactérias e leveduras). Thorat e Dastager (2018), demonstraram a produção de CB por *K. rhaeticus*, isolada de uma amostra de romã podre, em meio HS contendo glicerol como fonte de carbono obtendo uma produção de CB (~6,9 g/L).

KOMBUCHA E CONSÓRCIOS MICROBIANOS

Kombucha é uma bebida probiótica efervescente amplamente conhecida e apreciada na cultura popular. A Kombucha é produzida por um consórcio microbiano denominado SCOBY (cultura simbiótica de bactérias e leveduras), no qual estão presentes *Acetobacter xylinoides*, *Komagataeibacter xylinus*, *Acetobacter aceti* e *Acetobacter pasteurianus*, principais responsáveis por criar a rede celulósica flutuante na superfície do líquido. Essa rede é um metabólito secundário da fermentação da Kombucha e serve como estrutura-base física para o desenvolvimento simbiótico. Além de bactérias acéticas, estão presentes também muitas espécies de leveduras, incluindo algumas espécies dos gêneros *Saccharomyces*, *Saccharomicodes*, *Schizosaccharomyces*, *Brettanomyces*, *Candida*, *Torulospora*, *Koleckera*, *Pichia*, *Mycotorula* e *Mycoderma* (SALES 2023).

Este SCOBY, devido à sua composição multiespécies, é capaz de utilizar diferentes açúcares além de permitir a biossíntese da CB em condições não estéreis. A cultura simbiótica representa um consórcio natural muito estável que pode ser empregado como um produtor microbiano para ampliar a biossíntese de CB (SKIBA *et al*., 2021).

No entanto, esta mesma composição multiespécies também representa um desafio para compreender a cinética da fermentação da Kombucha e, esta complexidade se deve tanto ao número de microrganismos presentes quanto às interações entre eles. A maioria das espécies microbianas excreta produtos metabólicos que podem estimular ou inibir o crescimento das outras espécies, estabelecendo interações comensalísticas ou amensalísticas que precisam ser extensivamente analisadas para alcançar a compreensão desse fenômeno de coexistência. Por exemplo, a morte e a autólise das células de leveduras também liberam vitaminas e outros nutrientes que estimulam o crescimento de bactérias importantes. Além disso, no início da fermentação, as leveduras hidrolisam a sacarose em glicose e frutose produzindo o etanol e então, as bactérias acéticas transformam o etanol em ácido acético, sendo também a produção de ácidos glucônico e glicurônico notável. E, paralelamente a todo esse processo, a membrana de CB é produzida (VILLARREAL-SOTO *et al*., 2018).

Tradicionalmente, a Kombucha é preparada com chá verde ou preto, adoçados com sacarose, sendo considerados substratos perfeitos para a fermentação. Ambos os chás representam a principal fonte de nitrogênio para o crescimento microbiano e, como fonte de carbono, utiliza-se o açúcar comercial (JAKUBCZYK *et al*., 2020). Estes ingredientes compõe um meio de cultivo para a produção de CB com custo muito reduzido, demonstrando, desta forma, que é possível obter membranas de CB a partir da associação de microrganismos (SCOBY), utilizando meios de cultura de menor custo e apresentando as mesmas propriedades daquelas produzidas pela cepa pura em meio de cultura sintético, permitindo a produção em larga escala (NÓVACK *et al*., 2024).

MEIOS DE CULTIVO (ALTERNATIVOS) E FORMAS DE CONDUÇÃO DO CULTIVO

Muitos fatores influenciam a produção de CB, incluindo a cepa, a composição do meio de cultivo e outras condições de cultivo, sendo a composição do meio responsável por cerca de 30% do custo de produção (SALEH *et al*., 2022). Vale ressaltar ainda que a produtividade da membrana de CB pode ser maximizada dependendo do tipo de fontes de nitrogênio e carbono utilizadas no meio de cultura. Como um nutriente essencial, a fonte de nitrogênio promove o crescimento de microrganismos e a construção celular. A fonte de carbono também é um substrato principal usado tanto para o crescimento celular e metabolismo quanto para a síntese de CB (YIM, SONG, KIM, 2017).

O caldo Hestrin-Schramm é frequentemente usado como meio comercial para a produção de CB conforme descrito na literatura. Devido aos produtos químicos (glicose, peptona, extrato de levedura, Na_2HPO_4 e ácido cítrico) em seu conteúdo, tornam o custo de produção de celulose bastante elevado quando comparado a meios de baixo custo. Por esse motivo, os estudos têm se concentrado na obtenção de celulose pura, com baixo custo e alta eficiência (AVCIOGLU *et al*. 2021).

A viabilidade econômica da produção de CB determina a necessidade de utilizar não apenas produtores altamente eficientes, mas também meios baratos e disponíveis, ricos em açúcares (KALASHNIKOVA *et al*., 2024). As bactérias do gênero *Komagataeibater* (BAA) convertem etanol a ácido acético, logo, apresentam uma alta capacidade de tolerância a substâncias ácidas e são capazes de converter várias fontes de carbono e nitrogênio em celulose (NEVES, 2022).

Neste sentido, há um crescente interesse em subprodutos agroindustriais como o melaço de soja, um produto do processamento da soja com alto teor de açúcares (mais de 50%) e proteínas (5–10%) (KALASHNIKOVA *et al*., 2024). Entre outros substratos também explorados, encontram-se cascas e bagaço de frutas como romã, melão, melancia abacaxi, mamão, tomate, suco de laranja, água de coco, além de glicerol bruto, casca de limão, casca de tangerina, casca de laranja, casca de uva e soro de leite, águas residuais de destilaria de vinho de arroz,

cascas de noz-pecã, resíduos de tabaco, resíduos de cajueiro, melaço de cana, xarope de bordo, chá verde e chá preto (AVCIOGLU *et al*. 2021).

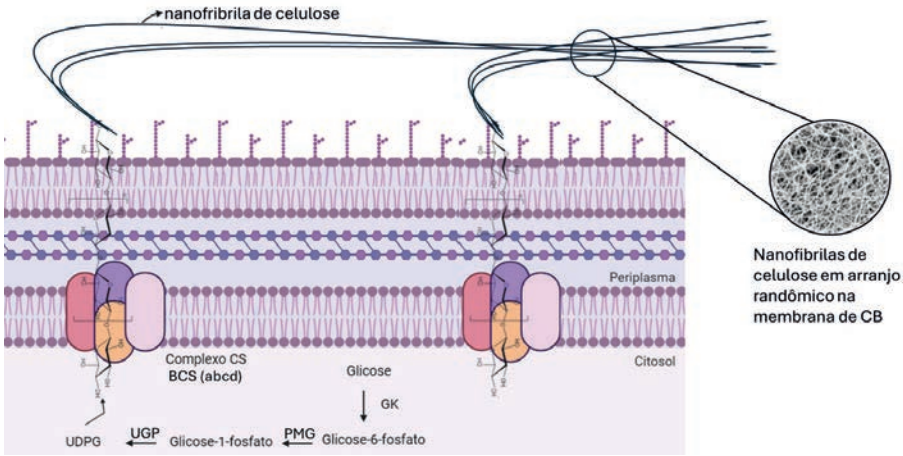
A falta de sistemas de cultivo eficientes e estáveis também representa um desafio para a produção comercial, de baixo custo e em larga escala de CB. Nas últimas décadas, estratégias para melhorar o rendimento na produção de CB têm despertado atenções em todo o mundo. Em sua maioria, as melhorias têm sido em relação ao método de cultura, otimizações no meio de cultura, a identificação de novas linhagens de microrganismos e a engenharia genética. Além disso, a adição de indutores também tem se mostrado eficaz para melhorar o rendimento de CB. Neste sentido, o etanol tem sido relatado como agente promotor da produção e rendimento da CB (FEI *et al*., 2023).

PROCESSOS BIOQUÍMICOS ENVOLVIDOS NA PRODUÇÃO DE CB

É amplamente aceito que a biossíntese da CB ocorre no espaço periplasmático da célula bacteriana por um complexo de proteínas de membrana formado por uma série de subunidades: BcsA, BcsB, BcsC e BcsD, denominado complexo celulose sintase (CS), das quais BcsA e BcsB representam o núcleo catalítico do complexo CS (GULLO *et al*., 2019).

O processo de síntese da CB por *K. xylinus* é regulado de maneira bastante precisa e específica, envolvendo muitas enzimas e complexos de proteínas catalíticas e regulatórias. Quatro passos enzimáticos essenciais foram identificados na via de síntese quando a glicose é usada como substrato: (1) A glicose é transportada através da membrana bacteriana e fosforilada em Glicose-6-fosfato pela glicoquinase. (2) Glicose-6-fosfato é isomerizada pela fosfoglicomutase em Glicose-1-fostato. (3) Glicose-1-fostato é convertida em uridina 5′-difosfato glicose (UDPG) pela UDPG pirofosforilase. Finalmente, (4) a UDPG é polimerizada em celulose pela celulase sintase (Figura 1). Quando dissacarídeos, como a sacarose e maltose, são usados como fontes de carbono por bactérias produtoras de celulose, a biossíntese da CB começará com a hidrólise destes dissacarídeos em monossacarídeos, como a glicose e frutose (DUARTE *et al*., 2019).

Figura 1: Visão esquemática da síntese de celulose. Complexo CS (celulose sintase), GK (glicoquinase), PMG (fosfoglicomutase), UGP (pirofosforilase uridina difosfoglicose), UDPG (uridina difosfoglicose).



Criado em Biorender.com

A celulose microbiana é produzida na forma de nanofibrilas que estruturam a membrana de celulose bacteriana. A estrutura primária da CB consiste em uma cadeia β-1,4-glucana que sofre eventos de agregação para formar uma estrutura semelhante a uma fita (as nanofibrilas). Cada célula pode apresentar entre 50 e 80 poros ou complexos de CS, que produzem nanofibrilas com diâmetros que podem variar entre 2 e 4 nm (Figura 1). Essas cadeias são posteriormente montadas formando fibrilas mais espessas chamadas macrofibrilas, que se organizam randomicamente criando a estrutura altamente porosa em 3D da membrana de CB, podendo conter cerca de 1.000 cadeias de glucana individuais que podem conter até 200 vezes mais água de sua massa seca. Estas membranas possuem alta conformabilidade e grande elasticidade (VILLARREAL-SOTO *et al*., 2018).

A estrutura terciária, como resultado de ligações de hidrogênio intermoleculares e forças de van der Waals, estabiliza toda a estrutura por meio de uma rede de ligações de hidrogênio intramoleculares por hidroxilas e oxigênio do anel entre resíduos de glicose. Cada unidade

de repetição tem uma assimetria química direcional em relação ao seu eixo molecular (uma unidade hemiacetal e grupo hidroxila). A rede fibrosa forma um filme de hidrogel na superfície do ar do meio de cultura (GULLO *et al*., 2019).

PROPRIEDADES E APLICAÇÕES

Todas as propriedades da CB estão estritamente ligadas à biossíntese intracelular e ao mecanismo de automontagem extracelular (GULLO *et al*., 2019).

Entre algumas das principais propriedades da CB, destaca-se a sua morfologia, obtida principalmente por estrutura de rede (arranjo randômico), fibrosa nanométrica, tridimensional e constituída de microcanais de diversos tamanhos (DUARTE *et al*., 2019).

Seu potencial hidrofílico (capacidade de retenção e absorção de água – 98 a 99% do seu volume é composto de líquidos), o que lhe permite ser capaz de absorver muitas vezes sua própria massa em água (NOVÁCK *et al*., 2024) e outras soluções aquosas (MOLIN *et al*., 2023). Além disso, sua elevada disponibilidade de hidroxilas livres também permite uma série de estratégias de funcionalização alterando as suas propriedades e ampliando ainda mais a possibilidade de suas aplicações (LOPES 2015 e GIRALDO 2016). Possui facilidade para incorporação de agentes ativos (KUMINECK Jr *et al*., 2023), medicamentos (IONUE *et al*., 2020) ou nanopartículas (TEIXEIRA *et al*., 2019) e, quando aplicada como curativo, tem capacidade de umedecer a área ferida, enquanto absorve exsudatos formados (CARVALHO *et al*., 2019). Possui elevado módulo de elasticidade, alto grau de polimerização (até 6.000), alta permeabilidade, alta porosidade (aprox. 94%) excelente resistência mecânica e elevada área superficial, como decorrência de sua cristalinidade e do pequeno diâmetro das nanofibrilas, respectivamente (DUARTE *et al*., 2019). Esta estrutura microporosa e grande área superficial permitem a retenção de muitos compostos ativos, recurso esse que influencia diretamente na liberação lenta desses compostos, promovendo um efeito duradouro (MOLIN *et al*., 2023).

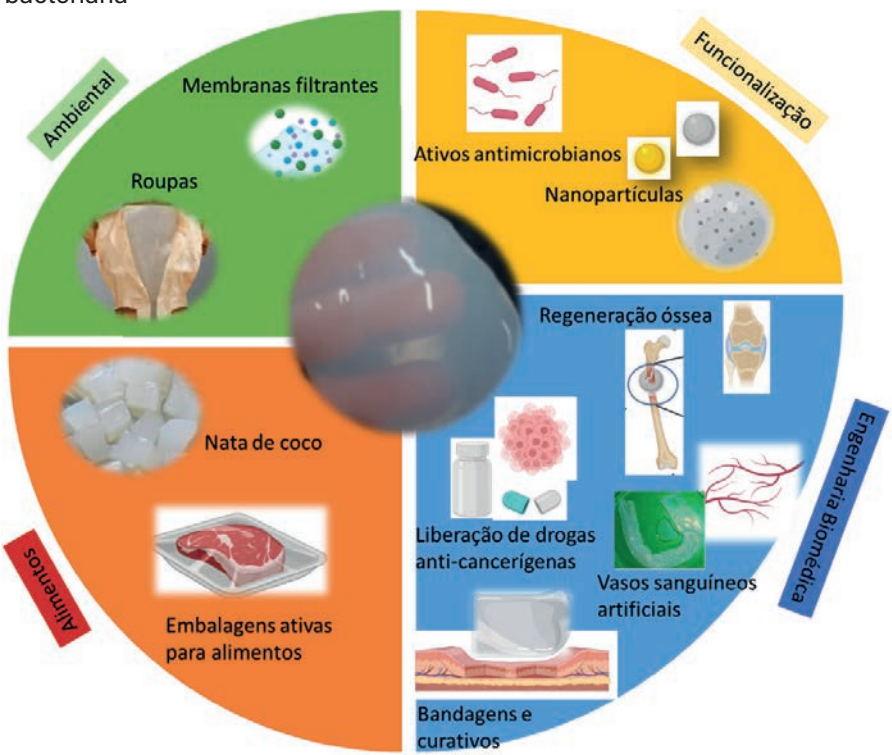
Em comparação com a celulose vegetal, a CB possui méritos excepcionais, como alta cristalinidade e pureza com a ausência de lignina

ou hemiceluloses, baixa densidade, alto módulo de Young (≈78 GPa) e resistência à tração (200–300 MPa), elasticidade, durabilidade, não toxicidade, biocompatibilidade, biodegradabilidade, arquitetura de rede ultrafina e moldabilidade durante a formação (CAMARGO *et al*., 2020).

Estas propriedades únicas da CB a qualificam para uma ampla gama de aplicações nas mais diversas áreas (Figura 2) incluindo reparo de tecido da pele, estrutura potencial de engenharia de tecidos, aplicações de cicatrização de feridas, imobilização, fabricação de papel, cosméticos, branqueamento de corantes e como um agente espessante e estabilizador na indústria alimentícia (BALDIKOVA *et al*., 2017).

A CB tem despertado cada vez mais interesse em novos campos de aplicação e no desenvolvimento de métodos para sua produção em larga escala (DUARTE *et al*., 2019).

Figura 2: Imagem demonstrando a versatilidade das aplicações da celulose bacteriana



CONSIDERAÇÕES FINAIS

Assim, a celulose bacteriana representa uma alternativa sustentável com um potencial significativo para reduzir o acúmulo de resíduos, principalmente os produtos de utilização única (PUU) no ambiente, devido às suas características como biomaterial, sua produção verde e a sua biodegradabilidade no meio ambiente.

REFERÊNCIAS

ALMIHYAWI, R. A. H.; MUSAZADE, E., ALHUSSANY, N.; ZHANG, S.; CHEN, H. Production and characterization of bacterial cellulose by Rhizobium sp. isolated from bean root. **Nature Scientifc Reports**, v.14, p.10848, 2024.

AVCIOGLU, N. H.; SEVIM, C.; ALVER, E. N.; DONMEZ, S.; BILKAY, I. S. Comparison of bacterial cellulose production by Komagataeibacter intermedius strain using Lavandula angustifolia, Rosa canina and Tilia cordata plants as low-cost media. **Cellulose Chemistry and Technology**, v. 55, 9-10, 2021.

BAGEWADI, Z. K.; BHAVIKATTI, J. S.; MUDDAPUR, U. M.; YARAGUPPI, D. A., SIKANDAR I. M. Statistical optimization and characterization of bacterial cellulose produced by isolated thermophilic Bacillus licheniformis strain ZBT2. **Carbohydrate Research**, v. 491, p. 107979, 2020.

BALDIKOVA, E. et al. Magnetically modified bacterial cellulose: A promising carrier for immobilization of affinity ligands, enzymes, and cells. **Materials Science & Engineering C**, v. 71, p. 214–221, 2017.

BARNHART, D. M.; SU, S.; BACCARO, B. E.; BANTA, L. M.; FARRAND, S. K. CelR, an Ortholog of the Diguanylate Cyclase PleD of Caulobacter, Regulates Cellulose Synthesis in Agrobacterium tumefaciens. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 79, p. 7188 –7202, 2013.

BLANTON, R. L; FULLER, D.; IRANFAR, N.; GRIMSON, M. J.; LOOMIS, W. F. The cellulose synthase gene of Dictyostelium. **Proc Natl Acad Sci U S A**. 97(5):2391-6, 2000.

BRITO, G. F., AGRAWAL, P., ARAÚJO, E. M., MÉLO, T. J. A. Biopolímeros, Polímeros Biodegradáveis e Polímeros Verdes. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, v.6, 127-139, 2011.

BROWN, A. J. XIX.—The chemical action of pure cultivations of bacterium aceti. **J. Chem. Soc. Trans.** 49, 172–187 (1886).

CAMARGO, M. S. A.; CERCAL, A. A.; SILVEIRA, V. F. MANCINELLI, K. C. B. GERN, R. M. M.; GARCIA, M. C. F.; APATI, G. P.; SCHNEIDER, A. L. D. S.; PEZZIN, A. P. T. Evaluation of Wet Bacterial Cellulose Degradation in Different Environmental Conditions. **Macromolecular Symposia**, v.394, 2000149, 202.

CARVALHO, T. *et al.* Latest Advances on Bacterial Cellulose-Based Materials for Wound Healing, Delivery Systems, and Tissue Engineering. **Biotechnology Journal,** v. 14: 12, p. 1-19, 2019.

DONINI, Í. A. N.; DE SALVI, D. T. B.; FUKUMOTO, F. K.; LUSTRI, W. R.; BARUD, H. S.; MARCHETTO, R.; MESSADDEQ, Y.; RIBEIRO S. J. L. Biossíntese e recentes avanços na produção de celulose bacteriana. **Ecl. Quím.**, v.35 : 4, p.165 - 178, 2010.

DUARTE, É. B. et al., Celulose bacteriana propriedades, meios fermentativos e aplicações. Fortaleza: **Embrapa Agroindústria Tropical**, 2019.

FEI, S.; Yang, X.; Xu, W.; Zhang, J.; Li J.; Chen, H.; Lin, X.; Liu S.; Li C. Insights into Proteomics Reveal Mechanisms of Ethanol-Enhanced Bacterial Cellulose Biosynthesis by Komagataeibacter nataicola. **Fermentation**, v.9, p.575, 2023.

GIRALDO, G. A. G. **Funcionalização da nanocelulose de celulose bacteriana com colágeno hidrolisado**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Londrina – UEL, 2016.

HUNGUND, B.S.; GUPTA, S.G.; Produção de celulose bacteriana de *Enterobacter amnigenus* GH-1 isolada de maçã podre. **World J Microbiol Biotechnol,** v. 26, p. 1823–1828, 2010.

INOUE, B. S.; STREIT, S.; SCHNEIDER, A. L.D.S ; MEIER, M. M. . Bioactive bacterial cellulose membrane with prolonged release of chlorhexidine for dental medical application. **International Journal Of Biological Macromolecules**, v. 148, p. 1098-1108, 2020.

JAKUBCZYK, K. *et al.* Chemical profile and antioxidant activity of the kombucha beverage derived from white, green, black and red tea. **Antioxidants**, v. 9, n. 5, 1, 2020.

KALASHNIKOVA, O.; PANKOVA, E.; SUKHIKH, S.; BABICH, O.; SAMUSEV, I.; TCIBULNIKOVA, A.; IVANOVA S.; KRIGER, O. Production of bacterial cellulose using a symbiotic consortium of bacteria and yeast on soybean molasses médium. **LWT – Food Science and Technology**, v. 205, p. 116480, 2024.

KUMINECK JR, S.R.; SILVEIRA, V.F.; SILVA, D.A.K.; GARCIA, M.C.F.; APATI, G.P.; SCHNEIDER, A.L.D.S.; PEZZIN, A.P.T.; BARATTO-FILHO, F. Development of bacterial cellulose incorporated with essential oils for wound treatment. **Polímeros**, v. 33 :4, e20230041, 2023.

LIANG, S. Advances in drug delivery applications of modified bacterial cellulose-based materials. **Front. Bioeng. Biotechnol**., v.11, 1252706, 2023.

LOPES, R. **Funcionalização de celulose bacteriana com peptídeo RGD para reparação tecidual de pele**. Dissertação de Mestrado (Química) Universidade Estadual Paulista – UNESP, 2015

MISHRA, S.; SINGH, P.K.; PATTNAIK, R.; KUMAR, S.; OJHA, S.K.; SRICHANDAN, H.; PARHI, P.K.; JYOTHI, R.K.; SARANGI, P.K. Biochemistry, Synthesis, and Applications of Bacterial Cellulose: A Review. **Front. Bioeng. Biotechnol**. 10:780409, 2022.

MLADENOVIC, M.; TRIJP, H. V.; PIQUERAS-FISZMAN, B. Is More Merrier? Consumers' Inferred Value of Sustainable Aspects for Plastic Food Packaging, **Journal of International Food & Agribusiness Marketing**. p. 1 – 28, 2024.

MOLIN, M. L.; SEGAT, B., GARCIA, M. C. F.; PEZZIN, A. P. T.; SILVEIRA, M. L. L.; SCHNEIDER, A. L. D. S. Development and characterization of bacterial cellulose membrane incorporated with Witch hazel extract. **Revista Matéria**, v.28, n.2, p.20230008e, 2023.

NEVES, E. Z. **Desenvolvimento de um curativo de biocelulose com propriedades antimicrobianas para uso no tratamento de feridas cutâneas em modelo laboratorial.** Dissertação de Mestrado (Engenharia de Processos) Universidade da Região de Joinville – UNIVILLE, 2022.

NIE, W.; ZHENG, X. FENG, W.; LIU, Y.; LI. Y. LIANG, X. Characterization of bacterial cellulose produced by Acetobacter pasteurianus MGC-N8819 utilizing lotus rhizome. **LWT - Food Science and Technology**, v.165, p. 113763, 2022.

NÓVAK, I. C., SEGAT, B., GARCIA, M. C. F., PEZZIN, A. P. T., & SCHNEIDER, A. L. S. Alternative production of bacterial cellulose by Komagataeibacter hansenii and microbial consortium. **Polímeros**. 34(2), p. 20240021e, 2024.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE. https://www.unep.org/annualreport/2019/ index.php

RASTOGI, K., BANERJEE, R.. Production and characterization of cellulose from Leifsonia sp. **Process Biochemistry**, v. 85, p. 35-42, 2019.

SALEH, A.K.; ELGENDI, H.; SOLIMAN, N. A.; ELZAWAWY, W. K.; ABDELFATTAH, Y. R. Bioprocess development for bacterial cellulose biosynthesis by novel Lactiplantibacillus plantarum isolate along with characterization and antimicrobial assessment of fabricated membrane. **Nature Scientifc Reports**, v.12, p.2181, 2022.

SALES, L. G. **Estudo da produção de celulose bacteriana por consórcio microbiano a partir de diferentes chás e concentrações de açúcar**. Dissertação de Mestrado (Engenharia de Processos) Universidade da Região de Joinville – UNIVILLE, 2023.

SKIBA, E. A.; GLADYSHEVA, E. K.; GOLUBEV D. S.; BUDAEVA, V. V.; ALESHINA, L.A.; SAKOVICH, G. V. Self-standardization of quality of bacterial cellulose produced by Medusomyces gisevii in nutrient media derived from Miscanthus biomass. **Carbohydrate Polymers**, v 252, p.117178, 2021.

TANSKUL, S.; AMORNTHATREE, K.; JATURONLAK, N. A new cellulose-producing bacterium, Rhodococcus sp. MI 2: screening and optimization of culture conditions. **Carbohydr Polym**. v. 92, p. 421-8, 2013.

TAOKAEW, S. Bacterial Nanocellulose Produced by Cost-Effective and Sustainable Methods and Its Applications: A Review. **Fermentation,** 10, 316, 2024.

TEIXEIRA, S. R. Z.; REIS, E. M. D.; APATI, G. P.; MEIER, M. M.; NOGUEIRA, A. L.; GARCIA M. C. F.; SCHNEIDER, A. L. D. S.; PEZZIN, A. P. T.; PORTO, L. M. Biosynthesis and Functionalization of Bacterial Cellulose Membranes with Cerium Nitrate and Silver Nanoparticles. **Materials Research**, 22(suppl. 1), e20190054, 2019.

THORAT, M. N.; DASTAGER, S. G. High yield production of cellulose by a Komagataeibacter rhaeticus PG2 strain isolated from pomegranate as a new host. **RSC Adv**., v.8, p.29797–29805, 2018.

TURECK, B. C.; HACKBARTH, H. G.; NEVES, E. Z.; GARCIA, M. C. F.; APATI, G. P.; RECOUVREUX, D. D. O. S.; PEZZIN, A. P. T.; SCHNEIDER, A. L. D. S. Obtaining and characterization of bacterial cellulose synthesized by *Komagataeibacter hansenii* from alternative sources of nitrogen and carbon. **Revista Matéria**, v. 26:4, e13092, 2021.

ULLAH, H.; WAHID, F.; SANTOS H. A.; KHANA T. Advances in biomedical and pharmaceutical applications of functional bacterial cellulose-based nanocomposites. / **Carbohydrate Polymers**, v. 150, p. 330–352, 2016.

VILLARREAL-SOTO, S. A.; BEAUFORT, S.; BOUAJILA, J.; SOUCHARD. J.-P.; TAILLANDIER P. Understanding Kombucha Tea Fermentation: A Review. **Journal of Food Science**, v. 83 : 3, 2018.

YAMADA, C. **Utilização de resíduos de hortifrúti e aplicação de pressões seletivas em bactérias do gênero Komagataeibacter para a produção de celulose bacteriana para aplicações biomédicas**. Dissertação de Mestrado (Biotecnologia em Medicina Regenerativa e Química Medicinal). Universidade de Araraquara – UNIARA, 2021.

YIM, S. M.; SONG, J. E., KIM, H. R. Production and characterization of bacterial cellulose fabrics by nitrogen sources of tea and carbon sources of sugar, **Process Biochemistry**, v 59, part A, p 26-36, 2017.

XIA, Q.; CHEN, C.; YAO, Y.; LI, J.; HE, S.; ZHOU, Y.; LI, T.; PAN, X.; YAO, Y.; Hu, L. A strong, biodegradable and recyclable lignocellulosic bioplastic. **Nature Sustainability**. v. 4, p.627–635, 2021.

CAPÍTULO

12

QUALIDADE AMBIENTAL E SAÚDE

RESPONSABILIDADE CIVIL E PENAL NOS ACIDENTES AMBIENTAIS

Acir Alves Coelho Junior[1]
Therezinha Maria Novais de Oliveira[2]

[1] Advogado e doutor em Saúde e Meio Ambiente pela Univille. CV: http://lattes.cnpq.br/8355499954192153

[2] Engenheira Sanitarista e Ambiental e doutora em Engenharia de Produção na área de gestão ambiental. Docente do Programa de Pós-graduação em saúde e Meio ambiente da Univille. CV: http://lattes.cnpq.br/8358410394755408

INTRODUÇÃO

A relação entre desenvolvimento econômico e a proteção ambiental é um tema que desafia sociedades e governos em todo o mundo, especialmente em países em desenvolvimento como o Brasil. Historicamente, o avanço industrial e urbano foi acompanhado por um uso intenso e, muitas vezes, desregulado dos recursos naturais resultando em impactos ambientais severos e muitas vezes irreversíveis (BARBIERI, 2020). Esse modelo, focado na exploração imediata e na maximização de resultados econômicos, produziu em uma série de impactos ambientais que, ao longo do tempo, têm se mostrado devastadores. Diante desse cenário, a necessidade de criar mecanismos legais para proteger o meio ambiente tornou-se urgente, e, no Brasil, esse movimento culminou com a inclusão do meio ambiente como um direito constitucional.

A Constituição Federal de 1988 representa um marco para o direito ambiental brasileiro, estabelecendo o meio ambiente ecologicamente equilibrado como um direito de todos e um dever do Estado e da coletividade. No artigo 225, o texto constitucional afirma que

> todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

Essa disposição eleva a questão ambiental ao patamar de direito fundamental, estabelecendo um compromisso intergeracional com a sustentabilidade. O direito ao meio ambiente equilibrado não é apenas um privilégio, mas uma responsabilidade compartilhada entre o Estado, empresas e cidadãos (REALE, 2002).

Essa nova postura reflete uma mudança de paradigma que começou a se consolidar a partir da década de 1960, quando os primeiros movimentos ambientalistas emergiram, alertando sobre as consequências das ações humanas no ecossistema (DALTON, 1994). No Brasil, o desenvolvimento do direito ambiental se deu de forma mais

tardia, mas com notável intensidade, impulsionado por uma série de crises ambientais que expuseram a necessidade de normas robustas e uma fiscalização eficiente. Tragédias como os derramamentos de óleo, o desmatamento da Amazônia e, mais recentemente, os rompimentos de barragens de rejeitos de mineração em Mariana e Brumadinho, evidenciam o impacto profundo que os desastres ambientais podem ter sobre a sociedade, afetando não apenas o meio ambiente, mas também a economia, a saúde pública e a coesão social (LEITE; AYALA, 2020).

A responsabilidade civil e criminal em casos de acidentes ambientais surge, nesse contexto, como um dos instrumentos essenciais para a reparação dos danos e a punição dos infratores. A responsabilidade civil visa principalmente restituir o equilíbrio do meio ambiente, obrigando o agente causador a reparar ou compensar os danos, enquanto a responsabilidade criminal busca penalizar e dissuadir práticas que resultam em degradação ambiental (COSTA; MAROTTA, 2017). Essas responsabilidades são complementares e visam não apenas corrigir o dano causado, mas também prevenir futuras infrações. A responsabilidade objetiva no direito ambiental, adotada pelo Brasil, dispensa a necessidade de provar a intenção do agente, facilitando a responsabilização em desastres ecológicos e ampliando a proteção ambiental (MACHADO, 2023).

Além disso, o direito ambiental brasileiro abrange a responsabilidade de pessoas físicas e jurídicas, refletindo a complexidade dos agentes envolvidos em atividades poluidoras. A inclusão das empresas no escopo das sanções civis e penais representa um avanço significativo, pois reconhece o papel que grandes corporações desempenham na geração de impactos ambientais, especialmente em setores como mineração, petróleo, agroindústria e construção civil (LEITE; MELO, 2007). No entanto, a aplicação dessa responsabilidade encontra desafios práticos, como a identificação dos responsáveis em estruturas empresariais complexas e o cumprimento efetivo das sanções impostas.

A abordagem ambiental como um "macrobem", que inclui a interação entre diversos ecossistemas e a própria sobrevivência das espécies, é central para a compreensão da responsabilidade ambiental. Em uma sociedade interdependente, a degradação de um ecossistema específico pode ter repercussões amplas e de longo prazo, afetando o bem-estar de comunidades inteiras (ABREU; BUSSINGUER, 2013). Por isso, a proteção ambiental não é apenas uma questão ecológica, mas também social e econômica. Os custos dos desastres ambientais são muitas vezes suportados por toda a sociedade, seja na forma de prejuízos financeiros, perda de biodiversidade ou riscos à saúde pública.

Assim, este capítulo tem como objetivo explorar as nuances da responsabilidade civil e criminal em acidentes ambientais no Brasil, oferecendo uma análise sobre os mecanismos legais e seus desafios. Inicialmente, serão apresentados os fundamentos do direito ambiental, abordando os principais princípios que norteiam a legislação brasileira. Em seguida, será discutida a aplicação da responsabilidade civil, analisando os pressupostos necessários para caracterizar o dano ambiental e as modalidades de reparação.

Posteriormente, aborda-se a responsabilidade criminal, discutindo a importância das sanções penais e a inclusão das pessoas jurídicas como sujeitos passivos das sanções ambientais. Por fim, as considerações finais refletirão sobre as perspectivas futuras do direito ambiental brasileiro, considerando a necessidade de um fortalecimento contínuo das normas e uma fiscalização mais ativa e eficaz.

FUNDAMENTOS DO DIREITO AMBIENTAL

O direito ambiental brasileiro é estruturado sobre um conjunto de princípios fundamentais que orientam tanto a criação quanto a aplicação das normas ambientais. Esses princípios são a base para a promoção de políticas públicas de proteção ambiental e para a interpretação de questões ambientais no âmbito judicial (MACHADO, 2023). No Brasil,

esses fundamentos vão além da simples preservação do meio ambiente, incluindo também a ideia de sustentabilidade e a proteção dos interesses das gerações futuras. A seguir, são apresentados os principais princípios que compõem os fundamentos do direito ambiental, com suas respectivas aplicações e implicações segundo os preceitos de Machado (2023).

O **princípio da prevenção** é um dos pilares do direito ambiental e estabelece que a atuação preventiva é preferível à reparação de danos já causados (LEITE; MELO, 2007). Esse princípio é fundamental em situações em que os riscos ambientais são conhecidos e previsíveis, como no caso de atividades industriais e de exploração de recursos naturais. A ideia central é que o Estado e a sociedade devem adotar medidas que evitem ou minimizem os impactos ambientais antes que ocorram danos significativos.

No Brasil, a aplicação desse princípio pode ser observada na exigência de estudos de impacto ambiental (EIA) e relatórios de impacto ambiental (RIMA) para empreendimentos potencialmente poluidores, como a construção de hidrelétricas, indústrias de grande porte e projetos de mineração (MACHADO, 2023). A utilização do princípio da prevenção reflete a necessidade de uma abordagem proativa, buscando antecipar problemas ambientais, deixar as comunidades locais a par e implementar ações que protejam o meio ambiente e a qualidade de vida das populações afetadas.

O **princípio da precaução** é um desdobramento do princípio da prevenção e é aplicado em situações de incerteza científica, em que não há plena certeza sobre os possíveis efeitos adversos de uma determinada atividade. Diferente da prevenção, que atua diante de riscos conhecidos, a precaução orienta decisões em cenários cujos impactos potenciais ainda não foram totalmente estudados, mas há suspeitas de que possam ser danosos ao meio ambiente ou à saúde humana (GOBBO, 2016).

Um exemplo emblemático da aplicação do princípio da precaução é o uso de transgênicos e agrotóxicos no Brasil. Em casos como esses, os impactos sobre o meio ambiente e a saúde humana podem levar décadas para se manifestar, tornando difícil uma análise completa dos

riscos envolvidos (LEITE; AYALA, 2020). O princípio da precaução permite que o Estado imponha restrições a essas substâncias, limitando seu uso enquanto os estudos sobre seus efeitos continuam em desenvolvimento.

O **princípio da reparação** integral estabelece que, quando ocorre um dano ambiental, o responsável deve restaurar o meio ambiente ao estado original, sempre que possível. Em situações em que a recuperação integral não é viável, o princípio impõe que o infrator adote medidas compensatórias, visando minimizar os impactos negativos de sua ação (MILARÉ, 2016). Esse princípio é crucial no contexto de grandes desastres ambientais, como os rompimentos de barragens, onde a magnitude do dano torna a recuperação completa difícil ou, em alguns casos, impossível.

No Brasil, esse princípio é aplicado por meio de sanções e exigências impostas aos responsáveis por danos ambientais. Um exemplo recente é a exigência de recuperação das áreas afetadas pelo rompimento da barragem em Brumadinho, Minas Gerais, em 2019. A empresa responsável, além de indenizar as vítimas, foi obrigada a elaborar e financiar projetos de recuperação ambiental para compensar o impacto causado aos ecossistemas e à qualidade de vida das comunidades afetadas (COSTA; MAROTTA, 2017). Esse princípio se conecta diretamente ao conceito de justiça ambiental, garantindo que as comunidades prejudicadas por danos ambientais sejam compensadas e que os poluidores assumam a responsabilidade por suas ações.

O **princípio da sustentabilidade** estabelece que o uso dos recursos naturais deve ser feito de forma a garantir que as futuras gerações tenham acesso a esses mesmos recursos. A sustentabilidade ambiental busca harmonizar o desenvolvimento econômico com a proteção ambiental, promovendo um modelo de uso racional dos recursos e evitando o esgotamento dos ecossistemas (BARBIERI, 2020). Esse princípio reforça a ideia de que o meio ambiente é um patrimônio coletivo, pertencente não apenas às gerações presentes, mas também às futuras.

No contexto brasileiro, a sustentabilidade é essencial para a gestão de recursos estratégicos, como a floresta amazônica, os rios e a biodiversidade única do país (ABREU; BUSSINGUER, 2013). A Amazônia, por exemplo, desempenha um papel vital para o equilíbrio climático global e é considerada um recurso essencial não apenas para o Brasil, mas para toda a humanidade. A exploração desmedida da floresta pode comprometer a sua capacidade de regeneração, afetando não apenas as populações locais, mas também a estabilidade climática mundial. O princípio da sustentabilidade busca impedir essa exploração predatória, promovendo práticas que respeitem os ciclos naturais e a integridade dos ecossistemas.

O **princípio do poluidor-pagador** define que o responsável pela degradação ambiental deve arcar com os custos de sua reparação. Esse princípio é uma resposta à ideia de que o meio ambiente é um bem de uso comum e que a poluição impõe um ônus à coletividade (MACHADO, 2023). Esse princípio é aplicado em diversas regulamentações brasileiras, como a Política Nacional do Meio Ambiente, que prevê a aplicação de multas e outras sanções administrativas a infratores ambientais (BRASIL, 1981).

Outro aspecto fundamental do direito ambiental brasileiro é o **princípio da informação e da participação popular**, que garante o acesso à informação sobre questões ambientais e a participação da sociedade nas decisões que afetam o meio ambiente. Esse princípio é essencial para a construção de uma governança ambiental transparente e democrática, permitindo que as comunidades afetadas por projetos de impacto ambiental tenham voz nas decisões que influenciam suas vidas (NAÇÕES UNIDAS DO BRASIL, 2024).

A participação popular está prevista na Constituição Federal de 1988 e é frequentemente exercida em audiências públicas realizadas durante o processo de licenciamento ambiental. Além disso, o princípio da informação é uma ferramenta importante para a conscientização e mobilização social em torno de temas ambientais, como o desmatamento e a poluição (MACHADO, 2023).

O **princípio da não regressão** assegura que os níveis de proteção ambiental já alcançados não podem ser reduzidos. Esse princípio protege as conquistas históricas do direito ambiental, impedindo que retrocessos legislativos ou políticos enfraqueçam as normas de preservação do meio ambiente. A não regressão é especialmente relevante em tempos de crise econômica, onde pressões por flexibilização das leis ambientais podem aumentar (BRASIL, 1988).

No Brasil, o princípio da não regressão ganhou destaque em momentos de revisão das normas ambientais, como nas discussões sobre o Código Florestal e nas tentativas de flexibilização das regras de licenciamento ambiental (MACHADO, 2023).

Esses fundamentos do direito ambiental brasileiro não apenas orientam a criação e aplicação das leis, mas também refletem o compromisso do país com a proteção ambiental em escala global. Eles representam um avanço na compreensão da importância do meio ambiente para o bem-estar das atuais e futuras gerações, enfatizando a necessidade de uma gestão responsável e integrada dos recursos naturais (MILARÉ, 2016). A aplicação rigorosa desses princípios é fundamental para assegurar que o Brasil continue avançando na proteção ambiental e para construir um modelo de desenvolvimento sustentável e inclusivo.

RESPONSABILIDADE CIVIL EM ACIDENTES AMBIENTAIS

A responsabilidade civil no direito ambiental é um dos principais instrumentos para a reparação de danos causados ao meio ambiente e visa garantir que os infratores respondam por suas ações. No contexto ambiental, a responsabilidade civil é aplicada para restaurar o estado anterior ao dano, sempre que possível, e para compensar as perdas em casos de degradação irreversível. Diferente da responsabilidade penal, que busca punir o infrator, a responsabilidade civil tem caráter predominantemente reparatório, obrigando o responsável pelo dano a financiar as ações necessárias para minimizar os impactos ambientais (Milaré, 2016).

No Brasil, a responsabilidade civil ambiental segue o princípio da responsabilidade objetiva, ou seja, ela independe da comprovação de dolo ou culpa do agente. Basta que se comprove o dano e o nexo de causalidade entre a atividade realizada e o impacto causado ao meio ambiente (LEITE; AYALA, 2020). Essa modalidade é fundamental para assegurar que o ônus da reparação recaia sobre o causador do dano, desestimulando práticas lesivas e incentivando a adoção de medidas preventivas.

Pressupostos da Responsabilidade Civil Ambiental

A responsabilidade civil ambiental é fundamentada em três pressupostos principais: o dano, o nexo de causalidade e a responsabilidade objetiva. A seguir, cada um desses elementos é explorado em detalhes, juntamente com exemplos práticos que ilustram sua aplicação a luz dos estudos de Milaré (2016).

Dano Ambiental: O conceito de dano ambiental é abrangente e inclui qualquer alteração significativa que cause degradação ou prejuízo aos recursos naturais, à fauna, à flora, ao solo, à água, ao ar, ao clima e ao bem-estar humano (MACHADO, 2023). A legislação brasileira adota uma visão ampla e integrada do dano, considerando os impactos cumulativos e indiretos das atividades poluidoras. Em muitos casos, o dano ambiental pode ser irreversível, como ocorre em situações de perda de biodiversidade, contaminação de aquíferos ou destruição de ecossistemas específicos.

Um exemplo de dano ambiental relevante foi o desastre ocorrido na bacia do Rio Doce, em 2015, após o rompimento da barragem de Fundão, em Mariana (MG). O evento liberou milhões de metros cúbicos de rejeitos de mineração, contaminando o rio, matando espécies aquáticas e impactando severamente a flora e a fauna da região (COSTA; MAROTTA, 2017). Além das perdas ambientais, o desastre afetou diretamente a subsistência e a saúde das comunidades ribeirinhas. Esse caso ilustra a dimensão do dano ambiental e a dificuldade de restauração integral do ecossistema após desastres de grande porte.

Nexo de Causalidade: O nexo de causalidade é o vínculo entre a atividade ou omissão do agente e o dano ambiental. No direito ambiental brasileiro, adota-se a Teoria do Risco Integral, que elimina a necessidade de comprovar a culpa e simplifica a atribuição de responsabilidade em casos de poluição e degradação ambiental (MILARÉ, 2016). Essa abordagem é especialmente importante em cenários de poluição difusa, como a poluição atmosférica e o desmatamento, onde diversos agentes podem contribuir para um mesmo dano.

A aplicação do nexo de causalidade em situações complexas, como a poluição do ar em grandes centros urbanos, exige uma análise detalhada das contribuições de cada agente poluidor. Por exemplo, em cidades como São Paulo, a poluição atmosférica é gerada por uma combinação de fatores, incluindo as emissões de veículos, indústrias e queimadas (GOBBO, 2016). A determinação da responsabilidade civil em casos como esses é desafiadora, pois envolve múltiplos agentes e atividades interdependentes. Ainda assim, a aplicação da responsabilidade objetiva e da teoria do risco permite que cada poluidor seja responsabilizado de forma proporcional ao impacto causado.

Responsabilidade Objetiva: A responsabilidade objetiva é um dos elementos mais importantes do direito ambiental, pois permite que a reparação dos danos seja exigida independentemente da intenção do agente causador. Esse modelo é especialmente adequado para o direito ambiental, onde as consequências das atividades poluidoras são frequentemente extensas e de difícil reversão (LEITE; MELO, 2007). A responsabilidade objetiva considera que a simples realização de uma atividade potencialmente poluidora já impõe ao agente o dever de reparar eventuais danos, ainda que estes tenham ocorrido de forma acidental.

A adoção da responsabilidade objetiva tem impacto direto na indústria e nas atividades econômicas de grande risco, como a mineração, o agronegócio e a produção de petróleo. Por exemplo, uma empresa petrolífera que cause um derramamento de óleo em uma região costeira deve arcar com os custos da limpeza e recuperação ambiental, mesmo que o acidente tenha ocorrido devido a uma falha inesperada em seu equipamento (MACHADO, 2023). A responsabilidade objetiva

visa assegurar que os custos da degradação ambiental não recaiam sobre a coletividade, mas sobre os agentes diretamente envolvidos nas atividades poluidoras.

Modalidades de Reparação: Restauração e Compensação

A reparação dos danos ambientais pode ocorrer de duas formas principais: a restauração integral e a compensação ambiental. Em muitos casos, a legislação brasileira combina ambas as modalidades para garantir uma resposta completa e justa aos danos causados.

Restauração Integral: A restauração integral busca devolver o meio ambiente ao estado em que se encontrava antes do dano, sempre que possível. Esse tipo de reparação é aplicável quando o dano ambiental é reversível e há tecnologias ou métodos disponíveis para realizar a recuperação. No entanto, em casos de grandes desastres, como o rompimento de barragens, a restauração completa pode ser inviável devido à extensão dos danos (BRASIL, 1988).

A restauração é frequentemente aplicada em projetos de reflorestamento e recuperação de ecossistemas aquáticos, onde a reintrodução de espécies e a recuperação da vegetação ajudam a restabelecer o equilíbrio ecológico. O processo de restauração ambiental pode levar anos ou, até mesmo, décadas, exigindo investimentos contínuos por parte dos responsáveis pelo dano (ABREU; BUSSINGUER, 2013).

Compensação Ambiental: A compensação é uma forma de reparação utilizada quando a restauração integral é impossível ou insuficiente. Nesse caso, o agente causador do dano é obrigado a realizar ou financiar projetos que compensem o impacto causado, contribuindo para a preservação de outras áreas ou para a implementação de programas ambientais que beneficiem a sociedade (LEITE; AYALA, 2020). A compensação ambiental inclui medidas como a criação de unidades de conservação, projetos de educação ambiental e programas de reflorestamento.

Um exemplo de compensação ambiental é a exigência de que empresas envolvidas em atividades de grande impacto, como a construção de rodovias ou hidrelétricas, financiem projetos de preservação em outras regiões (BARBIERI, 2020).

A responsabilidade civil ambiental considera também, a extensão do dano, que pode ser classificado como individual ou coletivo. Essa classificação é importante para definir as medidas reparatórias adequadas e a abrangência das ações de compensação.

Dano Ambiental Individual: Refere-se a danos específicos e localizados, que afetam áreas limitadas e, geralmente, uma única comunidade ou grupo de pessoas. Um exemplo de dano individual é o vazamento de produtos químicos que contamina uma fonte de água usada por uma população local. Nesse caso, o agente responsável pode ser claramente identificado, e as ações de reparação podem ser direcionadas diretamente ao local afetado (MILARÉ, 2016).

Dano Ambiental Coletivo: O dano coletivo afeta uma área mais ampla e pode envolver múltiplas causas e agentes poluidores. Esse tipo de dano geralmente compromete o bem-estar de comunidades inteiras, regiões ou, até mesmo, países. Exemplos de dano coletivo incluem a poluição do ar em regiões industriais e o desmatamento da Amazônia, que gera impactos climáticos e ecológicos em escala global (CARSON, 2010).

A responsabilidade civil em acidentes ambientais é uma ferramenta essencial para assegurar que os agentes causadores de degradação sejam obrigados a arcar com as consequências de suas ações. A aplicação dos princípios da responsabilidade objetiva e do poluidor-pagador garante que o ônus da reparação recaia sobre quem promove a degradação, desestimulando a poluição e incentivando práticas mais sustentáveis (MACHADO, 2023).

A efetividade da responsabilidade civil depende, no entanto, de uma fiscalização rigorosa e de um sistema jurídico acessível e ágil, capaz de processar e executar as ações de reparação de maneira eficaz (NAÇÕES UNIDAS DO BRASIL, 2024).

RESPONSABILIDADE CRIMINAL EM ACIDENTES AMBIENTAIS

A responsabilidade criminal é um dos mecanismos mais importantes para coibir e punir atividades lesivas ao meio ambiente. Diferente da responsabilidade civil, que tem como principal objetivo a reparação dos danos, a responsabilidade criminal visa aplicar sanções aos infratores e dissuadir práticas que coloquem o meio ambiente em risco. No Brasil, a Lei de Crimes Ambientais (Lei n. 9.605/1998) é o marco regulatório fundamental para a responsabilização penal de ações que causem degradação ambiental (BRASIL, 1998).

A Lei de Crimes Ambientais introduziu um avanço importante ao possibilitar a responsabilização criminal de pessoas jurídicas, reconhecendo que empresas e organizações desempenham um papel central em diversas atividades de grande impacto ambiental. Essa inovação visa assegurar que as corporações adotem práticas responsáveis e monitorem suas atividades para evitar desastres ecológicos (COSTA; MAROTTA, 2017). Além disso, a responsabilidade criminal ambiental permite a aplicação de sanções variadas, desde multas e restrições operacionais até penas de reclusão para indivíduos diretamente envolvidos.

A Lei de Crimes Ambientais classifica e define uma série de crimes contra o meio ambiente, abrangendo práticas como a poluição, o desmatamento, o tráfico de fauna e flora, e a degradação de áreas de proteção ambiental. Entre os principais tipos de crimes ambientais tipificados pela legislação estão:

Poluição: Inclui qualquer ato que resulte em degradação do ar, solo ou água, afetando negativamente a saúde humana, a fauna, a flora ou o equilíbrio dos ecossistemas. Em casos graves, em que a poluição coloca em risco a saúde pública ou causa a morte de animais, as penas podem ser agravadas, incluindo reclusão para os responsáveis diretos (MACHADO, 2023).

Desmatamento e destruição de áreas protegidas: Destruir ou danificar florestas em áreas de preservação permanente (APP) ou

em reservas ambientais configura crime ambiental e o responsável está sujeito a penas de reclusão e multas. Esse crime é especialmente grave na Amazônia, onde o desmatamento ilegal representa uma ameaça à biodiversidade e ao equilíbrio climático (LEITE; AYALA, 2020).

Tráfico de Fauna e Flora: A captura, venda e transporte de espécies da fauna e flora silvestres sem autorização também é considerada crime ambiental. Esse tipo de crime não apenas ameaça a biodiversidade, mas também contribui para a extinção de espécies raras (ABREU; BUSSINGUER, 2013).

Atividades de risco sem autorização: A realização de atividades potencialmente poluidoras ou de alto risco sem a devida licença ambiental é outro crime ambiental. Exemplos incluem a exploração de recursos naturais em áreas de preservação sem autorização, ou o armazenamento inadequado de resíduos tóxicos que possam causar contaminação do solo e das águas (GOBBO, 2016).

Uma das principais inovações da Lei de Crimes Ambientais foi a possibilidade de responsabilizar criminalmente as pessoas jurídicas. Essa medida reflete a realidade de que, em muitos casos, os danos ambientais de grande escala são causados por atividades empresariais e industriais (MILARÉ, 2016). A responsabilidade penal das empresas visa garantir que essas organizações não operem impunemente e que adotem práticas responsáveis, incluindo planos de mitigação de riscos e monitoramento ambiental.

Dupla Imputação: A teoria da dupla imputação é um aspecto fundamental na responsabilidade penal da pessoa jurídica. Segundo essa teoria, a empresa e a pessoa física que praticou o ato lesivo (como um diretor ou gerente) podem ser responsabilizados simultaneamente. Essa medida busca evitar que a pessoa jurídica, ao responder pelo crime, isente os indivíduos que atuaram diretamente para causar o dano (COSTA; MAROTTA, 2017). No entanto, a dupla imputação enfrenta desafios, especialmente em grandes corporações onde as decisões são descentralizadas e a identificação dos responsáveis diretos é mais complexa.

As penalidades aplicáveis às empresas que cometem crimes ambientais variam de acordo com a gravidade do dano e incluem:

Multas: A imposição de multas é uma das sanções mais comuns para empresas. No entanto, para serem eficazes, as multas precisam ser significativas o suficiente para desestimular a reincidência, principalmente em setores onde os lucros da atividade poluidora podem superar o custo das multas (MACHADO, 2023).

Restrição de Atividades: Em casos graves, as empresas podem ser proibidas de operar em determinadas áreas ou até mesmo ter suas licenças ambientais suspensas. Essa sanção é particularmente eficaz em atividades que dependem de autorizações específicas, como mineração e exploração de petróleo (LEITE; MELO, 2007).

Perda de Incentivos e Benefícios Fiscais: Empresas envolvidas em crimes ambientais podem perder benefícios fiscais e incentivos oferecidos pelo governo, o que representa uma penalidade econômica significativa (BRASIL, 1998).

Interdição e Dissolução: Em casos extremos, em que a empresa é reincidente ou causa danos irreparáveis, pode ser decretada a interdição das atividades ou até a dissolução da empresa (COSTA; MAROTTA, 2017).

A aplicação da responsabilidade criminal em desastres ambientais enfrenta limites e desafios práticos e estruturais. Entre os principais estão:

Identificação dos Responsáveis: Em empresas de grande porte, como multinacionais e conglomerados, é difícil identificar quem foi diretamente responsável pelo ato ou pela omissão que levou ao dano ambiental. As decisões podem envolver múltiplos níveis hierárquicos, dificultando a atribuição de culpa (MACHADO, 2023).

Descentralização das Decisões: A estrutura corporativa complexa de algumas empresas dificulta a aplicação da teoria da dupla imputação, especialmente em empresas onde as decisões operacionais são descentralizadas. Em alguns casos, o crime ambiental pode ser o resultado de políticas empresariais que incentivam a produção a qualquer custo, mas que não são diretamente decididas pelos executivos que comandam a organização (MILARÉ, 2016).

Lentidão Processual: Os processos criminais ambientais podem ser longos e complexos, o que pode retardar a aplicação das

sanções e comprometer o efeito dissuasivo da responsabilidade penal. Além disso, a defesa das empresas envolvidas é, muitas vezes, altamente especializada, o que torna a condução do processo mais desafiadora para o sistema judiciário (LEITE; AYALA, 2020).

A responsabilidade criminal em desastres ambientais é um componente essencial da legislação ambiental brasileira, pois busca punir as práticas lesivas e prevenir novas infrações. No entanto, sua efetividade depende de uma aplicação rigorosa e de uma estrutura de fiscalização robusta. A inclusão das pessoas jurídicas como sujeitos passivos é um avanço significativo, mas exige melhorias na identificação e responsabilização dos indivíduos diretamente envolvidos (BRASIL, 1988).

O fortalecimento da responsabilidade criminal, aliado a um sistema judicial ágil e eficaz, é fundamental para que o Brasil alcance um modelo de desenvolvimento mais sustentável. Em um contexto global de mudanças climáticas e pressão sobre os recursos naturais, a punição exemplar dos infratores é uma forma de promover a proteção ambiental e de assegurar a preservação dos ecossistemas para as gerações futuras (NAÇÕES UNIDAS DO BRASIL, 2024).

.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A responsabilidade civil e criminal em acidentes ambientais desempenha um papel central na proteção do meio ambiente, garantindo que os danos causados sejam reparados e que os infratores sejam punidos. No contexto brasileiro, em que os recursos naturais representam um dos principais patrimônios econômicos e ecológicos, a proteção ambiental não é apenas uma questão de sustentabilidade, mas também de justiça social, uma vez que os desastres ambientais frequentemente afetam comunidades vulneráveis e ecossistemas de grande importância para o equilíbrio climático global.

A adoção da responsabilidade objetiva no âmbito civil é um avanço importante, pois elimina a necessidade de comprovar dolo ou culpa nos casos de degradação ambiental, assegurando que o ônus

da reparação recaia sobre quem causa o dano. Da mesma forma, a responsabilização criminal das pessoas jurídicas é uma inovação que fortalece a capacidade do Estado de regular atividades de grande impacto ambiental, obrigando empresas e corporações a considerarem o meio ambiente como um componente essencial em suas operações. No entanto, para que esses mecanismos sejam realmente eficazes, é necessário que eles sejam acompanhados de uma fiscalização rigorosa e de um sistema judicial ágil e acessível.

As dificuldades para aplicar a dupla imputação, a complexidade de identificar os responsáveis diretos em grandes corporações e a demora processual são obstáculos significativos que comprometem a efetividade da legislação ambiental brasileira. Esses desafios revelam a necessidade de aprimorar tanto a estrutura normativa quanto a operacional. A criação de tribunais ambientais especializados poderia acelerar a resolução de casos e garantir que as sanções sejam aplicadas de forma rápida e justa. Além disso, o fortalecimento das instituições de gestão e fiscalização ambiental é crucial para assegurar que as normas sejam cumpridas e infratores sejam identificados.

Em um cenário global de mudanças climáticas e crescente pressão sobre os ecossistemas, o Brasil tem uma responsabilidade particular, dada a sua riqueza em biodiversidade e o papel estratégico que seus biomas desempenham para o equilíbrio climático. A proteção ambiental, portanto, não deve ser vista apenas como uma questão interna, mas como um compromisso com a comunidade internacional e as futuras gerações. O fortalecimento dos mecanismos de responsabilização ambiental é uma forma de assegurar que o país continue avançando na construção de uma sociedade mais justa e sustentável.

Em suma, a responsabilidade civil e criminal em acidentes ambientais no Brasil é um campo em constante evolução, que busca equilibrar o desenvolvimento econômico com a preservação dos recursos naturais. Para garantir que essa evolução se traduza em resultados concretos, é fundamental que as normas sejam aplicadas com rigor e que o sistema judicial e os órgãos de fiscalização sejam fortalecidos.

Somente com uma abordagem integrada, que envolva Estado, empresas e sociedade civil, será possível assegurar a proteção efetiva do meio ambiente e a construção de um futuro mais sustentável.

REFERENCIAS

ABREU, Ivy de Souza; BUSSINGUER, Elda Coelho de Azevedo. **Antropocentrismo, ecocentrismo e holismo: uma breve análise das escolas de pensamento ambiental**. Revista Derecho y Cambio Social [online], Lima. v. 34, p. 1-11, 2013. Disponível em: https://www.derechoycambiosocial.com/revista034/escolas_de_pensamento_ambiental.pdf. Acesso em: 17 out. 2022.

BARBIERI, Carlos José. **Desenvolvimento sustentável, das origens a agenda 2030**. São Paulo, SP: Vozes, 2020.

BRASIL. Casa Civil. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988.

_____. Casa Civil. Lei n.º 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1998.

CARSON, Rachel. **Primavera silenciosa**. São Paulo, SP: Gaia, 2010.

COSTA, Beatriz; MAROTTA, Clarice Gomes. **Responsabilidade penal ambiental da pessoa jurídica na visão do Supremo Tribunal Federal: uma análise do RE 548181/PR**. Revista de Direito Econômico e Socioambiental, Curitiba, v. 8, n. 2, p. 358- 377, maio/ago. 2017.

DALTON, Russel J. **The green rainbow: environmental groups in western Europe.** New Haven/London: Yale University Press, 1994.

GOBBO, Silvia Regina. **Uso do DDT: um perigo eminente para a saúde humana.** Disponível em: https://conexaoagua.mpf.mp.br/arquivos/artigos-cientificos/2016/06-uso-do-ddt-um-perigo-eminente-para-a-saude-humana.pdf. Acesso em: 28 abr. 2022.

LEITE, José Rubens Morato; AYALA, Patryck de Araújo. Dano ambiental. Rio de Janeiro: Forense, 2020.

LEITE, José Rubens Morato; MELO, Melissa Ely. **As funções preventivas e precaucionais da responsabilidade civil por danos ambientais**. Sequência: estudos jurídicos e políticos, v. 28, n. 55, p. 195-218, 2007.

MACHADO, Paulo Affonso Leme. **Direito ambiental brasileiro**. 29. ed. São Paulo: JusPodivm, 2023.

MILARÉ, Édis. **Reação jurídica à danosidade ambiental: contribuição para o delineamento de um microssistema de responsabilidade**. 2016. 380 f. Tese (Doutorado) – Programa de doutorado em Direito das Relações Sociais, PUC-SP, São Paulo, 2016.

NAÇÕES UNIDAS DO BRASIL. Rio/92: **declaração sobre o meio ambiente e desenvolvimento**. Disponível em: https://brasil.un.org. Acesso em: 18 jan. 2024.

REALE, Miguel. Filosofia do direito. São Paulo: Saraiva Jur, 2002.

CAPÍTULO

13

QUALIDADE AMBIENTAL E SAÚDE

A PROBLEMÁTICA DA INGESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE ORIGEM ANTRÓPICA POR TARTARUGAS-VERDES E O PANORAMA DO LITORAL NORTE DO ESTADO DE SANTA CATARINA

Marta Jussara Cremer[1]
Luan Bergmann Marquardt[2]
Thiago Felipe de Souza[3]

[1] Bióloga e doutora em Zoologia pela Universidade Federal do Paraná. Docente do Programa de Pós-Graduação em Saúde e Meio Ambiente da Universidade da Região de Joinville. CV: http://lattes.cnpq.br/6316502339816708

[2] Biólogo marinho pela Universidade da Região de Joinville. CV: http://lattes.cnpq.br/6665363893155831

[3] Biólogo marinho e mestre em Saúde e Meio Ambiente pela Universidade da Região de Joinville. CV: http://lattes.cnpq.br/0854337808941314

INTRODUÇÃO

Tartarugas marinhas pertencem à mais antiga linhagem de répteis vivos, presentes na Terra desde o período Triássico (mais de 200 milhões de anos) (WYNEKEN *et al*., 2013). Foram e ainda são relevantes em diversas culturas, auxiliando na sustentabilidade econômica, nutricional e compondo, ainda, parte da simbologia dessas.

As tartarugas marinhas passam toda sua vida em habitats aquáticos, sendo esses marinhos e/ou estuarinos (MUSICK & LIMPUS, 1996). Possuem uma excelente capacidade de orientação apresentando visão, olfato e audição bem desenvolvidos (LOHMANN *et al*., 1997). Estas características proporcionam a estes animais a capacidade de realizar longas migrações durante seu ciclo de vida entre as áreas de alimentação e reprodução. As fêmeas podem, ainda, se deslocar para as áreas de desova, geralmente localizadas próximas às áreas de reprodução (WYNEKEN *et al*., 2013).

A alimentação das tartarugas marinhas acontece em zonas costeiras, estendendo-se até as oceânicas, da superfície até as áreas mais profundas. As tartarugas marinhas, nos primeiros anos de vida, alimentam-se basicamente de zooplâncton na superfície. Mudam seus hábitos alimentares conforme atingem outros estágios de desenvolvimento, tornando-se onívoras, com exceção da *C. mydas* que se torna basicamente herbívora (WYNEKEN *et al*., 2013).

Chelonia mydas, a tartaruga-verde, é a maior entre as tartarugas de carapaça óssea, podendo chegar, na fase adulta, a 230 kg e a até 1,50 m de comprimento curvilíneo da carapaça (PRITCHARD & MORTIMER, 1999). Essa espécie apresenta ampla distribuição em águas tropicais e subtropicais dos Oceanos Atlântico, Pacífico e Índico (MÁRQUEZ, 1990). No Atlântico Sul Ocidental sua distribuição compreende toda a extensão do litoral brasileiro, chegando ao litoral do Uruguai e Argentina.

A *Chelonia mydas* possuem ciclo de vida complexo, com movimentos migratórios entre áreas de alimentação e de reprodução. No Atlântico Sul ocidental, as principais áreas de nidificação da espécie são em ilhas oceânicas (MUSICK & LIMPUS, 1997). Após saírem do ninho, os filhotes nadam ativamente para a zona oceânica, onde passam vários anos

da vida com uma dieta onívora (MUSICK & LIMPUS, 1997; BJORNDAL, 1996). Quando chegam na fase juvenil, migram para a zona costeira, onde permanecem até alcançar a maturidade (MUSICK & LIMPUS, 1997). Nesta fase a dieta passa a ser basicamente herbívora, sendo a única espécie com este hábito alimentar na fase adulta (BJORNDAL, 1996; HIRTH, 1997; REICH *et al*., 2007). Por este motivo, as tartarugas-verdes têm importância fundamental nas cadeias tróficas marinhas, contribuindo com a ciclagem de nutrientes e no controle do crescimento de algas e gramas marinhas, promovendo, neste sentido, também uma maior produtividade (BJORDAL, 1996).

A captura incidental em atividades de pesca é a principal causa da mortalidade de tartarugas ao longo de todo o litoral brasileiro, fazendo com que os animais morram, em geral, afogados (AWABDI *et al*., 2018; REIS *et al*., 2010). No caso das tartarugas-verdes, as redes de emalhe são responsáveis pelo maior número de capturas incidentais. Contudo, a ingestão de resíduos sólidos (lixo) é um fator de grande risco para a saúde das populações, pois pode trazer graves consequências (ICMBIO, 2011).

OS RESÍDUOS SÓLIDOS NO AMBIENTE MARINHO

o material manufaturado, sólido ou líquido, de qualquer origem, despejado no ambiente sem nenhuma forma de tratamento, é considerado um resíduo. Além de estarem sendo despejados há centenas de anos indiscriminadamente em todos os ambientes aquáticos (CARR, 1987), os resíduos trazem consequências prejudiciais para os ecossistemas marinhos que vão muito além da estética (MOORE, 2008).

A origem dos resíduos encontrados no ambiente marinho pode ser marítima ou terrestre (WILLIAMS *et al*., 2005). Resíduos considerados marítimos geralmente estão relacionados a objetos da atividade pesqueira, como por exemplo, cabos, linhas e anzóis, além de navios de cruzeiros e plataformas de petróleo e gás, dentre outros (WILLIAMS & SIMMONS, 1995). Os resíduos de origem terrestre estão relacionados ao material doméstico ou industrial, alcançando as áreas de ocorrência da

espécie estudada através de bacias de drenagem continental (córregos, rios e estuários).

O perfil consumista da sociedade resultou na produção em larga escala de produtos fabricados a partir de diferentes tipos de matéria-prima, principalmente a sintética (plástico), sendo que esses produtos são caracterizados por alta resistência e persistência (AWABDI *et al*., 2013). A capacidade de dispersão e a facilidade do transporte através dos ventos e das correntes marítimas tem ocasionado sua distribuição de maneira abundante em todos os oceanos (MORRIS, 1980; DERRAIK, 2002). O aspecto mais preocupante é a aglomeração destes resíduos (lixo) em zonas específicas de convergência, principalmente nas regiões de giro oceânico, formando grandes "ilhas de lixo" (THIEL *et al.,* 2003; PICHEL *et al*., 2007).

Os resíduos de origem antrópica (lixo) despejados no mar, ou simplesmente "lixo marinho" (*marine debris*), podem ser encontrados facilmente na coluna d'água, misturados no sedimento, nas orlas marítimas de diferentes regiões, nas praias, nos manguezais e estuários (COSTA *et al*., 2009; BOEGER *et al*., 2010). Atualmente, os resíduos sólidos e maleáveis estão presentes em todos os lugares, com uma ampla variedade de cores. É possível associar a prevalência de plásticos de colorações diferentes com a disponibilidade destes tipos de resíduos nos diferentes ambientes marinhos (SCHUYLER *et al*., 2014), o que reflete a contribuição significativa do material para o problema dos detritos marinhos globais (BARNES & MILNER, 2005).

A contaminação pelo lixo marinho pode destruir habitats (DERRAIK, 2002; RYAN *et al*., 2009), acumular substâncias tóxicas na cadeia alimentar (2005; THOMPSON *et al*., 2009; ANDRADY, 2011) e proporcionar riscos à segurança da navegação, da pesca e da qualidade de vida das populações em geral (GREGORY, 2009). Além de contribuir para a contaminação dos ecossistemas, o lixo marinho impacta negativamente a biota marinha de modo direto, sendo o emaranhamento e a ingestão os mais observados (LAIST, 1987; SECCHI & ZARZUR, 1999). O emaranhamento pode inibir ou dificultar a mobilidade, ocasionando arrasto, lesões, mutilações e outros. A ingestão pode ocasionar problemas ao funcionamento do sistema digestivo e/ou respiratório. Em ambos

os casos, os problemas ocasionados pelo lixo marinho podem levar os organismos atingidos a óbito (WALLACE, 1985; GRAMENTZ, 1988; WITZELL & TEAS, 1994). Adicionalmente, a intoxicação lenta, ocasionada pela exposição química provinda da composição do lixo marinho através da digestão, também tem sido observada (MEEKER *et al*. 2009).

Diversos estudos têm sido realizados, e os registros somam 267 espécies marinhas impactadas diretamente pelo lixo marinho (SCHUYLER *et al*., 2014), incluindo invertebrados, peixes, répteis, aves e mamíferos ((LAIST, 1987; TOURINHO *et al*., 2010; DANTAS *et al*., 2012; WALUDA & STANILAND, 2013). Os fragmentos plásticos podem ser considerados como os principais resíduos antrópicos ingeridos pelos animais marinhos, dentre eles, a tartaruga-verde, que é a mais impactada (MENDES *et al*., 2015). Os plásticos são facilmente transportados a longas distâncias a partir de suas áreas de descarte e se acumulam principalmente nos oceanos, onde eles geram uma variedade de impactos ambientais, que podem degradar os ecossistemas marinhos, seus componentes e suas funções (COE & ROGERS, 1997; THOMPSON *et al*., 2009).

AS TARTARUGAS-VERDES E O LIXO MARINHO

Todas as espécies de tartarugas marinhas são diretamente afetadas pela ingestão de resíduos sólidos de origem antrópica, em todos os estágios do ciclo de vida (WITHERINGTON, 2002). Estimativas globais sobre a ingestão de lixo marinho por tartarugas marinhas variam drasticamente conforme a região, espécie e ano (TOURINHO *et al*., 2010). Ainda não existe um consenso sobre o motivo da ingestão destes resíduos por tartarugas. Uma das hipóteses é que vários tipos de sacos plásticos se assemelham a águas-vivas. Entretanto, isso é válido apenas para um tipo de dieta, não explicando o consumo de outros tipos de resíduos, como por exemplo nylon, isopor, borrachas etc. (TOMAS *et al*., 2002; PARKER *et al*., 2005). Outra hipótese é a confusão visual, considerando que tartarugas marinhas têm baixa capacidade de distinguir cores (GRANDA, 1979; BOLTEN, 2003).

A maioria dos fragmentos de lixo analisados, principalmente os emaranhados de linhas e nylons, bem como os plásticos maleáveis, continham algum gênero de macroalga associado. Na fase juvenil, as tartarugas-verde se aproximam da costa, onde há um maior acúmulo de resíduos, e podem confundir com o alimento devido a formação de um biofilme de algas nesses fragmentos resultante do seu período de permanência na água; o consumo passivo também é uma realidade, considerando situações em que o lixo é ingerido por estar imerso em bancos de macroalgas ou de gramas marinhas (PHAM *et al*., 2017).

A ingestão de itens não nutricionais, a lenta passagem do resíduo por todo o trato digestório, o acúmulo de resíduos, a compactação intestinal e a falsa sensação de saciedade podem resultar em graves problemas para a sua saúde, como por exemplo, a anemia (BJORNDAL *et al*., 1996). Além do óbito, estes fatores também promovem efeitos subletais, como a deficiência digestória, o acúmulo de gases, a flutuação positiva, a exposição do organismo a atropelamentos por embarcações, encalhes e o emalhe em redes de pesca.

A tartaruga-verde é diretamente afetada por resíduos sólidos de origem antrópica em todos os seus estágios de vida. Quando juvenis, na fase onívora (WITHERINGTON, 2002) podem ocupar áreas onde se localizam grandes ilhas de lixo flutuantes (SCHUYLER *et al*., 2012). Quando passam a ocorrer em zonas costeiras, e mudam de dieta, ficam expostas aos resíduos sólidos de origem antrópica carreados dos continentes, mesmo com uma dieta herbívora (LIMPUS, 1992; WITHERINGTON, 2002; SCHUYLER *et al*., 2012).

O LITORAL NORTE CATARINENSE E O LIXO QUE AFETA AS TARTARUGAS-VERDES

No entorno da Baía Babitonga estão os municípios de Joinville, Garuva, Itapoá, Araquari, Balneário de Barra do Sul e São Francisco do Sul, cujas populações somadas ultrapassam os 620 mil habitantes (IBGE, 2015). A Baía é considerada um dos mais importantes estuários de Santa Catarina, abrigando a última grande formação de manguezal

do Hemisfério Sul (IBAMA, 1998). A alta densidade populacional do seu entorno promove na região frequentes modificações, sendo as mais observadas a ocupação desordenada de suas margens e o despejo efluentes domésticos e industriais (CREMER, 2006).

A análise do trato gastrointestinal de tartarugas-verdes encontradas mortas nas praias do litoral norte catarinense no período de 2012 a 2021 indica que cerca de 50% apresentam algum tipo de resíduo sólido de origem antrópica (lixo marinho). Esta região se caracteriza pela presença de tartarugas-verdes na fase juvenil e, de fato, os indivíduos analisados tinham idade variando de 2 a 17 anos (SOUZA, 2016; MARQUARDT, 2023). O percentual de animais com ocorrência de lixo no trato gastrointestinal no litoral norte catarinense é semelhante ao encontrado em muitas regiões costeiras, embora em alguns casos o percentual possa chegar a 100% dos animais analisados (BJORNDAL *et al*., 1994; BUGONI *et al*., 2001; MASCARENHAS *et al*., 2004; TOURINHO *et al*., 2010; CARMAN *et al*., 2014; MENDES *et al*., 2015; SANTOS *et al*., 2015; VÉLEZ-RUBIO *et al*., 2018).

Estes resíduos incluem nylon, plástico maleável (papel de bala, copos plásticos descartáveis, rótulos de embalagens e sacolas), plástico rígido (tampas de garrafas, palito de pirulito, haste de cotonete, canudos, rodinha de carro de brinquedo, fragmentos de objetos maiores e pellets, artigos de pesca (nylon de diversas cores e uma grande variedade de cordas), e uma variedade de outros itens, como isopores similares ao utilizados em embalagens de marmita, tecidos, balões de festa, preservativos, lacres, pellets, bicos de bexigas, embalagens de canudos e pedaços de latas de alumínio (SOUZA, 2016; MARQUARDT, 2023). O plástico é o principal componente não alimentar encontrado no trato digestório de tartarugas-verdes em várias partes do mundo, envolvendo principalmente produtos relacionados à alimentação (SANTOS *et al*., 2015).

Acidental ou não, a ingestão de fragmentos de resíduos sólidos ocasiona efeitos sub-letais e letais para a espécie (BJORNDAL, 1996). No litoral norte catarinense, um grande número de animais com presença de lixo no trato gastrointestinal apresenta escore corporal caquético (SOUZA, 2016; MARQUARDT, 2023). A ingestão de resíduos pode

obstruir a função do trato gastrointestinal, causando fecalomas e levando a um processo de desnutrição aguda (WYNEKEN *et al*., 2013). Também já foram registradas lesões e mesmo a morte de tartarugas-verdes que continham fragmentos de plástico em seus tratos digestórios (LIMPUS *et al*., 1994).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atualmente, os plásticos estão presentes em todos os lugares, com uma ampla variedade de cores. A prevalência de plásticos de colorações diferentes tende a estar relacionada com a disponibilidade destes tipos de resíduos nos diferentes ambientes marinhos (SCHUYLER *et al*., 2014), o que reflete a contribuição significativa do material para o problema dos detritos marinhos globais (BARNES & MILNER, 2005). A presença de resíduos nas tartarugas-verdes pode ser um indicativo da alta disponibilidade destes no ambiente, seja dentro de estuários, na região costeira ou oceânica (GRAMENTZ, 1988; CARR, 1987; BJORNDAL, 1996; DERRAIK, 2002; SCHUYLER *et al*., 2012; NELMS *et al*., 2015; SANTOS *et al*., 2015).

São os vários os impactos causados pelas atividades humanas sobre a fauna marinha. Alguns são visíveis, mas outros, como o lixo, não são percebidos pela população em geral, principalmente quando se trata da ingestão destes resíduos pelos animais. A divulgação deste tipo de informação pode contribuir no processo de sensibilização da população em geral e contribuir para a mudança de hábito das pessoas com relação ao lixo, tanto com relação ao consumo como em relação a sua disposição final. A disposição inadequada de lixo causa vários tipos de impactos, afetando também a espécie humana, e é essencial que essa problemática seja fortemente combatida para que tenhamos qualidade ambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADY, A. L. Microplastics in the marine environment. **Marine Pollution Bulletin**, v. 62, p. 1596–1605, ago. 2011.

AWABDI, D.R.; SICILIANO, S.; DI BENEDITTO, A.P.M. Ingestão de resíduos sólidos por tartarugas-verdes juvenis, *Chelonia mydas* (L., 1758), na costa leste do estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Biotemas**, v. 26, n. 1, 2013.

AWABDI, D.R.; TAVARES, D.C.; BONDIOLI, A.C.V.; ZAPPES, C.A.; DI BENEDITTO, A.P.M. Influences of conservation action on attitudes and knowledge of fishermen towards sea turtles along the southeastern Brazil. **Marine Policy**, v. 95, p. 57-68, 2018.

BARNES, D.K.A.; MILNER, P. Drifting plastic and its consequences for sessile organism dispersal in the Atlantic Ocean. **Marine Biology**, v. 146, p. 815-825, 2005

BJORNDAL, K. A.; BOLTEN, A. B.; LAGUEUX, C. J. Ingestion of marine debris by juvenile sea turtles in coastal Florida habitats. **Marine Pollution Bulletin**, v. 28, n. 3, p. 154-158, 1994.

BJORNDAL, K. A. Foraging ecology and nutrition of sea turtle. In: LUTZ, P.; MUSICK, J. **The Biology of Sea Turtles**. Florida: CRC Press, 1996.

BOEGER, C..M.; GWENDOLYN, L. L.; MOORE, S. L.; MOORE, C. J. Plastic ingestion by planktivorous fishes in the north Pacific Central Gyre. **Marine Pollution Bulletin**, v. 60, p. 2275–2278, 2010.

BUGONI, L., KRAUSE, L.; PETRY, M. V. Marine debris and human impacts on sea turtles in southern Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, v. 42. p. 1330-1334, 2001.

BOLTEN A. B. Variation in sea turtle life history patterns: neritic vs. oceanic developmental stages. In: WYNEKEN, J.; LOHMANN, K. J.; MUSICK, J. A. **The biology of sea turtles**. Boca Raton, 2003. p. 243–257.

CARMAN, V.G.; ACHA, E.M.; MAXWELL, S.M.; ALBAREDA, D.; CAMPAGNA, C., MIANZAN, H. Young green turtles, *Chelonia mydas*, exposed to plastic in a frontal area of the SW Atlantic. **Mar. Pollut. Bull**, v. 78, p. 56–62, 2014.

CARR, A. News perspectives on the pelagic stage of sea turtle development. **Conservation Biology**, v. 1, p. 103-120, 1987.

COE, J.M.; ROGERS, D.B. **Marine debris:** sources, impacts and solution. Springer Series on Environmental Management, Springer-Verlag: New York, 1997. 432 p.

COSTA, F. B.; ALVES, F. R.; COSTA, A. P.; BARROS, A. C. E.; GUERRA, P. C.; SOUSA, A. L.; OLIVEIRA, A. S. Determinação ultrassonográfica e radiográfica do desenvolvimento de ovos de jurarás em cativeiro. *Pesq. Vet. Bras.*, v. 29, n. 10, p. 841-846, 2009.

CREMER, M. J. O estuário da Baía da Babitonga. In: CREMER, M. J. *et al*. (Org.) **Diagnóstico ambiental da Baía da Babitonga**. Joinville: Univille, 2006. p. 15-19.

DANTAS, D. V.; BARLETTA, M.; RAMOS, J. A. A.; LIMA, A. R. A.; COSTA, M. F. Seasonal diet shifts and overlap between two sympatric catfishes in an estuarine nursery. **Estuaries and Coasts**, v. 36, p. 237–256, 2012.

DERRAIK, J. G. B. The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. **Marine Pollution Bulletin***,* v. 44, p. 842–852, 2002.

GRAMENTZ, D. Involvement of loggerhead turtle with the plastic, metal and hydrocarbon pollution in the central Mediterranean. **Marine Pollution Bulletin**, v. 9, p. 11-13,1988.

GRANDA, A. Eyes and their sensitivity to light of differing wavelengths. In: WARLESS, M.; MORLOCK, H. *Turtles:* **Perspectives and Research**. New York: John Wiley and Sons, 1979. p. 247–266.

GREGORY, M. R. Environmental implications of plastic debris in marine settings - entanglement, ingestion, smothering, hangers-on, hitch-hiking and alien invasions. **Phil. Trans***. R. Soc. B,* v. 364, p. 2013–2025, 2009.

HIRTH, H.F. Synopsis of the biological data on the green turtle, *Chelonia mydas* (Linnaeus, 1758). **United States Fish and Wildlife Service Biological Report**, v. 97, 1997

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Contagem da população 2007**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/contagem2007/default.shtm>. Acesso em: 10 de dezembro de 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS Renováveis - IBAMA. Proteção e controle de ecossistemas costeiros: manguezal da Baía da Babitonga. Coleção Meio Ambiente: Série Estudos – Pesca. Brasília: Edições IBAMA, 146p. 1998.

LAIST, D. W. Overview of the biological effect of the lost and discarded plastic debris in the marine environment. **Marine Pollution Bulletin**, v. 18, p. 319 – 326, 1987.

LIMPUS, C. J.; COUPER, P. J.; READ, M. A. The green turtle, **Chelonia mydas**, in Queensland: population structure in a warm temperate feeding area. *Mem. Queensland Mus.*, v. 35, p. 139, 1994.

LIMPUS, C. The hawksbill turtle, *Eretmochelys imbricata*, in Queensland: population structure within a southern Great Barrier Reef feeding ground. **Wildlife Research**, v. 19, p. 489–505, 1992.

LOHMANN, K. J.; WITHERINGTON, B. E.; LOHMANN, C. M. F.; SALMON, M. Orientation navigation and natal beach homing in sea turtles. In: LUTZ, P. L.; MUSICK, J. A. (Org.). **The Biology of Sea Turtles**. Boca Raton: CRC Press, 1997. p. 107–135.

LUTCAVAGE, M. E., PLOTKIN, P.; WITHERINGTON, B.; LUTZ, P. L. Human impacts on sea turtle survival. In: LUTZ, P. L.; MUSICK, J. A. (Ed.). **The Biology of Sea Turtles**. Boca Raton: CRC Press, 1997. p. 387 – 409.

MARQUARDT, L. B. 2023. Variação ontogenética na ingestão de resíduos antrópicos pela tartaruga-verde (Chelonia mydas) no litoral norte de Santa Catarina – Brasil. Monografia de Bacharelado, Universidade da Região de Joinville, 27 p.

MÁRQUEZ, M.R. **Sea turtles of the world. An annotated and illustrated catalogue of sea turtle species known to date**. FAO Species Catalog. FAO Fish. Synopsis, v. 11, n. 125, 1990. 81 p.

MASCARENHAS, R.; SANTOS, R.; ZAPPELINI, D. Plastic debris ingestion by sea turtle in Paraíba, Brasil. **Marine Pollution Bulletin**, v. 49. p. 354-355, 2004.

MEEKER, J. D.; SATHYANARAYANA, S.; SWAN, S. H. Phthalates and other additives in plastics: human exposure and associated health outcomes. **Philosophical Transactions of the Royal Society B. Biological Sciences**, v. 364, p. 2097 – 2113, 2009.

MENDES, S.S.; CARVALHO, R.H.; FARIA, A.F.; SOUSA, B.M. Marine debris ingestion by *Chelonia mydas* (Testudines: Cheloniidae) on the Brazilian coast. **Marine Pollution Bulletin**, v. 92, n. 1-2, p. 8-10, 2015.

MORRIS, R. J. Floating plastic debris in the Mediterranean. **Marine Pollution Bulletin**, v. 11, p. 125, 1980.

MUSICK, J.A.; LIMPUS, C.J. Habitat utilization and migration in juvenile sea turtles. *In*: LUTZ, P.L.; MUSICK, J.A. (Eds.). **The Biology of Sea Turtles**. Florida: CRC Press, 1996.

NELMS, S. E.; DUNCAN, E. M.; BRODERICK, A. C.;. GALLOWAY, T. S.; GODFREY, M. H.; HAMANN, M.; LINDEQUE, P. K.; GODLEY, B. J. Plastic and marine turtles: a review and call for research. **ICES Journal of Marine Science Advance**, v. 165, 2015.

PARKER, D. M.; COOKE, W. J.; BALAZS, G. H. Diet of oceanic loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*) in the central North Pacific. **Fishery Bulletin**, v. 103. p. 142–152, 2005.

PHAM, C.K.; RAMIREZ-LLODRA, E.; ALT, C.H.S.; AMARO, T.; BERGMANN, M.; CANALS, M.; COMPANY, J.B.; DAVIES, J.; DUINEVELD, J.; GALGANI, F.; HOWELL, K.L.; HUVENNE, V.A.I. ISIDRO, E. JONES, D.O.B. LASTRAS, G.; MORATO, T.; GOMES-PEREIRA, J.N.; PURSER, A.; STEWART, H.; TOJEIRA, I.; TUBAU, X.; VAN ROOIJ, D.; TYLER, P.A. Marine litter distribution and density in European seas, from the shelves to deep basins. **PLoS ONE**, v. 9, n. 4, 2017.

PICHEL, W. G.; CHURNSIDE, J. H.; VEENSTRA, T. S.; FOLEY, D. G.; FRIEDMAN, K. S.; BRAINARD, R. S.; NICOLL, J. B.; ZHENG, Q.; CLEMENTE-COLO, P. Marine debris collects within the North Pacific Subtropical Convergence Zone. **Marine Pollution Bulletin**, v. 54, p. 1207–1211, 2007.

PRITCHARD, P.C.H.; MORTIMER, J.A. Taxonomy, external morphology and species identification. *In*: ECKERT, K.L.; BJORNDAL, K.A.; ABREUGROBAIS; DONNELLY, F.A. **Research and Management Techniques for the Conservation of sea turtles**. IUCN/SSC Marine Turtle Specialist Group Publication. 1999.

REICH, K.J.; BJORNDAL, K.A.; BOLTEN, A.B. The 'lost years' of green turtles: using stable isotopes to study cryptic lifestages. **Biology Letters**, v. 3, p. 712–714, 2007

REIS, E.C.; PEREIRA, C.S.; RODRIGUES, D.P.; SECCO, H.K. C.; LIMA, L.M.; RENNÓ, B.; SICILIANO, S. Condição de saúde das tartarugas marinhas do litoral centronorte do estado do Rio de Janeiro, Brasil: avaliação sobre a presença de agentes bacterianos, fibropapilomatose e interação com resíduos antropogênicos. **Oecologia Australis**, v. 14, n. 3, p. 756-765, 2010.

RYAN, P. G.; MOORE C. J.; VAN FRANEKER, J. A.; MOLONEY, C. L.; Monitoring the abundance of plastic debris in the marine environment. **Phil. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.**, v. 364, p. 1999–2012, 2009.

SANTOS, R. G.; ANDRADES, R.; BOLDRINI, M. A.; MARTINS, A. S. Debris ingestion by juvenile marine turtles: an underestimated problem. **Marine Pollution Bulletin**, v. 93, p. 37 – 43, 2015.

SCHUYLER, Q.; HARDESTY, B. D.; WILCOX, C.; TOWNSEND, K. To eat or not to eat? Debris selectivity by marine turtles. **Plos. one.**, p. 740-884, 2012.

SCHUYLER, Q.; HARDESTY, B. D.; WILCOX, C.; TOWNSEND, K. Global analysis of anthropogenic debris ingestion by sea turtles. **Conservation Biology,** v. 28, p. 129 – 139, 2014.

SECCHI, E. R.; ZARZUR, S. Plastic debris ingested by a Blainville's beaked whale, (*Mesoplodon densirostris*), washed ashore in Brazil. **Aquat. Mammals.**, v. 25, p. 21– 24, 1999.

SOUZA, T. F. 2016. Ecologia alimentar da tartaruga-verde, Chelonia mydas, no litoral norte de Santa Catarina. Dissertação de Mestrado, Universidade da Região de Joinville, 80 p.

THIEL, M.; HINOJOSA, I.; VASQUEZ, N.; MACAYA, E. Floating marine debris in coastal waters of the SE-Pacific (Chile). **Mar. Pollut. Bull.**, v. 46, p. 224–231, 2003.

THOMPSON, R. C.; SWAN, S. H.; MOORE, C. J.; SAAL, F. S. Our plastic age. **Phil. Trans. R. Soc. B.**, v. 364, p. 1973 – 1976, 2009.

TOMAS, J.; GUITART, R.; MATEO, R.; RAGA, J. A. Marine debris ingestion in loggerhead sea turtles, *Caretta caretta* from the western Mediterranean. **Marine Pollution Bulletin**, v. 44, p. 211 – 216, 2002.

TOURINHO, P. S.; IVARDOSUL, J. A.; ANDFILLMANN, G. Is marine debris ingestion still a problem for the coastal marine biota of southern Brazil? **Marine Pollution Bulletin**, v. 60, p. 396 – 401, 2010.

VÉLEZ-RUBIO, G.M.; TERYDA, N.; ASAROFF, P.E.; ESTRADES, A.; RODRIGUEZ, D.; TOMÁS, J. Differential impact of marine debris ingestion during ontogenetic dietary shift of green turtles in Uruguayan waters. **Mar. Pollut. Bull.**, v. 127, p. 603–611, 2018.

WALLACE, N. **Debris entanglement in the marine environment:** *a review*. In: SHOMURA, R. S; YOSHIDO, H. O. (Org.). In: WORKSHOP ON THE FATE AND IMPACT OF MARINE DEBRIS. Honolulu, 1985. Proceedings of the workshop on the fate and impact of marine debris. Honolulu, Hawaii, US Department of Commerce, NOAA Technical Memo. NMFS, NOAA-TM-MMFS-SWFC-54, p. 259–277, 1985.

WALUDA, C. M.; STANILAND, I. J. Entanglement of Antarctic fur seals at bird Island, South Georgia. **Marine Pollution Bulletin**, v. 74, p. 244 – 252, 2013.

WILLIAMS, A. T.; GREGORY, M.; TUDOR, D. T. Marine debris onshore. Offshore, sea floor litter. In: SCHWARTZ, M. L. (Org.). **Encyclopedia of Coastal Science**. Dordrecht: Springer, 2005. p. 623-628.

WILLIAMS, A. T.; SIMMONS, S. L. Sources and sinks of litter. In coastal and riverine litter: problems and effective solutions. **Marine Enviroment Management and training**, Candle Cottage, Kempley, Glos., UK, p.14-18, 1995.

WITHERINGTON, B. E. Ecology of neonate loggerhead turtles inhabiting lines of downwelling near a Gulf Stream front. **Marine Biology**, v. 140, p. 843 – 853, 2002.

WITZELL, W. N; TEAS, W. G. The impacts of anthropogenic debris on marine turtles in the Western North Atlantic Ocean. N*OAA* **Technical Memorandum NMFS-SEFSC**, v. 355, p. 21, 1994.

WYNEKEN, J.; LOHMANN, K.J.; MUSICK, J.A. **The Biology of Sea Turtles Volume III**. CRC Press, 2013.

MINICURRÍCULOS

Acir Alves Coelho Junior
Possui graduação em Direito pela Universidade do Planalto Catarinense- Uniplac, especialização em Direito e Processo do Trabalho pela Universidade Federal de Santa Catarina, especialização em Direito Marítimo Portuário e Aduaneiro pela Universidade do Vale do Itajaí, MBA em Administração Global pela Universidade Independente, mestrado em Administração pela Universidade do Estado de Santa Catarina, aperfeiçoamento em Ciências Políticas pela Universidade de La Habana, aperfeiçoamento em Negócios internacionais pela Universidade de Panama. Atualmente é Professor da Universidade da Região de Joinville sendo doutor em saúde e Meio ambiente com tema na área do direito ambiental.

Alessandra Betina Gastaldi
Possui graduação em Ciências Biológicas - Licenciatura pela Universidade da Região de Joinville - UNIVILLE (2014), Especialização em Gestão Ambiental e Desenvolvimento Sustentável pelo Centro Universitário Internacional - UNINTER (2015), Mestrado em Saúde e Meio Ambiente pela Universidade da Região de Joinville - UNIVILLE (2021) e Doutorado em andamento em Saúde e Meio Ambiente pela mesma Universidade. Pós Graduanda em nível de especialização em Toxicologia, em Biossegurança e em Bioquímica. Integrante do Grupo de Pesquisa Mecanismos de Saúde e Doença (MSD) e Grupo de Pesquisa Estudos de Organismos Bentônicos de Fundos Inconsolidados Vegetados e não Vegetados da Universidade da Região de Joinville - UNIVILLE. Possui experiência em análises da qualidade ambiental, pesquisa animal, mecanismos e tratamento da dor, estresse oxidativo e toxicologia ambiental. Atuou como docente na área de educação básica nas disciplinas de Ciências e Biologia, cursos técnicos correlatos a saúde e meio ambiente. Atualmente, é professora do curso de graduação em Odontologia.

Allan Abuabara
Cirurgião-dentista pela Faculdade de Odontologia de Piracicaba da Universidade Estadual de Campinas-Unicamp. Especialista em Radiologia e Imaginologia (Unicamp), Ortodontia (Sindicato dos Odontologistas do Estado de SC - SOESC), Saúde da Família (Universidade Federal de SC - UFSC) e Gestão em Saúde (Universidade Federal de SC - UFSC). Também possui pós-graduação em Auditoria do SUS (Escola de Saúde Pública de Santa Catarina e Conselho de Secretarias Municipais de Saúde - SC, COSEMS-SC) e Gestão de Centro de Especialidades Odontológicas (UFRGS). Faz parte do corpo editorial da Revista Sul-brasileira de Odontologia (RSBO) vinculada à Universidade da Região de Joinville (Univille) desde 2009. Mestre pela Univille em Engenharia de Processos.

Ana Carolini Toporowicz Soares
Acadêmica de Medicina da Universidade da Região de Joinville (UNIVILLE). Integrante do Grupo de Pesquisa Mecanismos de Saúde e Doença (MSD) com experiência em pesquisa animal, estresse oxidativo, toxicologia ambiental e autismo.

Ana Júlia Corrêa
Farmacêutica Bioquímica, especialista em Microbiologia Clínica pela PUC-PR, mestre em Saúde e Meio Ambiente e doutora em Saúde e Meio Ambiente da Universidade da Região de Joinville - UNIVILLE. Possui experiência em laboratório de análises clínicas com maior tempo de atuação nos setores de microbiologia, urinálise e parasitologia onde atuou como coach de diversos estudantes de farmácia e biomedicina auxiliando no aprendizado das técnicas de preparo de amostras assim como na interpretação dos resultados. Na ocasião também realizava atividades relacionadas ao controle de qualidade dos setores mencionados, acompanhando os indicadores de qualidade através do cumprimento de metas e das atividades realizadas pelos colaboradores. Também atuou como docente nas disciplinas de microbiologia clínica e diagnóstico laboratorial em microbiologia no curso de farmácia e introdução à microbiologia no curso de odontologia ambos da UNIVILLE, desenvolvendo atividades teóricas e práticas, além de provas avaliativas. Atualmente atua como pesquisadora/ doutora no laboratório de Biologia Molecular da UNIVILLE desenvolvendo e auxiliando projetos relacionados às Infecções Relacionadas à Assistência à Saúde e na temática One Health com foco na investigação de genes de resistência em bacilos Gram-negativos.

Ana Paula Testa Pezzin
Licenciada em Química (1993), Mestre em Engenharia Química (1997) e Doutora em Engenharia Mecânica (2001) pela Universidade Estadual de Campinas. Fez Pós-Doutorado na Université Pierre et Marie Curie (2008-2009), em Paris/França. É líder do Grupo de Materiais Poliméricos desde 2001, atuando nas linhas de pesquisa: desenvolvimento de produtos a partir de

biopolímeros, desenvolvimento de biomateriais poliméricos para aplicação na área médica e odontológica; compósitos, biocompósitos, nanocompósitos e bionanocompósitos; modificação de biopolímeros visando diferentes aplicações e síntese e caracterização de biopolímeros por cultivo microbiano.Atualmente, é docente permanente no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos (PPGEP) da Universidade da Região de Joinville (UNIVILLE) e atua como Professora Visitante no Programa de Pós-Graduação em Tecnologia e Ambiente no Instituto Federal Catarinense - IFC. É editora associada da sessão de Biomateriais da Revista Matéria (2016 até atual). Publicou 87 artigos em periódicos especializados, 2 capítulos de livro e 305 trabalhos em anais de eventos nacionais e internacionais. Ministrou 4 palestras como conferencista convidada, uma em Congresso Nacional e 3 em Congressos Internacionais, 16 Palestras e 3 mini-cursos. Possui 4 registros de desenho industrial concedidos, 1 patente depositada, 2 programas de computador registrados e 2 APPs desenvolvidos. Teve sob sua orientação ou co-orientação a conclusão de 3 Teses de Doutorado, 44 Dissertações de Mestrado, 44 trabalhos de Conclusão de Curso, 8 trabalhos de estágio curricular obrigatório e 79 alunos de iniciação científica.

André Werlang Garcia

Graduado em Naturologia Aplicada pela Universidade do Sul de Santa Catarina. Possui Especialização em Docência para Ensino Superior. Professor das disciplinas de Iridologia, Medicina Vibracional, Espiritualidade e Saúde, supervisor de estágios III, V, saúde mental e orientador de TCCs do Curso de Graduação de Naturologia da Univille - Universidade da Região de Joinville/SC. Fundador do Instituto Intl de Olhodiagnose e Saúde Integral. Professor diplomado em Esclerologia pelo Dr. Leonard Mehlmauer, fundador da Grand Medicine/EUA (2014) e possui diploma em Iridologia Holística pelo Intl Institute of Iridology/EUA (2009). Pesquisador de Iridologia, Esclerologia, Olhodiagnose Integral, Diagnose Artística e Essências Vibracionais. Desenvolveu diferentes contribuições em Iridologia e Esclerologia, aprofundando amplamente a interpretação da Psiquê com as estruturas nos olhos. Desenvolveu um método de análise da expressão livre do inconsciente através da arte chamado de "Diagnose Artística". Criou o Sistema de Essências Vibracionais Aequilibrium, com mais de cinquenta essências, oferecendo um amplo recurso terapêutico individualizado e personalizado. Foi Vice-Presidente da Associação Mundial de Irisdiagnose (AMI), foi 3° Presidente da Associação Brasileira de Naturologia (ABRANA).

Andréa Lima Schneider

Graduada em Engenharia de Alimentos (1990), Mestre (1996) e Doutora em Engenharia Química (2006) pela Universidade Federal de Santa Catarina com post-doutorado (2012) na Queens University, Canadá . Atua na área de Engenharia Química com ênfase em Processos Biotecnológicos, Microbiologia Industrial e de Fermentação, Caracterização de Enzimas, Avaliação e Controle

de Qualidade de Alimentos, Microbiologia de Alimentos, Síntese, Extração, Caracterização e biodegradação em solo de polihidroxialcanoatos. Atualmente, é Pesquisadora e Professora titular da Universidade da Região de Joinville - UNIVILLE, em período integral com dedicação exclusiva. Na graduação é titular das disciplinas de Microbiologia Ambiental, Microbiologia Industrial, Introdução à Microbiologia, Higiene e Microbiologia de Alimentos, Tecnologia de Alimentos, Biossegurança, em diversos Departamentos, lecionando atualmente as cinco primeiras disciplinas. Orientou/co-orientou nos últimos 3 anos 5 dissertações de mestrado, 1 tese de doutorado, 10 trabalhos de iniciação científica e 11 trabalhos de conclusão de curso. Atualmente, coorienta 4 alunos de Mestrado e 2 alunos de iniciação científica. Participa de 2 projetos de pesquisa, financiados pelo Fundo de Apoio à Pesquisa da Univille - FAP/UNIVILLE.

Antonio Vinicius Soares

Fisioterapeuta formado pela Associação Catarinense de Ensino (1991), Especialista em Cinesioterapia Neuro-Sensório-Motora pela Universidade Católica do Paraná – PUC-PR (1998), Mestre em Ciências do Movimento Humano – Biomecânica (2004), e Doutor em Ciências do Movimento Humano – Comportamento Motor (2015) pela Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC. Professor Titular da Faculdade IELUSC e Professor Adjunto da Universidade de Região de Joinville – UNIVILLE. Professor do Programa de Pós-graduação em Saúde e Meio Ambiente da UNIVILLE. Tem experiência na área de Fisioterapia, com ênfase em Neurorreabilitação, Reabilitação Geriátrica, Jogos Sérios e Tecnologia Assistiva.

Bruna Conte Reginato

Possui bacharelado e licenciatura em Ciências Biológicas. Mestrado em Saúde e Meio Ambiente pela Universidade da Região de Joinville - UNIVILLE (2022). Atualmente Doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Saúde e Meio Ambiente, pela Universidade da Região de Joinville. Tem experiência na área de Biologia Marinha, com ênfase na interação dos organismos zooplanctônicos, parâmetros ambientais e poluição por detritos plásticos nos ambientes costeiros.

Bruna Kamila da Conceição

Bióloga formada pela Universidade da Região de Joinville e mestranda no Programa de Pós-Graduação em Saúde e Meio Ambiente na mesma instituição, tem experiência como pesquisadora na área etnobotânica e de madeiras históricas. Atua como consultora em projetos de licenciamento ambiental com foco no planejamento, elaboração e execução de programas de educação ambiental e comunicação social. Tem expertise na elaboração de planos de manejo e uso público de unidades de conservação em ecossistemas diversos, como a Mata Atlântica, o Cerrado e a Amazônia. Também possui ampla experiência em planejamento participativo, mobilização social e facilitação de oficinas, promovendo o engajamento eficaz de comunidades e stakeholders no processo de tomada de decisões ambientais.

Voos Vieira
Possui Graduação em Geografia com Mestrado e Doutorado em Geografia pela Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, área de concentração em Utilização e Conservação de Recursos Naturais (UCRN) na linha de pesquisa em Oceanografia Costeira e Geologia Marinha. Atua como docente na Universidade da Região de Joinville (UNIVILLE) no curso de Pós-Graduação em Saúde e Meio Ambiente e nos cursos de graduação de Engenharia Ambiental e Sanitária, Biologia, Biologia Marinha, Engenharia Civil, Arquitetura e Geografia. Destaca-se a experiência na área das Geociências, com ênfase em Geografia Física, Geologia e Geomorfologia Costeira, atuando principalmente nos seguintes temas: Geologia e Geomorfologia Costeira, Sensoriamento Remoto, Cartografia, Geoprocessamento e Sistemas de Informações Geográficas (SIG). Possui experiência de mais de 20 anos na confecção de laudos técnicos, estudos ambientais e de impacto de vizinhança, perícias e pareceres ambientais e socioeconômicos, assim como em processos de licenciamento ambiental junto aos órgãos ambientais no âmbito municipal, estadual e federal.

Cesar Penazzo Lepri
Graduado em Odontologia pela Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (FORP/USP). Mestre em Odontologia Restauradora - Opção: Dentística pela FORP/USP com bolsa CAPES. Doutor em Ciências - Área de Concentração: Odontologia Restauradora - Opção: Dentística pela FORP/USP com bolsa CNPq. Especialista em Dentística pelo Conselho Federal de Odontologia. Especialista em Docência do Ensino Superior pela Universidade de Uberaba. Atualmente é Professor Associado da Universidade de Uberaba (UNIUBE), Membro Titular do Comitê Institucional de Iniciação Científica, Presidente da Comissão de Bolsas de Pós-Graduação, Membro Titular do Conselho Universitário e Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Odontologia (PPGODO).

Christian Kirschneck
Cirurgião-dentista, Especialista em Ortodontia, Mestre e Doutor em Biologia Molecular pela Universidade de Regensburg. Diretor do Departamento de Ortodontia da Universidade de Bonh.

Daniel Hemming
Cirurgião-dentista pela Universidade Positivo (2021). Especializando em Endodontia pelo Instituto Odontológico das Américas (IOA Boutique).

Daniela Delwing-de Lima
Graduada em Farmácia e com especialização em Análises Clínicas pela Universidade Luterana do Brasil. Mestrado e Doutorado em Ciências Biológicas (Bioquímica) pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Atuou como

docente universitária da Universidade de Frederico Westphalen (URI) e da Universidade de Chapecó (UNOCHAPECÓ). Docente da graduação e orientadora/pesquisadora do Programa de Pós-Graduação em Saúde e Meio Ambiente da Universidade da Região de Joinville (UNIVILLE). Coordenadora do Grupo de Pesquisa Mecanismos de Saúde e Doença da UNIVILLE. Experiência na área de Farmácia e Bioquímica, atua na pesquisa científica com os temas: Erros Inatos do Metabolismo, doenças metabólicas, doenças/condições que acometem o Sistema Nervoso Central, dor, inflamação, estresse oxidativo, comportamento, metabolismo energético, protocolos de treinamento aeróbico e bioprospecção.

David Valença Dantas

Graduado em Engenharia de Pesca pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (2004). Possui o curso de Especialização em Oceanografia realizado no Departamento de Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco (2005). Mestre em Oceanografia pelo Departamento de Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco (2008). Doutor em Oceanografia pelo Departamento de Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco (2012). Atualmente é Professor Associado dos cursos de Bacharelado em Engenharia de Pesca e Bacharelado em Ciências Biológicas (habilitações: Biologia Marinha e Biodiversidade) no Centro de Educação Superior da Região Sul (CERES) da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), em Laguna/SC. Professor Permanente do Programa de Pós-Graduação em Planejamento Territorial e Desenvolvimento Socioambiental (PPGPLAN/FAED), da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC).

Débora Delwing-Dal Magro

Possui graduação em Farmácia e Bioquímica pela Universidade Luterana do Brasil, Mestrado e Doutorado em Ciências Biológicas (Bioquimica) pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Atualmente é docente titular na graduação e orientadora/pesquisadora do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade da Fundação Universidade Regional de Blumenau (FURB). Coordenadora do Grupo de Pesquisa de Neurociências e Comportamento da FURB. Atua na pesquisa científica com com os temas: Erros Inatos do Metabolismo, doenças metabólicas, doenças/condições que acometem o Sistema Nervoso Central (autismo, epilepsia, depressão, Doença de Parkinson), dor, estresse oxidativo, comportamento, metabolismo energético e bioprospecção.

Deivid Rodrigo Correa

Graduação Plena em Educação Física pela Universidade da Região de Joinville - UNIVILLE (2006), Pós-graduação em Gestão Responsabilidade Social (2012) pela mesma Universidade e MBA em Gestão Estratégica pela Universidade Federal do Paraná - UFPR (2015). Exerce a função de Gerente de Parques Praças e Rearborização Pública na Prefeitura Municipal de Joinville e tem como

ação voluntária o exercício de Diretor Administrativo e Financeiro da Federação Catarinense de Karate.

Eduardo Genti

Possui bacharelado em Engenharia de Pesca pela Universidade Federal do Ceará (UFC), mestrado em Ciências Marinhas Tropicais pelo Instituto de Ciências do Mar (LABOMAR/UFC) e doutorado em Sensoriamento Remoto pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), em regime de co-tutela com o Institut Français de Recherche pour lExploitation de la Mer - IFREMER (França). Realizou estudos em nível de pós-doutorado no Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/INPE) e na Texas AM University (EUA). É Professor Adjunto do curso de Bacharelado em Biologia Marinha da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC Campus Laguna). É Professor Permanente do Programa de Pós-Graduação (Mestrado e Doutorado) em Planejamento Territorial e Desenvolvimento Socioambiental (PPGPLAN/ UDESC Campus Florianópolis). Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em Sensoriamento Remoto, atuando principalmente nos seguintes temas: oceanografia por satélites, dinâmica dos ambientes costeiros e análise de dados ambientais. Realiza atividades de PD junto ao Grupo de Gestão, Ecologia e Tecnologia Marinha (GTMar) da UDESC Campus Laguna.

Erika Calvano Kuchler

Possui graduação em Odontologia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Especialização em Odontopediatria pela UFRJ, Mestrado em Odontologia, área de concentração em Odontopediatria pela UFRJ, Doutorado em Médicas na Universidade Federal Fluminense (UFF), Pós-doutorado em Biologia Molecular na Unidade de Pesquisa Clínica UPC/HUAP-UFF e Pós-doutorado em Genética Humana na School of Dental Medicine na Universidade de Pittsburgh (EUA). Após um período trabalhando no Departamento de Biologia Oral, na Universidade de Pittsburgh, retornou ao Brasil como Bolsista Jovem Talento do Programa Ciência Sem Fronteiras (CNPq), no Departamento de Clínica Infantil na Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo (FORP/USP) e posteriormente se tornou Jovem Pesquisadora-FAPESP (com Auxílio à Pesquisa Jovem Pesquisador em Centro Emergente) no mesmo Departamento. Foi Professora do Programa de Pós-Graduação em Odontologia (PPGO) da Universidade Positivo (Curitiba) e professora/pesquisadora visitante do curso de Odontologia da Universidade de Regensburg com Apoio Humboldt-CAPES. Foi professora da Universidade de Uberaba (UNIUBE). Atualmente é professora da Faculdade de Odontologia da Universidade Tuiuti do Paraná (UTP) e pesquisadora na Universidade de Bonn.

Flares Baratto Filho

Possui Graduação em Odontologia e Especialização em Endodontia (PUC/PR), Mestrado em Endodontia (UNAERP/SP), Doutorado em Endodontia (FOP/PE)

e Pós-Doutorado em Endodontia (FORP/USP). Na UNIVILLE, é professor do Curso de Odontologia, editor-chefe do periódico RSBO e docente permanente nos Programas de Mestrado e Doutorado em Saúde e Meio Ambiente (PPGSMA) e Mestrado em Engenharia de Processos (PPGEP). Na Universidade TUIUTI, é professor do Curso de Odontologia e Coordenador do Mestrado em Odontologia (PPGO). É Coordenador dos cursos de Especialização em Endodontia do IOA Boutique e BIONEP. Tem experiência em pesquisa, docência e gestão, sendo bolsista produtividade nível 3 do CNPq. No Scopus apresenta índice h=21. Site: www.flaresbarattofilho.com.br

Flavia Lemos
Acadêmica do curso de Nutrição da Universidade da Região de Joinville, Univille.

Francielle de Medeiros
Possui graduação em Medicina Veterinária pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná (2005). Tem experiência na área de Medicina Veterinária, com ênfase em Patologia Clínica Veterinária, MBA em Gestão Empresarial pela Fundação Getulio Vargas (2012) e Pós Graduação em Medicina Veterinária Legal pelo Instituto Qualittas (2017). Atualmente é sócia-proprietária e responsável técnica pelo Medivet Centro de Diagnósticos Veterinários em Joivinville/SC.

Gabriel do Vale Almeida
Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade da Região de Joinville (Univille). Possui experiência em Geoprocessamento e modelagens digitais.

Gabriela Borgmann
Possui graduação em Biomedicina - Bacharelado pela Sociedade Educacional de Santa Catarina (2020), Mestrado em Saúde e Meio Ambiente pela Universidade da Região de Joinville (2023) e Doutorado em andamento em Saúde e Meio Ambiente. Atuou como Biomédica Patologista Clínica na Associação Hospitalar São José de Jaraguá do Sul (2021-2023). Integrante do Grupo de Pesquisa Mecanismos de Saúde e Doença (MSD) da Universidade da Região de Joinville - UNIVILLE. Possui experiência em análises clínicas, pesquisa animal, doenças metabólicas, estresse oxidativo, toxicologia ambiental e autismo.

Gilmar Sidnei Erzinger
Possui graduação em Farmácia e Bioquímica pela Universidade Federal de Santa Catarina (1985), mestrado em Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica pela Universidade de São Paulo (1995) e doutorado em Tecnologia Bioquímica Farmacêutica pela Universidade de São Paulo (2000). Pós-doutorado em fotobiologia pela Friedrich Alexander Univesität Erlangen-Nurenberg, Alemanha (2009). É professor titular da Universidade da Região de Joinville dos cursos de Medicina, Farmácia e do Programa em Saúde e Ambiente (UNIVILLE). Tem experiência na área de desenvolvimento de processos biotecnológicos, com

ênfase em desenvolvimento de controle de parasita, enzimologia aplicada, pesquisa em fenômenos bioquímicos, estresse oxidativos em doenças crônicas, análises instrumentais, atuando principalmente nos seguintes temas: ecotoxicologia, radiação UVA/UVB, análise através de imagem, microbiologia e parasitologia aplicada e desenvolvimento de novos produtos. Pesquisador FAPESC. Membro da American Society for Photobiology, European Society for Photobiology, Royal Society of Chemistry e da Sociedade Brasileira de Ecotoxicologia. É membro do corpo editorial da Pharmaceutica Analytica Acta, da Pharmaceutical Regulatory Affairs e editor sênior da editora Elsevier Science, revisor da Cellular Physiology and Biochemistry. Bolsista em Produtividade em Desenvolvimento Tecnológico e Extensão Inovadora - DT 2 - CNPQ. Membro do comitê assessor da CAPES da área de ciências Ambientais e Interdisciplinaridade desde 2008.

Gustavo Borba de Oliveira
Possui graduação em Ciências Biológicas pela Universidade da Região de Joinville (2018). Atualmente é analista ambiental - DBio Consultoria Ambiental Topografia e Engenharia. Tem experiência na área de Biologia Geral, com ênfase em Meio Ambiente e Bio Diversidade, atuando principalmente nos seguintes temas: Inventário Florístico e Florestal, consultoria ambiental, elaboração de relatórios técnicos.

Gustavo Schuetzler Gomes Fernandes
Graduando do 9.° semestre de Medicina na Universidade da Região de Joinville (UNIVILLE). Atuou na Liga acadêmica de humanização em saúde (LAHES) e atualmente na Liga Acadêmica de Medicina em Ambientes e Situações Extremas (LAMASE) e Liga Acadêmica de Neurologia e Neurocirurgia (LANN). Integrante do Grupo de Pesquisa Mecanismos de Saúde e Doença (MSD) com experiência em pesquisa animal, estresse oxidativo, toxicologia ambiental e autismo.

Helbert N. Lima
Médico formado pela Pontifícia Universidade Católica - PUC-RS (1998). Especialista em Clínica Médica e Nefrologia pelo Hospital de Clínicas de Porto Alegre (2001). Fellow em Nefrologia pela International Society of Nephrology em Sheffield Kidney Institute, Inglaterra (2010). Mestre (2009) e Doutor (2011) em Ciências da Saúde pela PUC-PR. Mestrado em Epidemiologia pela London School of Hygiene Tropical Medicine, Inglaterra (2022). Professor do Programa de Pós-graduação em Saúde e Meio Ambiente da UNIVILLE. Tem interesse em Epidemiologia de Doenças Crônicas Não-Transmissíveis (DCNT), em especial doenças renais, e machine learning voltado para área da saúde.

Igor Shoiti Shiraishi
Engenheiro Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná e Mestre em Engenharia Ambiental pela mesma instituição. Especialista em Engenharia e

Gestão Ambiental (UEPG) e em Perícias Judiciais (Unifil). Atualmente é aluno de doutorado em Saúde e Meio Ambiente pela Universidade da Região de Joinville e Perito Criminal da Polícia Científica de Santa Catarina - Divisão de Perícias Ambientais.

Isabela Ribeiro Madalena
Doutora em Ciências pelo Programa de Pós-Graduação em Odontopediatria, CAPES nota 6, da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo (FORP/USP); Mestre Profissional em Odontologia pelo Programa de Pós-Graduação em Odontopediatria do Centro de Pesquisas Odontológicas São Leopoldo Mandic, Campus de Campinas-SP; Especialista em Odontopediatria pelo Centro de Pesquisas Odontológicas São Leopoldo Mandic, Campus de Campinas-SP; Cirurgião-Dentista graduada pela Universidade José do Rosário Vellano, Campus de Alfenas (UNIFENAS). Possui estágio pós-doutoral em Odontologia pela Universidade Positivo, Campus de Curitiba-PR, estágio pós-doutoral em Saúde e Meio Ambiente pela Universidade da Região de Joinville, Joinville-SC e estágio pós-doutoral em Odontologia pela Universidade de Uberaba, Uberaba - MG (atual) (Bolsista CAPES PDPG-POSDOC/Bolsa - CAPES n 88887.755620/2022-00). Coordenadora do Curso de Odontologia e Professora no Centro Universitário Presidente Tancredo de Almeida Neves (UNIPTAN).

Jamile Rosa Rampinelli
Possui graduação em Química Industrial pela Universidade da Região de Joinville, mestrado em Engenharia de Alimentos pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química e de Alimentos da Universidade Federal de Santa Catarina e doutorado em Engenharia Química pela Universidade Federal de Santa Catarina. Atualmente é professora/pesquisadora da Universidade da Região de Joinville e tem como temas de interesse a produção de bioativos por fungos dos gêneros "Pleurotus" e "Agaricus", utilizando resíduos agroindustriais da região de Joinville, aplicação dos bioativos produzidos nas áreas têxtil, farmacêutica e ambiental, além de aproveitamento dos resíduos da indústria de cerveja.

Jefferson Alexandre Provezi
Atualmente cursa o programa de Doutorado em Saúde e Meio Ambiente da Universidade da Região de Joinville, UNIVILLE. Recebeu o título de Mestre em Administração de Empresas com ênfase em Gestão Estratégica das Organizações pela UDESC/ESAG e graduou-se em Administração de Empresas e Ciências Jurídicas. Professor na Universidade da Região de Joinville, UNIVILLE e atua na área comercial e na área jurídica empresarial.

João Carlos Ferreira de Melo Júnior
Pós-doutor pela Escola Nacional de Botânica Tropical do Instituto de Pesquisas do Jardim Botânico do Rio de Janeiro (2016), Doutor em Ecologia e Conservação pela Universidade Federal do Paraná (2015), Mestre em Botânica (2003),

especialista em Espaço, Sociedade e Meio Ambiente (2000) pela Unibem, Bacharel e Licenciado em Ciências Biológicas pela Universidade da Região de Joinville (1999). Professor titular das disciplinas de Morfologia de Plantas Vasculares e Inventário de Flora da Universidade da Região de Joinville. Orientador de Mestrado e Doutorado. Docente permanente do Programa de Pós-Graduação em Saúde e Meio Ambiente. Tem experiência na Morfoanatomia e Ecologia Vegetal, atuando principalmente nos seguintes temas: anatomia da madeira de espécies tropicais, anatomia aplicada às madeiras de uso cultural, ecologia e diversidade funcional de florestas tropicais e ecologia do ambiente antropogênico sobre a morfoanatomia e desenvolvimento das plantas. Coordena os Laboratórios de Morfologia e Ecologia Vegetal e de Anatomia da Madeira da Univille e é curador da Xiloteca da referida instituição. Líder do grupo de pesquisa do CNPq: Madeiras Históricas: anatomia, saberes e conservação da biodiversidade. Integra o grupo nacional de pesquisa em biodiversidade da Mata Atlântica (PPBio MA) e o grupo da ISO Biodiversidade, ligado ao Centro de Conhecimento em Biodiversidade INCT. É editor-assistente do periódico científico Acta Biológica Catarinense e editor associado do periódico Frontiers in Environmental Archaeology - Paleoethnobotany.

Karine Louize Vincenzi Lüetke

Graduação em Nutrição pelo Instituto Superior e Centro Educacional Luterano Bom Jesus (2011). Doutoranda e Mestre em Saúde e Meio Ambiente pela Univille (2018). Pós graduada em Nutrição Ortomolecular e Nutracêutica Clínica pela Abefarma (Hi Nutrition). Pós graduada em Nutrição Esportiva Funcional pela Universidade Cruzeiro do Sul (2015). Pós graduada em Nutrição Clínica pela Faculdade Evangélica do Paraná (2012). Formação em Coach pelo Instituto Brasileiro de Coach (2015) com certificação e reconhecimento internacional. Experiência na área de Nutrição Funcional e Ortomolecular (atendimento clinico, esportivo e estética, docência e palestras), Marketing Nutricional, Nutrição Coletiva, e Coaching (atendimentos e palestras). Linhas de pesquisa: genética, estresse oxidativo, metabolismo energético, hormônios e intestino.

Kassielly Longo Brizola

Acadêmica do 4.° semestre de Medicina da Universidade da Região de Joinville (UNIVILLE). Participa da Liga Acadêmica de Medicina da Família e Comunidade (LAMFU) e Liga Acadêmica de Humanização em Saúde. Integrante do Grupo de Pesquisa Mecanismos de Saúde e Doença (MSD) com experiência em pesquisa animal, estresse oxidativo, toxicologia ambiental e autismo.

Katherine Plautz

Possui graduação em Biomedicina - Unisociesc (2020) e Mestrado em Saúde e Meio Ambiente pela Universidade da Região de Joinville - UNIVILLE (2022). Atualmente é bolsista (CAPES) de Doutorado na Universidade da Região de Joinville, e aluna de doutorado-sanduíche na Hong Kong University of Science and Techonology - HKUST. Possui experiência na área de bioquímica,

hematologia e pesquisa pré-clínica com animais, com os temas: doenças que acometem o sistema nervoso central, dor, estresse oxidativo, comportamento, metabolismo energético e bioprospecção.

Klaus Johann Jacques Schebek Teixeira
Estudante de medicina na Universidade da Região de Joinville (UNIVILLE), cursando a sexta fase do curso. Integrante do Grupo de Pesquisa Mecanismos de Saúde e Doença (MSD) com experiência em pesquisa animal, estresse oxidativo, toxicologia ambiental e autismo.

Lílian Márcia da Silva Calsavara
Cirurgiã-dentista, Graduada em Odontologia pelo Centro Universitário Presidente Tancredo de Almeida Neves.

Luana Gabriely de Almeida Campos
Acadêmica do 5.° semestre de Medicina da Universidade da Região de Joinville (UNIVILLE). Participa como coordenadora da Liga Acadêmica de Endocrinologia e metabologia (LAEMU) e participante da Liga Acadêmica de humanização em saúde (LAHES). Vice-Presidente Interno Local da Federação Internacional de Associações de Estudantes de Medicina (IFMSA-UNIVILLE). Diretora de pesquisa e extensão do CAMPGO (Centro Acadêmico de Medicina Dr. Plácido Gomes de Oliveira). Integrante do Grupo de Pesquisa Mecanismos de Saúde e Doença (MSD) com experiência em pesquisa animal, estresse oxidativo, toxicologia ambiental e autismo. Bolsista do CNPq na modalidade ITI. Possui curso técnico em Recursos Humanos integrado ao ensino médio pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Mato Grosso (2018), atuando como pesquisadora e bolsista do CNPq pela categoria júnior voltada ao ensino médio.

Luciano Lorenzi
Graduado em Licenciatura em Ciências Biológicas, com mestrado e doutorado em Zoologia pela Universidade Federal do Paraná. Atualmente é professor titular da Universidade da Região de Joinville e pertence ao quadro docente permanente do Programa de Pós-Graduação em Saúde e Meio Ambiente (PPGSMA). Tem experiência na área de Oceanografia - ecossistemas marinhos costeiros, com ênfase em interação entre os organismos marinhos e os parâmetros ambientais, atuando principalmente nos seguintes temas: fauna bentônica de substratos inconsolidados vegetados e não vegetados, detritos plásticos e indicadores de qualidade ambiental.

Magda Carrion Bartz
Possui graduação em Ciências Biológicas, Bacharelado e Licenciatura Plena pela Universidade da Região de Joinville - UNIVILLE (2004); Especialização em Arqueologia, ministrado em nível de Pós-Graduação lato sensu pela

Universidade da Região de Joinville - UNIVILLE (2016); Mestre em Patrimônio Cultural e Sociedade, na linha de pesquisa Patrimônio e Sustentabilidade, pela Universidade da Região de Joinville - (2018); Bolsista CAPES no Curso de doutorado no Programa de Pós Graduação Saúde e Meio Ambiente na Universidade da Região de Joinville - UNIVILLE, desenvolvendo projeto em Anatomia de Madeira histórica de construções Enxaimel (2023); integrante do Grupo de pesquisa Madeiras Históricas e Biodiversidade e pesquisadora nos laboratórios de Morfologia e Ecologia Vegetal e de Anatomia da Madeira da Univille. Colaboradora no LAPArq-UNIVILLE- Laboratório de Arqueologia e Associada na Sociedade de Arqueologia Brasileira-SAB, Foi presidente da Associação de Amigos do Museu Arqueológico de Sambaqui de Joinville - AAMASJ (2018 a 2022) e, na função de presidente, foi responsável pela gestão de obras de melhorias no prédio do Museu Arqueológico e pelo Projeto de Resgate do Sambaqui Cubatão I. Atualmente está na função de vice presidente da associação (Gestão 2022-2024). Atua como consultora na área de Licenciamento Ambiental desde 2004 e tem mais de 20 anos de experiência na área de Educação Ambiental, tendo atuado como professora de Educação Ambiental na escola Aldeia do Sol (2000- 2004), participante do corpo técnico do sub-programa de proteção à Flora, projeto de duplicação da Br-101/RS. UNIVILLE - DNIT (2005-2009) e Conselheira do Grupo Pro-Babitonga pela Aamasj (2021/2022), além de participar de ações educacionais em projetos Arqueológicos e na área de Sambaquis. Atualmente é Diretora Administrativa do Instituto IMPAR - Instituto de Pesquisa da Arte pelo Movimento, Joinville/SC (desde 2021), onde também participa como atriz no Grupo de Teatro Arte para Todos. É titular de Projeto "Projetando o Futuro do Passado - revitalização, urbanização e comunicação do Sambaqui Espinheiros II", aprovado no edital de Apoio do Sistema Municipal de Desenvolvimento pela Cultura -SIMDEC (2022), promovido pela Prefeitura Municipal de Joinville.

Marco Fabio Mastroeni

Biólogo pela Universidade Federal de Santa Catarina (1992), mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal de Viçosa (1997), doutor em Saúde Pública na área de Nutrição pela Universidade de São Paulo (2004), Pós-doutorado em Saúde Pública/Epidemiologia na University of Alberta-Canada (2016). Professor titular da Universidade da Região de Joinville - UNIVILLE desde 2001, ministra a disciplina de bioquímica em diferentes cursos. É docente do Programa de Pós-graduação em Saúde e Meio Ambiente - UNIVILLE, nos cursos de Mestrado e Doutorado. Possui experiência em avaliação nutricional de populações de diferentes grupos etários. Atua principalmente com foco em obesidade materno-infantil envolvendo diversos fatores associados: epidemiologia nutricional, biologia molecular, metabolismo, sono, entre outros. Coordenador do estudo PREDI: PREDIctors of maternal and infant excess body weight. Pesquisador integrante do Consórcio Brasileiro de Nutrição Materno Infantil.

Maria Angélica Hueb de Menezes Oliveira
Graduada em Odontologia pela Universidade de Uberaba, Especialização em Odontopediatria, Mestrado em Odontopediatria pela Universidade de São Paulo, Doutorado em odontopediatria na USP-Ribeirão Preto. Docente da Universidade de Uberaba, na área de Odontopediatria, Assessora do Núcleo de Inovação Tecnológica, Coordenadora e Professora do Curso de Especialização em Odontopediatria. Membro Titular do Comitê Institucional de Iniciação Científica e Vice- Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Odontologia (PPGODO). Possui a patente do Dispositivo de Revestimento de Seringa e Agulha Para Desmistificação do Medo e Ansiedade em Procedimentos Pediátricos Médicos e Odontológicos Quanto à Administração de Anestesia e Outros, concedida em 2020, e por meio da transferência de tecnologia o produto é comercializado no Brasil e exterior. Aprovada no Catalisa ICT com aporte de 150 mil e no Centelha-MG com aporte de 66mil mais 26mil de bolsa com a Capa de biopolímero, em forma de jacaré e outros animais da fauna brasileira, flexível, retrátil, atóxico, cheiro de tutti-frutti, que descaracteriza seringa e esconde a agulha diminuindo medo e ansiedade na vacinação infantil.

Mariana R. B. Toschi
Fisioterapeuta formada pela Pontifícia Universidade Católica de Campinas - PUC-Campinas (2000). Especialista em Fisioterapia Respiratória em Unidade de Terapia Intensiva de Adultos pela Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP (2001). Mestre em Saúde e Meio Ambiente pela Universidade da Região de Joinville – UNIVILLE (2023). Doutoranda em Saúde e Meio Ambiente pela Universidade da Região de Joinville – UNIVILLE. Supervisora de estágio hospitalar do curso de Fisioterapia em unidade de terapia intensiva e enfermaria geral pela Faculdade Guilherme Guimbala.

Marilda Morais da Costa
Profissional de Educação Física formada pela Universidade da Região de Joinville – UNIVILLE (1995). Especialista em Psicologia da Atividade Física e do Esporte, UNED/Madri, Espanha (1998). Mestre em Saúde e Meio Ambiente pela Universidade da Região de Joinville – UNIVILLE (2010). Doutoranda em Saúde e Meio Ambiente pela Universidade da Região de Joinville – UNIVILLE. Professora da Faculdade IELUSC.

Mauren da Silva Salin
Profissional de Educação Física formada pela Universidade da Região de Joinville – UNIVILLE (2000). Especialista em Ciências do Movimento Humano – UNIVILLE/IBPEX (2003). Mestre (2006) e Doutora (2013) em Ciências do Movimento Humano pela Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC. Professora Adjunta da Faculdade IELUSC, e Professora Adjunta da Universidade da Região de Joinville – UNIVILLE. Possui experiência na área de Educação Física, com ênfase em Atividade Física, Saúde e Envelhecimento.

Michele Formolo Garcia
Graduada em Ciências Biológicas (Licenciatura e Bacharelado) pela Universidade da Região de Joinville - UNIVILLE (2004), Mestre em Engenharia de Alimentos (2006), Doutora em Engenharia Química (2022) pela Universidade Federal de Santa Catarina UFSC. Atualmente pós-doutoranda no Programa de pós-Graduação em Saúde e Meio Ambiente da UNIVILLE . É pesquisadora do GRUPO DE MATERIAIS POLIMÉRICOS e também do grupo NOVOS RPOCESSOS E TÉCNICAS NA TERAPÊUTICA CLÍNICA. Atua nas linhas de pesquisa de biossíntese e caracterização físico-química de biopolímeros obtidos por cultivo microbiano. Tem experiência em PD de produtos e embalagens biodegradáveis, produção de biomateriais poliméricos funcionalizados para aplicação na área médica, produção de biocompósitos de biopolímeros com biocerâmicas. Atua como Professora Adjunta e Pesquisadora na Universidade da Região de Joinville (UNIVILLE). Publicou 27 artigos em periódicos especializados, 3 capítulos de livro e 92 trabalhos em anais de eventos nacionais e internacionais. Orientou 11 Trabalhos de Conclusão de Curso e 4 alunos de Iniciação Científica.

Mirela Parissa Bondan Misaghi
Acadêmica de Medicina da Universidade da Região de Joinville (UNIVILLE). Integrante do Grupo de Pesquisa Mecanismos de Saúde e Doença (MSD) com experiência em pesquisa animal, estresse oxidativo, toxicologia ambiental e autismo.

Monique Fröhlich
Possui graduação em Farmácia pela Universidade da Região de Joinville - UNIVILLE (2010). Mestrado em Saúde e Meio Ambiente (Bioquímica) pela Universidade da Região de Joinville - UNIVILLE (2015). Tem experiência na área de Farmácia e Bioquímica. Atuou profissionalmente em farmácia magistral e cosmetologia. Coordenador em Farmácia Hospitalar pelo Hospital Municipal São José - Joinville/SC. Coordenador em laboratório de análises clínicas pelo Laboratório do Hospital Municipal São José - Joinville/SC. Responsável técnica pelo Laboratório Municipal de Joinville - SC. Pesquisa com os seguintes temas: Erros Inatos do Metabolismo (Galactosemia), doenças metabólicas, estresse oxidativo, acetilcolinesterase, memória, metabolismo energético.

Natalia Cavichioli
Possui graduação em Biomedicina pela Universidade Regional de Blumenau (2021) com habilitação em análises clínicas e patologia. Pós-graduação em biomedicina estética pela Faculdade Ana Carolina Puga (2021). Mestranda no Programa de Pós graduação em Saúde e Meio Ambiente (UNIVILLE).Tem experiência na área de fitoquímica, bioquímica e farmacognosia, atuando principalmente nos seguintes temas: fitoquímica de plantas medicinais, estresse oxidativo, marcadores mitocondriais e neurofisiologia da depressão e Transtorno do Espectro Autista.

Paloma Francia de Carvalho
Cirurgiã-dentista, Graduada em Odontologia pelo Centro Universitário Presidente Tancredo de Almeida Neves.

Patrícia Pochapski Fernandes
Possui graduação em Biomedicina pelo Centro Universitário - Católica de Santa Catarina - Jaraguá do Sul (2015). Biomédica na Medivet Centro de Diagnósticos Veterinários.

Paulo Henrique Condeixa de França
Graduado pela Universidade Federal do Paraná (UFPR), com Mestrado em Biologia Celular e Molecular na Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ/RJ / Conceito CAPES 7) e Doutorado em Ciências (Microbiologia) pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ / Conceito CAPES 7), é Professor Titular na Universidade da Região de Joinville (Univille), atualmente atuando como docente na graduação em Medicina e como Docente Permanente e pesquisador no Mestrado e Doutorado em Saúde e Meio Ambiente (PPGSMA / Conceito CAPES 5) na mesma universidade. Coordena equipe de pesquisa no Laboratório de Biologia Molecular da Univille, com foco em Genética Humana, Microbiologia Médica e Ambiental e Epidemiologia, tanto em Doenças Infecciosas como em Doenças Crônicas Não Transmissíveis, tendo orientado a formação de 19 Mestres e 10 Doutores até 2022. Gerente do Biobanco Univille (Joinville Stroke Biobank). Coordenou o PPGSMA entre 2017 e 2019. Atual Pró-Reitor de Pesquisa e Pós-Graduação da Univille. Membro Titular da Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (Conep/CNS/MS).

Poliana Ferreira Santos
Graduanda do curso de Odontologia do Centro Universitário Presidente Tancredo de Almeida Neves.

Rafaela Korn
Fisioterapeuta formada pela Associação Catarinense de Ensino (2019). Mestre em Saúde e Meio Ambiente pela Universidade da Região de Joinville (2023) com período sanduíche na Université de Franche-Comté, Besançon, França. Doutoranda em Saúde e Meio Ambiente pela Universidade da Região de Joinville – UNIVILLE. Professora da Faculdade Anhanguera.
Rafaela Scariot Graduação em Odontologia pela Universidade Federal do Paraná. Especialização em Cirurgia e Traumatologia Buco-Maxilo-Faciais, pela Universidade Federal do Paraná. Mestre em Odontologia, pela Universidade Federal do Paraná. Doutora em Estomatologia, pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Pós - doutoranda em Odontologia pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Professora da Graduação, Residência em CTBMF, Mestrado e Doutorado da Universidade Federal do Paraná.

Ricardo Clemente Rosa
Possui graduação em Educação Física pela Universidade da Região de Joinville - Univille (2009), especialização em Fisiologia e Cinesiologia da Atividade Física e Saúde pela Universidade Gama Filho (2010) e mestrado em Saúde e Meio Ambiente pela Universidade da Região de Joinville - Univille (2022) . Dentre outras funções, dedica-se como professor universitário no curso de Educação Física e Fisioterapia pela Sociedade Educacional de Santa Catarina (Unisociesc - Joinville). Atualmente, aluno do curso de Doutorado em Saúde e Meio Ambiente da Universidade da Região de Joinville - Univille (início - 2022), sendo Bolsista do Programa PROSUC/CAPES, com apoio financeiro à pesquisa pela FAPESC. Tem experiência no Treinamento de Força, Treinamento Funcional e Reabilitação Cardiovascular, atuando principalmente nos seguintes temas: Fisiologia e Cinesiologia do Exercício Físico, Estresse Oxidativo e Atividade Física e Saúde para Populações Especiais.

Ricardo Larroyed de Oliveira
Graduado em Medicina pela Universidade Regional de Blumenau. Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Saúde e Meio Ambiente pela Universidade da Região de Joinville. Mestre em Saúde Coletiva pela FURB. Especialista em Medicina de Família e Comunidade pela SBMFC/AMB. Especialista em Saúde da Família pela UFSC. Especialista em Gestão em Saúde pela UFSC. Especialista em Geriatria pelo IGG/PUCRS. MBA em Auditoria em Saúde pela Unopar.

Rodolfo Coelho Prates
Possui Doutorado em Economia Aplicada (2008) pela Universidade de São Paulo, mestrado em Geografia Humana pela Universidade de São Paulo (2001) e graduação em Geografia pela Universidade de São Paulo (1995). É especialista em Big Data pela Universidade da Califórnia. Atualmente é professor do Programa de Pós Graduação em Saúde e Meio Ambiente da Univille, professor do Programa de Mestrado Profissional da UFPR e professor do curso de Economia da PUCPR. É também visitante do Middlebury College - Vermont (Estados Unidos) e pós-doutorando no Programa de Pós-Graduação em Contabilidade da UFPR. Tem experiência na área de Economia e Estatística, atuando principalmente nos seguintes temas: inovação, internacionalização, ambiente econômico, meio ambiente e amazônia. Foi também membro do grupo de pesquisa Brazilian Danish Internationalization, Sustainability and Innovation Research Network, em parceria com a Copenhagen Business School, Aalborg University e University of Southern Denmark. Entre 2013 e 2022 foi professor visitante (visiting scholar) nos cursos de verão do Middlebury College (Estados Unidos). Em 2023 foi professor da Universidade de Osnabrück (Alemanha).

Rodrigo Dümes Chaves Cabral
Biólogo formado pela Universidade da Região de Joinville e Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Saúde e Meio Ambiente na mesma instituição.

Área de atuação Botânica, estudos realizados com ênfase em anatomia de madeira, ecologia funcional de plantas e biomonitoramento ambiental.

Roseneide Campos Deglmann
Possui doutorado em Saúde e Meio Ambiente pelo Programa de Pós-Graduação em Saúde e Meio Ambiente da Universidade de Joinville- PPGSA/UNIVILLE, instituição pela qual também realizou seus estudos de Mestrado em Saúde e Meio Ambiente (2002). É graduada em Farmácia Bioquímica pela Universidade Federal de Santa Catarina (1989) e possui especialização em microbiologia clínica pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná/PUC (1999). Trabalha nos cursos de graduação: enfermagem, farmácia e medicina. Tem em experiência na área de microbiologia clínica e parasitologia clínica, com ênfase no diagnóstico laboratorial, atuando nos seguintes temas: investigação de genes de resistência aos antimicrobianos, Prevenção e controle de infecção no ambiente de saúde e Segurança do paciente.

Sebastian Michael Strauch
Possui graduação em Biologia - Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (2005) e doutorado em Ecofisiologia Vegetal - Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (2009). Tem experiência na área de Botânica, com ênfase em Ecofisiologia Vegetal. Investiga o uso de clorofilina e de residuos de lupulo da produçao de cerveja como agente antibiótico. Alem disso trabalha sobre ecossistemas artificiais, desenvolvimento de instrumentos, biotecnologia no espaço.

Silmara Salete de Barros Silva Mastroeni
Nutricionista pelo Centro Universitário São Camilo - Campus Pompeia (1998), Mestre (2003) e Doutora em Saúde Pública pela Universidade de São Paulo (2009), Pós-doutorado em Saúde Pública na Universidade de Alberta, Canadá (2016). Docente da Universidade da Região de Joinville (UNIVILLE) desde 2003. Atua principalmente com foco em obesidade materno-infantil envolvendo diversos fatores associados: saúde pública, epidemiologia nutricional, metabolismo, entre outros. Pesquisadora do estudo PREDI: PREDIctors of maternal and infant excess body weight. Integrante do Consórcio Brasileiro de Nutrição Materno-Infantil.

Thaís Kauana Magalhães Sobral
Graduação em Odontologia pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Especialização em Endodontia pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Mestrado em Endodontia pela Universidade Positivo. Doutoranda em Endodontia pela PUCPR. Professora de Endodontia de Graduação e Pós-Graduação. Coordenadora de Especialização em Endodontia.

Vanessa Cristine Kobs

Doutora em Saúde e Meio Ambiente pela Universidade da Região de Joinville-UNIVILLE (2021), Mestre em Saúde e Meio Ambiente pela Universidade da Região de Joinville (2016), Especialista em Biologia Molecular e Citogenética pelo Instituto de Pesquisa e Educação em Saúde de São Paulo (2014), Especialista em Estética Avançada pela Nepuga (2023), Graduada em Farmácia pela Universidade da Região de Joinville - UNIVILLE (2010). Foi aluna de Iniciação Científica durante todo o período da graduação, onde participou de pesquisas de biologia molecular e tecnologia farmacêutica). Atuou como farmacêutica bioquímica no setor de Microbiologia do Laboratório de Análises Clínicas da Associação Beneficente Evangélica de Joinville - Hospital Dona Helena (2011-2018). Atualmente faz parte do corpo docente (professora adjunta) da Universidade da Região de Joinville - UNIVILLE, lecionando no departamento de saúde (2016 - atual). Tem experiência na área de Microbiologia, com ênfase em Microbiologia aplicada e Clínica, atuando principalmente nos seguintes temas: Infecções relacionadas a assistência aos pacientes, mecanismos de resistência, impacto de bactérias multirresistentes na saúde, Resistência bacteriana aos antimicrobianos no contexto One Health (Saúde Única). Faz parte do grupo de pesquisa Diagnóstico molecular. Além disso, é sócia do Instituto Le Muse Estética Avançada (2022 - atual) e tem experiência em procedimentos estéticos faciais, e corporais.

Therezinha Maria Novais de Oliveira

Possui graduação em Engenharia Sanitária pela Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, mestrado e doutorado em Engenharia de Produção na área de concentração - gestão ambiental pela UFSC, Pós-doutorado na Faculdade de Engenharia do Porto - FEUP Instituto de Hidráulica e Recursos Hídricos Têm experiência de pesquisa e extensão na área de Engenharia Sanitária e Ambiental com ênfase em Gestão e toxicologia ambiental atuando nos seguintes temas: gestão de recursos hídricos, ecotoxicologia, e gestão de resíduos sólidos coordenando projetos CAPES, FAPESC, CNPq, FINEP entre outros órgão de fomento. É Professora no curso de graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária e no Programa de Pós-Graduação em Saúde e Meio Ambiente da Univille. Foi ainda Diretora da Incubadora de Base Tecnológica de Joinville (Fundação Softville) tendo ações de gestão da inovação e empreendedorismo, Coordena o Projeto de extensão de assessoria técnica e científica ao comitê do complexo hidrológico da Baia da Babitonga e Bacias Contíguas desde 2001; Atua ainda como conselheira no conselho municipal de meio ambiente do município de Joinville – COMDEMA e Atualmente é Vice-Reitora da Universidade da Região de Joinville - Univille , da Baia da Babitonga e Bacias Contíguas desde 2001; meio ambiente do município de Joinville – COMDEMA.

Victória Fonseca Silveira

Possui graduação em Bacharelado em Ciências Biológicas com ênfase em Biologia Marinha (2016-2020) pela Universidade da Região de Joinville - UNIVILLE, Membro do grupo de pesquisa de Materiais Poliméricos na Univille desde 2017. Fui bolsista de iniciação científica, atuando com celulose bacteriana e suas diversas aplicabilidade nas áreas de saúde como curativos e na área de meio ambiente na degradação de óleo e gordura. Fui bolsista da Capes com o projeto intitulado Inconrporação de Lipase NS-40116 em celulose bactéria com modificação de superfície com Zeína e PLLA que gerou a minha dissertação. Atualmente sou bolsista CNPQ MAID com o grupo de pesquisa microhub em parceira com Norio Tecnologias e desenvolvendo projeto com nanoparticulas e nanotecnologias. .Apresentei meus trabalhos no 15 e 16 Congresso Brasileiro de Polímeros (CBPol), 4,5 e 6,7, 8 Semana Univille de Ciência, Sociedade e Tecnologia. Atualmente sou aluna do Doutorarado do Programa de Pós-Graduação em Saúde e Meio ambiente na Universidade da Região de Joinville.

Yoshimasa Sagawa Júnior

Fisioterapeuta formado pela Universidade do Estado de Santa Catarina (2006). Mestre em Exercício, Esporte, Saúde e Handicap pela Universidade Blaise Pascal (Clermont-Ferrand, França, 2008). Doutor em Biomecânica pela Universidade de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis (Valenciennes, França, 2012), Pós-Doutorado pela Universidade de Genebra (Genebra, Suíça, 2013) e Livre Docência pela Universidade Bourgogne Franche-Comté (Besançon, França, 2019). Atualmente trabalha no Hospital Universitário de Besançon, no Departamento de Medicina Física e Reeducação e Laboratório do Movimento Humano.

ÍNDICE REMISSIVO

β-lactamases 44, 46, 47, 56, 60, 63

agrotóxicos 12, 19, 23

água 8, 17, 18, 86, 92, 94, 105, 106, 110, 112, 122, 123, 145, 147, 162, 165, 166, 176, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 201, 205, 207, 208

alimentação humana 129, 173

alimento 158, 160, 161, 163, 164, 165, 166, 167, 168

anatomia da madeira 147, 148, 149, 151, 225, 227

animais de estimação 47, 58, 59

anomalias dentárias 32

antimicrobianos 46, 47, 48, 49, 51, 52, 53, 54, 57, 58, 59, 232, 233

antioxidantes 12, 14, 15, 16, 19, 20, 126, 128

aplicações (celulose bacteriana) 198, 199, 208, 209, 211, 216

atividade física 16, 17, 20, 229, 231

bacia 106, 109, 110, 116, 117, 118, 180, 181, 187, 192

bacias hidrográficas 85, 86, 87, 88, 90

bactérias Gram-negativas 128, 202

biodisponibilidade 158, 165, 166, 167, 168, 172

biomonitoramento 143, 145, 156, 232

botânica forense 150, 152

celulose bacteriana 196, 199, 200, 207, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 234

classificação de winter 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 40

composição proteica de alto valor 129

consórcio microbiano 203, 213

consórcio microbiano 203, 213

Covid-19 64, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 75, 77, 78, 80, 81

dieta 8, 20, 160, 162, 163, 164, 165, 168, 169, 171

Direito 32, 34, 35, 36, 37, 38, 40, 66, 184, 185, 189, 190, 191, 192, 193, 195

disfunção mitocondrial 10, 12, 15, 16, 19

doenças 12, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 31, 39, 74, 76, 77, 80, 129, 160, 163, 164, 165, 168, 170, 172, 184, 220, 222, 223, 224, 226, 270

doenças metabólicas 15, 16, 220, 222, 230

dupla imputação 230, 231, 232

idosos 8, 54, 64, 66, 67, 68, 72, 73, 74, 76, 77, 78, 80, 81, 169

drenagem 102, 112, 113, 114, 115, 116, 188, 189

ecossistemas marinhos 8, 84, 227

envelhecimento 25, 66, 74, 80, 229

epidemiologia 47, 224, 228, 230, 233

escoamento 86, 105, 110, 111, 112

estresse oxidativo 8, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 26, 215, 216, 220, 222, 223, 225, 226, 229, 230, 231

estuários 25, 85, 89, 90, 92

estudos interdisciplinares 2, 8, 138, 141

exercício físico 68, 69, 70, 71, 78, 231

fontes de poluição 89

gestão de resíduos 89

hidrodinâmica 102, 103, 112, 113, 119

impacto ambiental 120, 122, 198, 199, 200

infiltração 106, 108, 110, 111, 112

inflamação 12, 15, 16, 19, 77, 220

inundação 100, 102, 103, 105, 112, 113, 114, 115, 118

Komagataeibacter hansenii 213, 214

kombucha 203, 204, 211, 214

lei de crimes ambientais 228, 229

legislação 171, 181, 183, 184, 189, 190, 191

lúpulo 122, 123, 126, 127, 128, 232

mandíbula 30, 32, 33, 35, 36, 37, 38

meio ambiente 6, 7, 8, 9, 27, 36, 48, 83, 101, 116, 118, 121, 122, 139, 143, 151, 158, 159, 163, 177, 183, 187, 188, 193, 198, 210, 213, 215, 216, 218, 219, 220, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234

meios de cultivo 205

metais pesados 12, 16, 17, 18, 19, 21, 25, 26, 126, 130

microplásticos 85, 86, 87, 90, 91, 93, 94, 97, 144

modelagem 102, 103, 105, 110, 112, 113, 119

nutrição 81, 127, 159, 163, 222, 225, 228, 233

nutrientes 17, 19, 92, 125, 130, 158, 160, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 171, 172, 174, 204

odontologia 29, 215, 216, 219, 221, 222, 224, 226, 228, 230, 230, 231, 233

padrão de impactação 28, 31, 38

planejamento territorial 83, 141, 220, 221

plantas 8, 18, 138, 140, 143, 144, 145, 146, 147, 149, 150, 155, 156, 160, 161, 199, 201, 202, 225, 230, 232

plantas monitoras 143

plasticidade fenotípica 140

poluição 8, 25, 84, 85, 87, 89, 90, 93, 94, 95, 130, 142, 156, 160, 180, 185, 185, 198, 218

poluição marinha 84, 87

poluidor-pagador 223, 228

potencial bioenergético 145, 146, 147

precipitação 89, 105, 110, 111, 112, 113, 115, 119

preservação 92, 143, 178, 180, 183, 190

prevalência 28, 30, 31, 32, 38, 39, 40, 41, 57, 72, 76, 78, 79

produção (celulose bacteriana) 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 209, 210, 211, 213, 214

propriedades (celulose bacteriana) 200, 204, 208, 211, 212

proteção ambiental 218, 219, 220, 222, 223, 224, 229, 231, 232, 233

radicais livres 12, 13, 19, 25

radiografias panorâmicas 12, 13, 19, 25

recursos hídricos 119, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195

resíduos cervejeiros 126, 129, 130, 134

resíduos industriais 130

resistência bacteriana aos antimicrobianos 233

reparação de danos 221, 224

responsabilidade civil ambiental 224, 227

responsabilidade criminal ambiental 228

saberes ancestrais 149

saneamento básico 180, 186, 187, 188, 192

sarcopenia 66, 67, 78, 79

saúde 6,7, 8, 9, 12, 16, 17, 19, 20, 21, 29, 31, 39, 41, 44, 45, 46, 48, 53, 59, 60, 62, 65, 66, 73, 74, 78, 79, 80, 81, 83, 101, 102, 121, 131, 139, 141, 143, 145, 154, 159, 162, 163, 166, 170, 171, 172, 177, 178, 187, 188, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234

saúde única 44, 233

sistema econômico 184, 190

suplemento alimentar 129, 170, 171

sustentabilidade 122, 141, 153, 189, 198, 199, 227

tabaco 16, 19, 206

talvegue 103, 109, 110

terceiro molar 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38

vulnerabilidade 112, 114, 115, 119