

CONEXÕES EM NUTRIÇÃO

CIÊNCIA, SAÚDE E SOCIEDADE



HEYTOR VICTOR PEREIRA DA COSTA NECO, JAELI MYLLIS MELO ASSUNÇÃO,
MARIA CLARA PESTANA CALSA, MAYARA ALVES LEAL GUIMARÃES,
MICHELLE MARIA BARRETO DE SOUZA, ROSILMA DE OLIVEIRA ARAUJO
MELO, SHEYLANE PEREIRA DE ANDRADE, THIAGO ANTÔNIO DE SOUSA
ARAÚJO, WALTER DE PAULA PINTO NETO, ZILMEIRE ALVES MARQUES
ORGANIZADORES

CONEXÕES EM NUTRIÇÃO

CIÊNCIA, SAÚDE E SOCIEDADE



HEYTOR VICTOR PEREIRA DA COSTA NECO, JAELI MYLLIS MELO ASSUNÇÃO,
MARIA CLARA PESTANA CALSA, MAYARA ALVES LEAL GUIMARÃES,
MICHELLE MARIA BARRETO DE SOUZA, ROSILMA DE OLIVEIRA ARAUJO
MELO, SHEYLANE PEREIRA DE ANDRADE, THIAGO ANTÔNIO DE SOUSA
ARAÚJO, WALTER DE PAULA PINTO NETO, ZILMEIRE ALVES MARQUES
ORGANIZADORES

Conexões em nutrição: ciência, saúde e sociedade está licenciado sob CC BY 4.0.



Essa licença permite que outros remixem, adaptem e desenvolvam seu trabalho para fins não comerciais e, embora os novos trabalhos devam ser creditados e não possam ser usados para fins comerciais, os usuários não precisam licenciar esses trabalhos derivados sob os mesmos termos. O conteúdo da obra e sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores e não representam a posição oficial da Ampla Editora. O download e o compartilhamento da obra são permitidos, desde que os autores sejam reconhecidos. Todos os direitos desta edição foram cedidos à Ampla Editora.

Catálogo na publicação

Elaborada por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

C747

Conexões em nutrição: ciência, saúde e sociedade / Organização de Heytor Victor Pereira da Costa Neco, Jaeli Myllis Melo Assunção, Maria Clara Pestana Calsa, et al.; Prefácio de Michelle Maria Barreto de Souza, Walter de Paula Pinto Neto. – Campina Grande/PB: Ampla, 2026.

Outros organizadores: Mayara Alves Leal Guimarães, Michelle Maria Barreto de Souza, Rosilma de Oliveira Araujo Melo, Sheylane Pereira de Andrade, Thiago Antônio de Sousa Araújo, Walter de Paula Pinto Neto, Zilmeire Alves Marques.

Livro em PDF

ISBN 978-65-5381-388-5

DOI 10.51859/ampla.cnc6385-0

1. Nutrição. 2. Saúde. I. Neco, Heytor Victor Pereira da Costa (Organizador). II. Assunção, Jaeli Myllis Melo (Organizadora). III. Calsa, Maria Clara Pestana (Organizadora). IV. Souza, Michelle Maria Barreto de (Prefácio). V. Pinto Neto, Walter de Paula (Prefácio). VI. Título

CDD 613.2

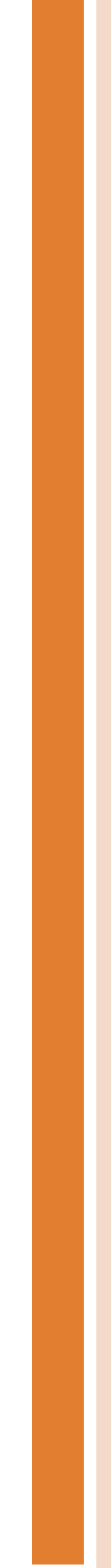
Índice para catálogo sistemático

I. Nutrição

CONSELHO EDITORIAL

Adilson Tadeu Basquerote – Centro Universitário para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Alexander Josef Sá Tobias da Costa – Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Andréa Cátia Leal Badaró – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Andréia Monique Lermen – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Antoniele Silvana de Melo Souza – Universidade Estadual do Ceará
Aryane de Azevedo Pinheiro – Universidade Federal do Ceará
Bergson Rodrigo Siqueira de Melo – Universidade Estadual do Ceará
Bruna Beatriz da Rocha – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais
Bruno Ferreira – Universidade Federal da Bahia
Caio Augusto Martins Aires – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Caio César Costa Santos – Universidade Federal de Sergipe
Carina Alexandra Rondini – Universidade Estadual Paulista
Carla Caroline Alves Carvalho – Universidade Federal de Campina Grande
Carlos Augusto Trojaner – Prefeitura de Venâncio Aires
Carolina Carbonell Demori – Universidade Federal de Pelotas
Caroline Barbosa Vieira – Universidade Estadual do Rio Grande do Sul
Christiano Henrique Rezende – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Cícero Batista do Nascimento Filho – Universidade Federal do Ceará
Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Dandara Scarlet Sousa Gomes Bacelar – Universidade Federal do Piauí
Daniela de Freitas Lima – Universidade Federal de Campina Grande
Darlei Gutierrez Dantas Bernardo Oliveira – Universidade Estadual da Paraíba
Denilson Paulo Souza dos Santos – Universidade Estadual Paulista
Denise Barguil Nepomuceno – Universidade Federal de Minas Gerais
Dinara das Graças Carvalho Costa – Universidade Estadual da Paraíba
Diogo Lopes de Oliveira – Universidade Federal de Campina Grande
Dylan Ávila Alves – Instituto Federal Goiano
Edson Lourenço da Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí
Elane da Silva Barbosa – Universidade Estadual do Ceará
Érica Rios de Carvalho – Universidade Católica do Salvador
Fábio Ronaldo da Silva – Universidade do Estado da Bahia
Fernanda Beatriz Pereira Cavalcanti – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”
Fredson Pereira da Silva – Universidade Estadual do Ceará
Gabriel Gomes de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas
Gilberto de Melo Junior – Instituto Federal do Pará
Givanildo de Oliveira Santos – Instituto Brasileiro de Educação e Cultura
Glécia Morgana da Silva Marinho – Pontifícia Universidad Católica Argentina Santa Maria de Buenos Aires (UCA)
Higor Costa de Brito – Universidade Federal de Campina Grande
Hugo José Coelho Corrêa de Azevedo – Fundação Oswaldo Cruz
Igor Lima Soares – Universidade Federal do Ceará
Isabel Fontgalland – Universidade Federal de Campina Grande
Isane Vera Karsburg – Universidade do Estado de Mato Grosso
Israel Gondres Torné – Universidade do Estado do Amazonas
Ivo Batista Conde – Universidade Estadual do Ceará
Jaqueline Rocha Borges dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Jessica Wanderley Souza do Nascimento – Instituto de Especialização do Amazonas
João Henriques de Sousa Júnior – Universidade Federal de Santa Catarina
João Manoel Da Silva – Universidade Federal de Alagoas
João Vitor Andrade – Universidade de São Paulo
Joilson Silva de Sousa – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
José Cândido Rodrigues Neto – Universidade Estadual da Paraíba
Jose Henrique de Lacerda Furtado – Instituto Federal do Rio de Janeiro

Josenita Luiz da Silva – Faculdade Frassinetti do Recife
Josiney Farias de Araújo – Universidade Federal do Pará
Karina de Araújo Dias – SME/Prefeitura Municipal de Florianópolis
Katia Fernanda Alves Moreira – Universidade Federal de Rondônia
Laís Portugal Rios da Costa Pereira – Universidade Federal de São Carlos
Laíze Lantyer Luz – Universidade Católica do Salvador
Lara Luiza Oliveira Amaral – Universidade Estadual de Campinas
Lindon Johnson Pontes Portela – Universidade Federal do Oeste do Pará
Lisiane Silva das Neves – Universidade Federal do Rio Grande
Lucas Araújo Ferreira – Universidade Federal do Pará
Lucas Capita Quarto – Universidade Federal do Oeste do Pará
Lúcia Magnólia Albuquerque Soares de Camargo – Unifacisa Centro Universitário
Luciana de Jesus Botelho Sodré dos Santos – Universidade Estadual do Maranhão
Luís Miguel Silva Vieira – Universidade da Madeira
Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Luiza Catarina Sobreira de Souza – Faculdade de Ciências Humanas do Sertão Central
Manoel Mariano Neto da Silva – Universidade Federal de Campina Grande
Marcelo Alves Pereira Eufrazio – Centro Universitário Unifacisa
Marcelo Henrique Torres de Medeiros – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Marcelo Williams Oliveira de Souza – Universidade Federal do Pará
Marcos Pereira dos Santos – Faculdade Rachel de Queiroz
Marcus Vinicius Peralva Santos – Universidade Federal da Bahia
Maria Carolina da Silva Costa – Universidade Federal do Piauí
Maria José de Holanda Leite – Universidade Federal de Alagoas
Marina Magalhães de Moraes – Universidade Federal do Amazonas
Mário César de Oliveira – Universidade Federal de Uberlândia
Michele Antunes – Universidade Feevale
Michele Aparecida Cerqueira Rodrigues – Logos University International
Miguel Ysrrael Ramírez-Sánchez – Universidade Autônoma do Estado do México
Milena Roberta Freire da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Nadja Maria Mourão – Universidade do Estado de Minas Gerais
Natan Galves Santana – Universidade Paranaense
Nathalia Bezerra da Silva Ferreira – Universidade do Estado do Rio Grande do Norte
Neide Kazue Sakugawa Shinohara – Universidade Federal Rural de Pernambuco
Neudson Johnson Martinho – Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Mato Grosso
Patrícia Appelt – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Paula Milena Melo Casais – Universidade Federal da Bahia
Paulo Henrique Matos de Jesus – Universidade Federal do Maranhão
Rafael Rodrigues Gomides – Faculdade de Quatro Marcos
Ramôn da Silva Santos – Universidade Federal Rural de Pernambuco
Reângela Cíntia Rodrigues de Oliveira Lima – Universidade Federal do Ceará
Rebeca Freitas Ivanicska – Universidade Federal de Lavras
Regina Márcia Soares Cavalcante – Universidade Federal do Piauí
Renan Gustavo Pacheco Soares – Autarquia do Ensino Superior de Garanhuns
Renan Monteiro do Nascimento – Universidade de Brasília
Ricardo Leoni Gonçalves Bastos – Universidade Federal do Ceará
Rodrigo da Rosa Pereira – Universidade Federal do Rio Grande
Rubia Katia Azevedo Montenegro – Universidade Estadual Vale do Acaraú
Sabrynnna Brito Oliveira – Universidade Federal de Minas Gerais
Samuel Miranda Mattos – Universidade Estadual do Ceará
Selma Maria da Silva Andrade – Universidade Norte do Paraná
Shirley Santos Nascimento – Universidade Estadual Do Sudoeste Da Bahia
Silvana Carlotto Andres – Universidade Federal de Santa Maria
Silvio de Almeida Junior – Universidade de Franca
Tatiana Paschoalette R. Bachur – Universidade Estadual do Ceará | Centro Universitário Christus
Telma Regina Stroparo – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Thayla Amorim Santino – Universidade Federal do Rio Grande do Norte



Thiago Sebastião Reis Contarato – Universidade Federal do Rio de Janeiro
Tiago Silveira Machado – Universidade de Pernambuco
Valvenarg Pereira da Silva – Universidade do Estado de Mato Grosso
Vinícius Queiroz Oliveira – Universidade Federal de Uberlândia
Virgínia Maia de Araújo Oliveira – Instituto Federal da Paraíba
Virginia Tomaz Machado – Faculdade Santa Maria de Cajazeiras
Walmir Fernandes Pereira – Miami University of Science and Technology
Wanessa Dunga de Assis – Universidade Federal de Campina Grande
Wellington Alves Silva – Universidade Estadual de Roraima
William Roslindo Paranhos – Universidade Federal de Santa Catarina
Yáscara Maia Araújo de Brito – Universidade Federal de Campina Grande
Yasmin da Silva Santos – Fundação Oswaldo Cruz
Yuciara Barbosa Costa Ferreira – Universidade Federal de Campina Grande

PREFÁCIO

A alimentação faz parte da nossa história, dos nossos hábitos e da maneira como nos relacionamos com o mundo. Está presente nas lembranças, nas tradições e nos pequenos gestos do cotidiano, mas também ocupa um lugar importante nas discussões sobre saúde, ciência e qualidade de vida. É nesse encontro entre o alimento, o indivíduo e a sociedade que a Nutrição encontra muitos dos seus desafios e, sobretudo, das suas possibilidades de transformação.

O livro *Conexões em Nutrição: Ciência, Saúde e Sociedade* nasce do desejo de compartilhar conhecimentos, experiências e inquietações que surgem ao longo da formação acadêmica e da prática científica. Ao longo dos capítulos, são abordados temas que mostram como a Nutrição está presente em diferentes momentos da vida, desde os primeiros anos da infância até o envelhecimento, passando pelo desempenho esportivo, pela prevenção de doenças e pelo cuidado com a saúde.

A obra também abre espaço para discussões sobre a segurança dos alimentos, os riscos associados à exposição a contaminantes, a relação entre alimentação e microbiota intestinal e o desenvolvimento de produtos com potencial funcional. São assuntos que, embora diferentes entre si, compartilham uma mesma preocupação: compreender melhor os alimentos que consumimos e como nossas escolhas alimentares podem influenciar a saúde e a qualidade de vida.

Grande parte dos capítulos apresentados neste livro nasceu dos trabalhos de conclusão de curso de estudantes do Bacharelado em Nutrição do Centro Universitário Maurício de Nassau – Campus Graças, em Recife, Pernambuco. São pesquisas que representam meses de dedicação, leituras, dúvidas, descobertas e amadurecimento acadêmico. Cada trabalho carrega um pouco da trajetória de seus autores e do esforço de transformar perguntas em conhecimento. A obra também reúne contribuições de pesquisadores externos, que enriquecem as discussões e ampliam os olhares sobre os temas apresentados.

Há algo de especial em ver o conhecimento produzido durante a graduação ultrapassar os limites da sala de aula e ganhar espaço nas páginas de um livro. Mais do que uma etapa da formação, a pesquisa é uma oportunidade de aprender a questionar,

observar e compreender o mundo com mais profundidade. É também uma forma de reconhecer que a ciência se constrói aos poucos, com dedicação, curiosidade e disposição para encontrar novas respostas.

Esperamos que esta obra desperte reflexões, incentive novas pesquisas e contribua, de alguma maneira, para a formação de estudantes e profissionais que compreendam a Nutrição para além dos nutrientes e das recomendações alimentares. Afinal, estudar a alimentação é também estudar pessoas, histórias e diferentes formas de viver.

Desejamos a todos uma boa leitura!

Michelle Maria Barreto de Souza

Walter de Paula Pinto Neto

SUMÁRIO

CAPÍTULO I. A RITUALIDADE GASTRONÓMICA E A DEAMBULAÇÃO URBANA: A CULTURA DAS TAPAS EM GRANADA COMO PATRIMÓNIO, IDENTIDADE E PRÁTICA SOCIAL.....	10
CAPÍTULO II. POTENCIAL NUTRICIONAL DA LENTILHA-D'ÁGUA (<i>LEMNA MINOR</i>) E DA PITAYA NO DESENVOLVIMENTO DE KOMBUCHA.....	16
CAPÍTULO III. METAIS PESADOS NOS ALIMENTOS: UM RISCO INVISÍVEL À SAÚDE	29
CAPÍTULO IV. CONSUMO DE PRODUTOS CÁRNEOS E EXPOSIÇÃO A NITRITOS E NITRATOS: PRINCÍPIOS DA RELAÇÃO COM O CÂNCER COLORRETAL EM ADULTOS.....	42
CAPÍTULO V. ANÁLISE DA EXPOSIÇÃO PRECOCE A ADITIVOS QUÍMICOS NA PRIMEIRA INFÂNCIA DECORRENTE DO COMPORTAMENTO ALIMENTAR	53
CAPÍTULO VI. <i>STAPHYLOCOCCUS</i> SPP. NA CADEIA PRODUTIVA DO LEITE: UMA ABORDAGEM SOB A PERSPECTIVA DE ONE HEALTH.....	67
CAPÍTULO VII. <i>ESCHERICHIA COLI</i> EM DOENÇAS DE TRANSMISSÃO HÍDRICA E ALIMENTAR: ASPECTOS EPIDEMIOLÓGICOS, MICROBIOLÓGICOS E CLÍNICOS.....	82
CAPÍTULO VIII. DOENÇA DE CHAGAS: CONTAMINAÇÃO ALIMENTAR E PREVENÇÃO SOB A PERSPECTIVA DA SAÚDE ÚNICA.....	92
CAPÍTULO IX. KOMBUCHA E KEFIR DE LEITE: UM OLHAR COMPARATIVO SOBRE MICRORGANISMOS E SEU POTENCIAL FUNCIONAL.....	105
CAPÍTULO X. BEBIDAS FERMENTADAS NÃO LÁCTEAS: ALTERNATIVA PARA INDIVÍDUOS COM INTOLERÂNCIA À LACTOSE E ALERGIA ÀS PROTEÍNAS DO LEITE	115
CAPÍTULO XI. DISBIOSE INDUZIDA POR FÁRMACOS E SUAS REPERCUSSÕES NO EIXO INTESTINO-CÉREBRO: ESTRATÉGIAS NUTRICIONAIS PARA MODULAÇÃO DA MICROBIOTA INTESTINAL	130
CAPÍTULO XII. BREVES CONSIDERAÇÕES SOBRE O CONSUMO ALIMENTAR E MODULAÇÃO DA MICROBIOTA INTESTINAL NA PROMOÇÃO DA LONGEVIDADE	144
CAPÍTULO XIII. MECANISMOS FISIOLÓGICOS DOS ANÁLOGOS DO PEPTÍDEO SEMELHANTE AO GLUCAGON-1 (GLP 1) E SUAS IMPLICAÇÕES NO COMPORTAMENTO ALIMENTAR.....	158
CAPÍTULO XIV. ESTRATÉGIAS NUTRICIONAIS NA PREVENÇÃO DA PERDA DE MASSA MUSCULAR EM PACIENTES EM USO DE TIRZEPATIDA	167

CAPÍTULO XV. PROTOCOLO NUTRICIONAL PARA O MANEJO DO LIPEDEMA: ABORDAGEM CLÍNICA E ESTRATÉGIAS DE INTERVENÇÃO.....	182
CAPÍTULO XVI. BREVES IMPRESSÕES SOBRE OS EFEITOS DO CONSUMO DE FÓSFORO OCULTO EM ALIMENTOS ULTRAPROCESSADOS PARA PACIENTES COM DOENÇA RENAL CRÔNICA (DRC)	192
CAPÍTULO XVII. ESTRATÉGIAS DE HIDRATAÇÃO E SUA INFLUÊNCIA NO DESEMPENHO DE ATLETAS DO CAMPEONATO PERNAMBUCANO DE FUTEBOL.....	200

CAPÍTULO I

A RITUALIDADE GASTRONÓMICA E A DEAMBULAÇÃO URBANA: A CULTURA DAS TAPAS EM GRANADA COMO PATRIMÓNIO, IDENTIDADE E PRÁTICA SOCIAL

GASTRONOMIC RITUALITY AND URBAN WANDERING: THE CULTURE OF TAPAS IN GRANADA AS HERITAGE, IDENTITY, AND SOCIAL PRACTICE

DOI: 10.51859/ampla.cnc6385-1

Fernando José Sadio-Ramos ¹

¹ Professor/ Investigador na Universidade Politécnica de Coimbra e investigador no Instituto de Estudos Filosóficos da Universidade de Coimbra.

RESUMO

O presente capítulo analisa a centralidade da cultura das tapas e da deambulação urbana em Granada como eixos estruturantes da identidade, do turismo e da sociabilidade contemporânea na cidade andaluza. Partindo de um enquadramento que cruza as Humanidades, a Sociologia Urbana e a Antropologia da Alimentação, examina-se como o rico património histórico granadino — encarnado em marcos monumentais como a Alhambra, o Generalife, a Catedral, o Albayzín e o Sacromonte — dialoga com uma pujante e ativa vida urbana (movida). Analisa-se a singularidade do modelo granadino de tapeo, no qual a bebida encomendada se acompanha invariavelmente de um petisco gratuito, evolutivo em termos de complexidade e saciedade. Conclui-se que o exercício deambulatorio e a partilha da tapa constituem um código cultural vivo, profundamente enraizado tanto na população autóctone quanto na experiência turística, erigindo-se como uma autêntica marca de orgulho cívico.

Palavras-chave: Granada. Cultura das tapas. Património urbano. Sociabilidade alimentar. Turismo cultural. Deambulação.

ABSTRACT

This chapter analyzes the centrality of tapas culture and urban wandering in Granada as structuring axes of identity, tourism, and contemporary sociability in the Andalusian city. Starting from a framework that intersects the Humanities, Urban Sociology, and the Anthropology of Food, it examines how Granada's rich historical heritage — embodied in monumental landmarks such as the Alhambra, the Generalife, the Cathedral, the Albayzín, and the Sacromonte — dialogues with a vibrant and active urban life (movida). The uniqueness of the Granadian tapeo model is analyzed, in which the ordered drink is invariably accompanied by a complimentary snack that evolves in terms of complexity and satiating capacity. It is concluded that the wandering exercise and the sharing of tapas constitute a living cultural code, deeply rooted in both the autochthonous population and the tourist experience, standing as an authentic mark of civic pride.

Keywords: Granada. Tapas culture. Urban heritage. Food sociability. Cultural tourism. Wandering.

1. INTRODUÇÃO

Granada ergue-se atualmente como um dos polos de maior dinamismo turístico, cultural e científico do sul da Europa (García, 2018). A sua monumentalidade histórica — consubstanciada em ícones arquitetónicos de ressonância universal como a Alhambra e o Generalife, a Capela Real, a Catedral, o labiríntico e mourisco bairro do Albayzín, o místico Sacromonte, o pitoresco Paseo de los Tristes, a majestosa Gran Vía, o Triunfo e o imponente Hospital Real — conjuga-se com uma Universidade de prestígio secular (fará 500 anos em 2031) e uma intensa atividade nos domínios da ciência e da saúde (Martínez Alés, 2020). Contudo, para além do peso do seu património edificado, a alma de Granada vibra nas suas ruas através de uma movida quotidiana incessante, onde a população local e os visitantes convergem num ritual coletivo de convívio, deambulação e partilha gastronómica (Medina, 2019).

No coração desta vivência urbana encontra-se a célebre cultura das tapas, um traço identitário distintivo que diferencia Granada no panorama gastronómico ibérico (Contreras & Gracia, 2005). Diferente de outras regiões onde o petisco constitui um artigo comercializado à parte, o modelo granadino mantém viva a tradição consuetudinária de oferecer gratuitamente uma iguaria culinária com cada bebida solicitada (Pérez Galacho, 2015). Este capítulo propõe uma reflexão a partir das Humanidades e da Antropologia Urbana sobre o fenómeno do **tapeo** granadino, perspetivando-o não apenas como uma prática de consumo alimentar, mas como um sofisticado ritual de sociabilidade, um vetor de atração turística de primeira ordem e um símbolo identitário inegociável da cidadania granadina (Fischler, 1995; Poulain, 2002).

2. A PAISAGEM URBANA E O PATRIMÓNIO: O CENÁRIO DA DEAMBULAÇÃO

A experiência de deambular por Granada (el paseo) constitui uma performance cultural que dialoga permanentemente com a monumentalidade da cidade (Choay, 2000). A topografia urbana, marcada pelas faldas de Sierra Nevada e pelas colinas históricas da Alhambra e do Albayzín, convida a um percurso pedonal que estimula os sentidos (Gómez Mendoza, 2016). A circulação contínua de multidões pelas ruas — desde a animada Gran Vía até aos recantos sombreados do Paseo de los Tristes — revela uma urbe vibrante, onde o

passado andalusí e renascentista se funde com o pulsar dinâmico de uma cidade universitária e cosmopolita (Malpica Cuello, 2011).

A deambulação urbana em Granada não é um mero deslocamento funcional; é um ato deliberado de apropriação do espaço público na aceção defendida por Bauman (2003) e Careri (2002). O flâneur granadino e o visitante partilham o mesmo ritmo de descobrimento, alternando a contemplação estética dos monumentos com a entrada sucessiva em estabelecimentos de restauração (Baudelaire, 1996). É neste trânsito contínuo entre o espaço patrimonial monumental e o espaço íntimo das tabernas e bares que se manifesta a vitalidade da cultura urbana local (Garcia Canclini, 2005).

3. A ANATOMIA DO TAPEO GRANADINO: RITUAL, EVOLUÇÃO E CRIATIVIDADE

O sistema de tapas em Granada rege-se por regras informais mas estritamente cumpridas que estruturam a economia da hospitalidade e o convívio social (Mennell, 1996). O funcionamento básico assenta num princípio elementar examinado por etnógrafos da alimentação: pede-se uma bebida (seja uma cerveja bem tirada, um vinho da terra ou um refresco) e, de forma automática e sem acréscimo no preço, o estabelecimento serve um petisco (la tapa) (López Cantos, 2002).

Este modelo desdobra-se em dimensões de notável interesse antropológico e gastronómico:

A Progressão Qualitativa e Saciante: Ao contrário de um modelo estático, o tapeo granadino caracteriza-se pela sua natureza evolutiva (Vargas, 2014). À medida que o cliente consome a primeira, a segunda e as subsequentes bebidas, a complexidade, o volume e a elaboração da tapa tendem a aumentar (Pérez Galacho, 2015). Se o primeiro copo é acompanhado por um aperitivo simples (como azeitonas, amendoins ou batatas fritas artesanais), os pedidos seguintes desbloqueiam petiscos substanciais que podem ir desde mini-hambúrgueres, croquetes caseiros e montaditos até porções generosas de paella, peixe frito ou carnes em molho, transformando o ato de petiscar numa refeição completa (Medina, 2019).

A Criatividade Sem Limites nas Cartas e Menús: A concorrência saudável entre os estabelecimentos estimula uma permanente inovação culinária (Auditorium, 2017). As cartas e os menús de tapas são praticamente ilimitados, refletindo a inventividade dos chefes e

proprietários de bares (Fernández García, 2020). Cada estabelecimento procura distinguir-se através de especialidades da casa, reinterpretando a tradição andaluza com influências contemporâneas e internacionais, garantindo que a surpresa seja uma constante para quem consome (Contreras & Gracia, 2005).

A Prática do "De-bar-rio" (Ir de Tapas): O hábito de circular por diferentes estabelecimentos numa mesma noite — o chamado ir de tapeo — promove uma sociabilidade dinâmica teorizada nos estudos de sociologia do lazer (Simmel, 2006; Maffesoli, 1996). Os grupos de amigos, famílias e turistas deslocam-se de bar em bar, consumindo em pé ao balcão ou sentados em esplanadas exíguas, num exercício coletivo de partilha e conversa que prolonga as horas de lazer pela noite adentro (García, 2018).

4. AS TAPAS COMO MARCA DE IDENTIDADE E ORGULHO CÍVICO

A cultura das tapas em Granada transcende largamente a vertente económica ou puramente alimentar; constitui um pilar fundamental da identidade coletiva e do orgulho cívico dos granadinos (Hobsbawm & Ranger, 1984; Geertz, 1989). Para os habitantes locais, o bar de tapas funciona como uma extensão da própria habitação — um espaço público de socialização onde se discutem os assuntos do quotidiano, se celebram amizades e se reforça o sentido de pertença comunitária (Seth, 2015).

A capacidade de manter a tradição da tapa gratuita, num contexto europeu onde a inflação e a turistificação massiva tendem a mercantilizar cada serviço, é vivida pelos naturais de Granada como um distintivo de honra (Delgado, 2016). É uma afirmação cultural de que a hospitalidade e a generosidade continuam a ser valores centrais na sociedade andaluza (Pitt-Rivers, 1971). Ao mesmo tempo, para os milhares de turistas que afluem à cidade atraídos pelo seu património histórico, o tapeo oferece uma imersão autêntica no modo de vida local, convertendo-se numa das recordações mais duradouras da sua experiência em Granada (Urry, 2002; MacCannell, 1999).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A simbiose entre o monumental património histórico de Granada e a efervescência da sua cultura das tapas cria um ecossistema urbano único no Mediterrâneo (Choay, 2000; García, 2018). A deambulação pelas ruas da cidade, pontuada pelo ritual generoso e inventivo

do tapeo, demonstra que a herança cultural de uma comunidade se manifesta tanto na pedra secular dos seus monumentos quanto nos hábitos vivos e partilhados à volta de uma mesa ou de um balcão (Careri, 2002; Poulain, 2002). A cultura das tapas granadina consolida-se, assim, como um património imaterial vivo, dinâmico e profundamente gerador de coesão social e orgulho cívico (Prats, 2005).

REFERÊNCIAS

- Auditorium. (2017). *Tendencias gastronómicas en la España del Sur*. Editorial Gastronomía y Cultura.
- Baudelaire, C. (1996). *O Pintor da Vida Moderna*. Relógio d'Água.
- Bauman, Z. (2003). *Cidade Temores, Cidade Esperanças*. Edições Afrontamento.
- Careri, F. (2002). *Walkscapes: O caminhar como prática estética*. Gustavo Gili.
- Choay, F. (2000). *A Alegoria do Património*. Edições 70.
- Contreras, J., & Gracia, M. (2005). *Alimentación y Cultura: Perspectivas antropológicas*. Ariel.
- Delgado, M. (2016). *El espacio público como ideología*. Catarata.
- Fernández García, M. (2020). Innovación y tradición en la cocina andaluza contemporánea. *Revista de Antropología Iberoamericana*, 15(2), 145–168.
- Fischler, C. (1995). *L'Homnivore: Le goût, la cuisine et le corps*. O. Jacob.
- García, J. L. (2018). Granada: Patrimonio, turismo y dinámicas metropolitanas. *Cuadernos Geográficos*, 57(1), 89–112.
- Garcia Canclini, N. (2005). *Diferentes, desiguais e desconectados: Mapas da interculturalidade*. Editora UFRJ.
- Geertz, C. (1989). *A Interpretação das Culturas*. Zahar Editores.
- Gómez Mendoza, J. (2016). Paisaje urbano y percepción en las ciudades históricas andaluzas. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 36(2), 233–256.
- Hobsbawm, E., & Ranger, T. (Eds.). (1984). *The Invention of Tradition*. Cambridge University Press.
- López Cantos, M. (2002). *La mesa puesta: Antropología de la alimentación en Andalucía*. Fundación José Manuel Lara.
- MacCannell, D. (1999). *The Tourist: A New Theory of the Leisure Class*. University of California Press.

- Maffesoli, M. (1996). *No Fundo das Aparências*. Editora Vozes.
- Malpica Cuello, A. (2011). *El legado almohade y nazarí en el urbanismo de Granada*. Universidad de Granada.
- Martínez Alés, G. (2020). Ciencia, biomedicina y desarrollo en el Parque Tecnológico de la Salud de Granada. *Gaceta Sanitaria*, 34(4), 310–315.
- Medina, F. X. (2019). *Alimentación, cultura y sociedad en el sur de Europa*. Icaria Editorial.
- Mennell, S. (1996). *All Manners of Food: Eating and Taste in England and France from the Middle Ages to the Present*. University of Illinois Press.
- Pérez Galacho, M. (2015). El fenómeno del tapeo en Andalucía: De la sociabilidad tradicional al reclamo turístico. *Pasos: Revista de Turismo y Patrimonio Cultural*, 13(3), 611–624.
- Pitt-Rivers, J. (1971). *The People of the Sierra*. University of Chicago Press.
- Poulain, J.-P. (2002). *Sociologies de l'alimentation: Les mangeurs et l'espace social alimentaire*. Presses Universitaires de France.
- Prats, L. (2005). Concepto y gestión del patrimonio local. *Cuadernos de Antropología Social*, 21, 17–36.
- Sethi, P. (2015). *The Cultural Politics of Food, Taste, and Identity*. Bloomsbury Academic.
- Simmel, G. (2006). *The Sociology of Georg Simmel*. Free Press.
- Urry, J. (2002). *The Tourist Gaze* (2nd ed.). SAGE Publications.
- Vargas, R. (2014). Arquitectura de los bares y rituales de consumo en Granada. *Gazeta de Antropología*, 30(1), 10–22.

CAPÍTULO II

POTENCIAL NUTRICIONAL DA LENTILHA-D'ÁGUA (*LEMNA MINOR*) E DA PITAYA NO DESENVOLVIMENTO DE KOMBUCHA

NUTRITIONAL POTENTIAL OF DUCKWEED (*LEMNA MINOR*) AND PITAYA IN THE DEVELOPMENT OF KOMBUCHA

DOI: 10.51859/amplla.cnc6385-2

Otávio Augusto Oliveira Viana¹

Gabriel Miguel de Lima¹

Tercilio Calsa Junior²

Maria Clara Pestana Calsa³

¹ Graduandos do curso de Nutrição, Centro Universitário Maurício de Nassau — UNINASSAU, Recife, Pernambuco, Brasil.

² Doutor em Ciências pelo Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo (CENA/USP). Professor da Universidade Federal de Pernambuco — UFPE, Recife, Pernambuco, Brasil.

³ Doutora em Ciências pelo Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo (CENA/USP). Professora do curso de Nutrição do Centro Universitário Maurício de Nassau — UNINASSAU, Recife, Pernambuco, Brasil.

RESUMO

A kombucha é uma bebida fermentada produzida tradicionalmente a partir da infusão adoçada de *Camellia sinensis* (planta do chá) por meio da ação simbiótica de leveduras e bactérias acéticas integradas no SCOBY (*Symbiotic Culture of Bacteria and Yeast*). A incorporação de matrizes vegetais alternativas busca diversificar as propriedades nutricionais, funcionais e sensoriais do produto final. A *Lemna minor* (lentilha-d'água) destaca-se como aditivo de elevado valor nutricional, caracterizada por um teor proteico expressivo, perfil equilibrado de aminoácidos essenciais, minerais como potássio, cálcio e magnésio, fibras alimentares, ácidos graxos poli-insaturados e compostos fenólicos. Complementarmente, a pitaya (*Hylocereus undatus*) atua como aditivo rico em carboidratos fermentáveis (glicose e frutose), fibras solúveis, ácidos orgânicos, minerais e pigmentos betalaínicos (especialmente betacianinas) dotados de reconhecida capacidade antioxidante. A sinergia entre esses dois ingredientes em uma matriz fermentativa pode alterar a oferta de substratos para os microrganismos, influenciando o perfil metabólico e a retenção de metabólitos bioativos após a acidificação. Diante desse contexto, este estudo terá como objetivo avaliar o potencial nutricional de *Lemna minor* e da pitaya em uma formulação de

kombucha, considerando as alterações decorrentes do processo fermentativo. Parâmetros nutricionais e características físico-químicas serão investigados.

Palavras-chave: SCOBY. bactérias acéticas. compostos fenólicos. pigmentos betalaínicos. matrizes vegetais. processo fermentativo.

ABSTRACT

Kombucha is a fermented beverage traditionally produced from a sweetened infusion of *Camellia sinensis* through the symbiotic action of yeasts and acetic acid bacteria integrated into the SCOBY (*Symbiotic Culture of Bacteria and Yeast*). The incorporation of alternative plant matrices seeks to diversify the nutritional, functional, and sensory properties of the final product. *Lemna minor* (duckweed) stands out as an additive with high nutritional value, characterized by a significant protein content, a balanced profile of essential amino acids, minerals such as potassium, calcium, and magnesium, dietary fibers, polyunsaturated fatty acids, and phenolic compounds. Complementarily, pitaya (*Hylocereus undatus*) acts as an additive rich in fermentable carbohydrates (glucose and fructose), soluble fibers, organic acids, minerals, and betalain pigments (especially betacyanins) with recognized antioxidant capacity. The synergy between these two ingredients in a

fermentative matrix can alter substrate availability for microorganisms, influencing the metabolic profile and the retention of bioactive metabolites following acidification. In this context, this study aims to evaluate the nutritional potential of *Lemna minor* and pitaya in a kombucha formulation, considering changes resulting from the

fermentation process. Nutritional parameters and physicochemical characteristics will be investigated.

Keywords: SCOBY. acetic acid bacteria. phenolic compounds. betalain pigments. plant matrices. fermentation process.

1. INTRODUÇÃO

A kombucha é uma bebida fermentada tradicionalmente preparada com uma infusão adoçada de folhas de *Camellia sinensis*. Sua produção depende da atividade microbiológica conjunta de leveduras e bactérias presentes no SCOBY, sigla para *Symbiotic Culture of Bacteria and Yeast*. Durante a fermentação, as leveduras hidrolisam os açúcares presentes no meio para gerar etanol, dióxido de carbono e metabólitos secundários, enquanto as bactérias acéticas oxidam o etanol residual e produzem ácidos orgânicos essenciais. Tais transformações químicas promovem o aumento da acidez, a redução do pH e o desenvolvimento do perfil sensorial característico da bebida (Jayabalan et al., 2014; Ojo e De Smidt, 2023). A fermentação não resulta em uma matriz de composição química fixa. O produto final é condicionado por variáveis como o tipo de chá empregado, a concentração de sacarose, a microbiota do SCOBY, a temperatura, o tempo de incubação e a oxigenação. Nesse sentido, matrizes vegetais alternativas podem ser incorporadas à formulação para modulação de parâmetros físico-químicos, perfil de ácidos orgânicos, compostos voláteis e capacidade antioxidante (Wu et al., 2023; Tu et al., 2024).

A *Lemna minor* apresenta rápido crescimento e expressiva eficiência de conversão em biomassa. Dependendo das condições metabólicas e de cultivo, sua composição nutricional pode conter teores significativos de proteínas, aminoácidos, minerais, fibras e compostos lipídicos. Essas propriedades conferem a essa matriz vegetal grande apelo tecnológico para a formulação de alimentos funcionais, embora sua composição nutricional sofra variações diretas em função da disponibilidade de nutrientes, luminosidade, temperatura e parâmetros da água de cultivo (Sosa et al., 2024).

A pitaya (*Hylocereus undatus*) destaca-se pelo elevado teor de água, açúcares solúveis, minerais, fibras e compostos bioativos. As betalaínas, especialmente as betacianinas, conferem coloração avermelhada ou arroxeada e trazem apelo visual e funcional ao produto final. Contudo, a estabilidade desses pigmentos e a retenção de compostos fenólicos

dependem do grau de maturação do fruto, do pH do meio, da temperatura e da oxigenação ao longo da fermentação (Cordeiro et al., 2015; Mello et al., 2015).

A adição simultânea de *Lemna minor* e pitaya à kombucha altera a matriz fermentativa. A biomassa de *Lemna minor* contribui prioritariamente com frações proteicas, minerais e elementos estruturais, ao passo que a pitaya fornece carboidratos fermentáveis, ácidos orgânicos, pigmentos naturais e polifenóis. A fermentação microbiana pode consumir, biotransformar ou degradar parcialmente esses constituintes ao longo do tempo. Diante desse contexto, o objetivo proposto é avaliar o potencial nutricional de *Lemna minor* e da pitaya no desenvolvimento da kombucha.

2. METODOLOGIA

O presente estudo trata-se de uma revisão bibliográfica da literatura, que possui caráter qualitativo com o objetivo de analisar a literatura científica e discutir sobre as propriedades funcionais da de *Lemna minor* e da pitaya para ser utilizada no desenvolvimento da kombucha.

Foram considerados os artigos publicados entre 2021 e 2026, de acordo com os critérios de inclusão estabelecidos para a pesquisa. As buscas foram feitas nas bases de dados Portal de periódicos da CAPES, PubMed e SciELO. Foram utilizados os seguintes Descritores em Ciência da Saúde (DeCS): “kombucha”, “*lemna*” e “pitaya”. Para combinar os descritores e selecionar os artigos mais relevantes foi utilizado o operador booleano AND.

Como critérios de inclusão foram considerados artigos científicos publicados em inglês e português, nos últimos 5 anos que abordassem o tema da pesquisa. Como se trata de uma revisão bibliográfica da literatura não foi preciso aprovação pelo comitê de ética.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. KOMBUCHA E PROCESSO FERMENTATIVO

A fabricação da kombucha fundamenta-se na fermentação de uma infusão aquosa adoçada, tradicionalmente preparada com chá verde ou chá preto, ambos obtidos das folhas de *Camellia sinensis*. A sacarose atua como fonte primária de carbono para o metabolismo microbiano, enquanto o substrato vegetal fornece minerais, cafeína, teofilina e polifenóis (principalmente catequinas), os quais passam por transformações enzimáticas ao longo da fermentação (Jayabalan et al., 2014; Sobrinho et al., 2021).

O processo inicia-se com a extração aquosa dos compostos do chá sob aquecimento, seguida da dissolução do açúcar e do resfriamento da mistura até temperatura ambiente. Em seguida, adiciona-se o líquido de arranque (*starter*), previamente acidificado, com o objetivo de reduzir o pH inicial do meio e inibir o crescimento de microrganismos indesejados, estabelecendo condições favoráveis ao desenvolvimento da cultura fermentadora (Ojo e De Smidt, 2023).

No Brasil, a produção de kombucha é regulamentada pela Instrução Normativa nº 41/2019 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), que estabelece parâmetros físico-químicos para o produto, como pH entre 2,5 e 4,2, acidez volátil entre 30 e 130 mEq/L e teor alcoólico máximo de 0,5% (v/v) para bebidas não alcoólicas (Leonarski et al., 2026). Segundo essa mesma legislação, além do chá, da sacarose e do SCOBY, é permitida a adição de frutas, hortaliças, mel, fibras, vitaminas e outros ingredientes aprovados pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), o que abre espaço regulatório para formulações como a proposta neste estudo (Leonarski et al., 2026).

A comunidade microbiana da kombucha envolve interações sintróficas entre leveduras, como espécies dos gêneros *Saccharomyces*, *Zygosaccharomyces* e *Brettanomyces/Dekkera*, e bactérias acéticas, com predominância dos gêneros *Komagataeibacter*, *Acetobacter* e *Gluconobacter* (Sobrinho et al., 2021; Wu et al., 2023). As leveduras secretam a enzima invertase, responsável pela hidrólise da sacarose em glicose e frutose, que posteriormente são metabolizadas com formação de etanol e dióxido de carbono. Subsequentemente, as bactérias acéticas oxidam o etanol, formando ácido acético e outros ácidos orgânicos, além de participarem da síntese da celulose bacteriana que constitui a estrutura da cultura simbiótica de bactérias e leveduras (SCOBY, do inglês *symbiotic culture of bacteria and yeast*) (Ojo e De Smidt, 2023; Almeida et al., 2024). Essa interação é recíproca: o etanol produzido pelas leveduras auxilia as bactérias acéticas na produção de ácido acético, que, por sua vez, estimula a produção de etanol pelas leveduras (Ojo e De Smidt, 2023).

Durante o monitoramento fermentativo da kombucha produzida com o chá escuro prensado chinês Fu Brick (Fu Brick tea), Wu et al. (2023) observaram aumento dos teores de ácido acético e de polifenóis totais ao longo de 14 dias, enquanto o ácido glucurônico atingiu o máximo no sétimo dia e depois diminuiu. *Komagataeibacter* foi a bactéria predominante durante todo o processo, e a comunidade fúngica passou por sucessão: *Aspergillus* e

Zygosaccharomyces dominavam no início, e após três dias predominaram *Zygosaccharomyces* e *Dekkera*. Os autores também detectaram diferenças no perfil de compostos voláteis entre os tempos de fermentação, evidenciando que a duração do período fermentativo influencia a formação de ácidos orgânicos e dos compostos responsáveis pelo aroma e sabor da bebida (Wu et al., 2023).

A cinética fermentativa e o equilíbrio entre metabólitos dependem de fatores como a concentração inicial de sacarose, a temperatura de incubação e o tempo de fermentação (Jayabalan et al., 2014). O pH e o oxigênio dissolvido também influenciam a sucessão fúngica: *Dekkera* tolera baixa disponibilidade de oxigênio, enquanto *Zygosaccharomyces* requer algum suprimento (Wu et al., 2023). Dessa forma, a quantificação periódica do pH, da acidez titulável e do teor de sólidos solúveis (°Brix) é importante para o acompanhamento do processo e para a determinação do momento adequado de interrupção da fermentação (Yuliana et al., 2023; Tu et al., 2024).

Diversas matérias-primas vegetais podem ser utilizadas como substratos fermentáveis na elaboração de bebidas análogas à kombucha. A literatura cita a incorporação de sucos de frutas, como a uva tinta (Ayed et al., 2017), fonte de compostos bioativos como proantocianidinas, antocianinas e resveratrol (Zhou et al., 2022), e de extratos de macroalgas (Tu et al., 2024). A adição desses ingredientes alternativos pode alterar os açúcares e a acidez do produto fermentado (Tu et al., 2024).

Em uma bebida à base de *Sargassum fusiforme* (alga marrom conhecida como hijiki) fermentada com kombucha, Tu et al. (2024) observaram redução expressiva do pH, aumento da acidez titulável e elevação da capacidade de varredura de radicais livres. O mapeamento microbiológico revelou predominância de leveduras do gênero *Zygosaccharomyces* e bactérias dos gêneros *Komagataeibacter* e *Acetobacter*, sugerindo que o tipo de ingrediente introduzido pode influenciar a dinâmica microbiana e as propriedades organolépticas finais (Tu et al., 2024).

A utilização de subprodutos agroindustriais também representa uma alternativa para a formulação da bebida. Yuliana et al. (2023) investigaram a fermentação do mel de cacau para produção de kombucha e verificaram aumento na contagem de microrganismos viáveis, maior rendimento de massa celulósica, acréscimo na acidez e diminuição dos sólidos solúveis ao longo de oito dias de incubação, com a qualidade da bebida confirmada aos seis dias. Esse estudo reforça que o perfil físico-químico e a bioatividade da kombucha são influenciados pela

composição química da matéria-prima e pelo tempo de fermentação estabelecido (Yuliana et al., 2023).

Nesse contexto, a utilização de diferentes matérias-primas permite o desenvolvimento de formulações com características físico-químicas e sensoriais distintas. Na formulação proposta neste estudo, somam-se aos componentes tradicionais (infusão de chá verde, sacarose, SCOBY e *starter*) a biomassa de *Lemna minor* e a polpa de pitaya. A incorporação desses componentes busca explorar o potencial da biomassa vegetal e da fruta na elaboração de uma bebida fermentada, considerando as possíveis alterações na composição química, nas características sensoriais e no processo fermentativo.

3.2. SCOBY E MICRORGANISMOS DA KOMBUCHA

O SCOBY consiste em uma matriz simbiótica e multiespecífica na qual leveduras e bactérias acéticas coexistem em associação cooperativa. Alguns trabalhos também mencionam a presença de bacilos álcool-ácido resistentes (BAAR), denominação atribuída a bactérias que apresentam resistência à descoloração por soluções ácido-alcoólicas em técnicas específicas de coloração, devido às características de sua parede celular. A presença e a participação desses microrganismos podem variar conforme a origem do SCOBY e as condições de fermentação. Entre as leveduras comumente isoladas, destacam-se espécies dos gêneros *Saccharomyces*, *Zygosaccharomyces*, *Dekkera* e *Brettanomyces*; entre as bactérias acéticas, sobressaem-se os gêneros *Komagataeibacter*, *Acetobacter* e *Gluconobacter* (Ojo e De Smidt, 2023; Sobrinho et al., 2021).

As leveduras iniciam o processo fermentativo metabolizando os açúcares simples para sintetizar etanol, dióxido de carbono e ésteres aromáticos. O etanol gerado funciona como substrato metabólico para as bactérias acéticas, que o oxidam a ácido acético (Ojo e De Smidt, 2023). Essa interação trófica garante a manutenção da cadeia fermentativa e favorece o desenvolvimento de atributos sensoriais característicos na bebida. As bactérias acéticas demandam oxigênio dissolvido para converter o etanol em ácido acético e ácido glucônico por vias oxidativas. Paralelamente, espécies do gênero *Komagataeibacter* secretam nanofibras de celulose bacteriana extracelular, consolidando a estrutura flutuante da película do SCOBY (Sobrinho et al., 2021; Almeida et al., 2024). O acúmulo de ácidos orgânicos promove o declínio do pH, criando um ambiente seletivo que limita a sobrevivência de patógenos e contaminantes de deterioração.

A composição microbiológica do consórcio sofre variações expressivas durante o ciclo fermentativo. Ao analisarem a kombucha elaborada com o chá escuro prensado chinês Fu Brick (*Fu Brick tea*), Wu et al. (2023) identificaram *Komagataeibacter* como a bactéria acética dominante no meio. No domínio fúngico, observou-se a presença inicial de *Aspergillus* e *Zygosaccharomyces*, evoluindo para a predominância de *Zygosaccharomyces* e *Dekkera* nas fases avançadas (Wu et al., 2023). Modificações similares na comunidade microbiana foram constatadas por Tu et al. (2024) ao utilizarem matrizes vegetais não convencionais.

A estabilidade da cultura simbiótica deriva do mutualismo entre leveduras e bactérias acéticas. As leveduras fornecem nutrientes simples e etanol, enquanto as bactérias produzem ácidos orgânicos e uma rede de celulose que protege as células contra estresses ambientais (Ojo e De Smidt, 2023; Almeida et al., 2024). Esse equilíbrio sintrófico altera diretamente os parâmetros físico-químicos e a síntese de metabólitos secundários no meio fermentado. A película celulósica sintetizada pelas bactérias acéticas atua como suporte físico para a imobilização de bactérias e leveduras. Contudo, a abundância relativa de espécies na película difere daquela encontrada na fase líquida da kombucha (Sobrinho et al., 2021). Por essa razão, a origem do SCOBY e as condições operacionais de cultivo influenciam diretamente a reprodutibilidade dos parâmetros de fermentação (Ojo; De Smidt, 2023).

3.3. CHÁ VERDE, COMPOSTOS FENÓLICOS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE

O chá verde é obtido das folhas jovens de *Camellia sinensis* submetidas a processos térmicos que inativam as enzimas polifenoloxidasas, preservando elevadas concentrações de monômeros de flavan-3-óis, conhecidos como catequinas. A infusão também fornece cafeína, minerais e flavonoides glicosilados, que atuam como substratos para a microbiota durante a fermentação (Jayabalan et al., 2014; Oliveira et al., 2023). As catequinas são os principais metabólitos responsáveis pela adstringência e pelo potencial antioxidante do chá verde. Todavia, a concentração desses compostos no meio inicial depende de fatores de extração, tais como a proporção folha/água, a temperatura e o tempo de infusão (Oliveira et al., 2023). Variações nesses parâmetros alteram o perfil inicial de polifenóis disponíveis para o metabolismo microbiano.

A relação entre o extrato foliar de *Camellia sinensis* e o produto fermentado final envolve reações de biotransformação enzimática. Oliveira et al. (2023) demonstraram que, embora a infusão não fermentada apresente altos teores de compostos fenólicos nativos, o

processamento fermentativo via SCOBY promove a hidrólise de polifenóis complexos em moléculas de menor massa molar pela ação de enzimas microbianas (como esterases e glicosidases). Isso resulta em uma kombucha com menor pH, maior acidez titulável, perfil modificado de flavonoides e alterações na capacidade de eliminação de radicais livres em relação ao chá original (Oliveira et al., 2023; Wu et al., 2023). Durante a fermentação via SCOBY, enzimas de origem fúngica e bacteriana promovem a clivagem de ligações glicosídicas e a quebra de conjugados fenólicos, liberando formas livres de ácido gálico e catequinas modificadas (Wu et al., 2023). O aumento ou a manutenção do teor de polifenóis ao longo da incubação é influenciado pelo tipo de substrato, pelo pH do meio e pela duração da fermentação (Oliveira et al., 2023).

A quantificação da capacidade antioxidante de kombuchas exige cautela analítica. Métodos espectrofotométricos — como o ensaio de varredura do radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH), a descoloração do cátion radical do ácido 2,2'-azino-bis(3-etilbenzotiazolina-6-sulfônico) (ABTS) e a determinação de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) para mensuração da peroxidação lipídica — mensuram mecanismos de transferência de elétrons ou prótons *in vitro*. Portanto, esses ensaios químicos retratam a reatividade da matriz frente a reagentes específicos e não devem ser interpretados como prova direta de efeitos terapêuticos *in vivo* (Oliveira et al., 2023).

3.4. USO DE DIFERENTES MATÉRIAS-PRIMAS EM KOMBUCHAS

A diversificação dos substratos empregados na elaboração de kombuchas possibilita o desenvolvimento de bebidas com características nutricionais e organolépticas diferenciadas. A inclusão de extratos vegetais, polpas de frutas e subprodutos da indústria alimentícia modifica a oferta de açúcares, minerais, micronutrientes e compostos bioativos para o consórcio microbiano (Yuliana et al., 2023; Tu et al., 2024).

A adição de matrizes frutícolas pode incrementar o teor de glicose, frutose e sacarose fermentáveis no meio, alterando, potencialmente, as taxas de conversão metabólica das leveduras e das bactérias acéticas (Wu et al., 2023). Essa suplementação de carboidratos pode influenciar a síntese de etanol, a produção de acidez volátil e a geração de ésteres aromáticos (Tu et al., 2024).

Nos estudos de Wu et al. (2023) e Tu et al. (2024), realizados com substratos específicos, a alteração da matriz vegetal esteve associada a mudanças na sucessão ecológica

da microbiota do SCOBY e no perfil de ácidos orgânicos e compostos voláteis dos produtos avaliados. A incorporação de novos ingredientes vegetais demanda a avaliação prévia de sua viabilidade tecnológica (Yuliana et al., 2023; Sobrinho et al., 2021).

No cenário brasileiro, a diversidade de frutas nativas também tem sido explorada na produção de kombuchas análogas. Estudos conduzidos no país utilizaram pitanga, umbu-cajá, acerola, cupuaçu, taperebá e bacuri, entre outras matérias-primas regionais, predominantemente das regiões Nordeste e Sul do Brasil, e observaram, de modo geral, aumento do teor de compostos fenólicos totais e da atividade antioxidante ao longo da fermentação, independentemente do tipo de extrato utilizado (Leonarski et al., 2026). Os principais microrganismos identificados nesses estudos incluem a levedura *Brettanomyces bruxellensis* e bactérias do gênero *Komagataeibacter*, corroborando a predominância desses táxons já relatada para a kombucha tradicional (Leonarski et al., 2026).

Sob a ótica da composição nutricional, a substituição ou suplementação do meio tradicional por matérias-primas vegetais pode enriquecer a matriz com novos macronutrientes e micronutrientes. Conforme a matéria-prima utilizada, substratos alternativos podem introduzir frações adicionais de carboidratos solúveis, ácidos orgânicos, compostos nitrogenados, polifenóis e minerais essenciais, com possível alteração do valor nutricional global da bebida (Cordeiro et al., 2015; Sosa et al., 2024).

3.5. CARACTERÍSTICAS E POTENCIAL NUTRICIONAL DA LEMNA MINOR

A *Lemna minor* é uma angiosperma aquática de porte reduzido com elevada capacidade de multiplicação vegetativa e acúmulo de biomassa. Essas propriedades botânicas justificam o interesse científico na espécie como fonte promissora de ingredientes de valor nutricional para a formulação de alimentos e bebidas inovadoras (Sosa et al., 2024).

A biomassa seca de *Lemna minor* caracteriza-se por uma composição nutricional concentrada, apresentando teores significativos de proteínas brutas, minerais e fibras, com baixa proporção de sólidos solúveis simples (°Brix). A anatomia da planta favorece a absorção direta de nutrientes da coluna de água. Entretanto, essa característica requer controle rigoroso do meio de cultivo para evitar a bioacumulação de elementos traço indesejáveis ou contaminantes químicos e microbiológicos (Sosa et al., 2024).

Sosa et al. (2024) destacam que a composição centesimal e o valor nutricional de *Lemna minor* flutuam de acordo com o manejo abiótico e a disponibilidade de nitrogênio e

fósforo no sistema de cultivo. Dessa forma, a caracterização analítica prévia da biomassa é essencial para garantir a padronização e a segurança do ingrediente (Sosa et al., 2024).

A forma de incorporação da planta — seja como biomassa fresca integral, extrato aquoso filtrado ou farinha desidratada — altera o rendimento e a solubilização de proteínas, minerais e polifenóis na bebida (Sosa et al., 2024). Etapas de separação física, como a filtração do extrato, reduzem a carga de sólidos em suspensão e atenuam a turbidez residual do produto (Sosa et al., 2024).

A composição nutricional da *Lemna minor* pode variar conforme a espécie, as condições de cultivo e a forma de apresentação da biomassa, fresca ou seca. O trabalho de Sosa et al. (2024) descreve a espécie como fonte potencial de proteínas, minerais, fibras, ácidos graxos e compostos bioativos, mas ressalta a necessidade de caracterização analítica e de avaliação da segurança antes de sua aplicação em alimentos.

3.6. POTENCIAL NUTRICIONAL E FUNCIONAL DA PITAYA

A pitaya de polpa vermelha, incluindo espécies como *Hylocereus polyrhizus* e *Hylocereus undatus*, destaca-se pelo seu perfil físico-químico e apelo tecnológico para a formulação de bebidas fermentadas (Cordeiro et al., 2015; Mello et al., 2015). A polpa do fruto apresenta elevada concentração de sólidos solúveis (10 a 13 °Brix), constituída predominantemente por açúcares redutores (glicose e frutose), além de fibras solúveis (pectinas), ácidos orgânicos (ácido cítrico e málico) e minerais como potássio, fósforo, cálcio e ferro (Cordeiro et al., 2015).

As características químicas do fruto oscilam conforme o estágio de maturação no momento da colheita. Frutos em estádios avançados de maturação exibem maior concentração de açúcares solúveis e menor acidez titulável, influenciando o aporte inicial de carboidratos para a fermentação (Cordeiro et al., 2015). Mello et al. (2015) relatam que as betalaínas presentes na pitaya (*Hylocereus undatus*) são pigmentos nitrogenados solúveis em água com expressiva capacidade de varredura de radicais livres *in vitro*. A estabilidade térmica e cromática dessas moléculas é dependente do pH e da presença de oxigênio no meio (Mello et al., 2015).

Mello et al. (2015) observaram que o epicarpo (casca) da pitaya contém compostos fenólicos totais e betalaínas, apresentando atividade antioxidante em ensaios laboratoriais. A degradação desses pigmentos pode ser acelerada por alterações de temperatura e exposição

prolongada à luz (Mello et al., 2015). A classe das betalaínas subdivide-se em betacianinas (pigmentos vermelho-púrpura, como a betanina, isobetanina e filocactina) e betaxantinas (pigmentos amarelo-alaranjados) (Mello et al., 2015).

Além das betalaínas, a pitaya contém substâncias fenólicas específicas, como os ácidos gálico, protocatéquico e vanílico, que contribuem para o perfil bioativo da fruta (Cordeiro et al., 2015; Mello et al., 2015). A incorporação da pitaya ao meio de fermentação exige o monitoramento rigoroso da estabilidade desses pigmentos sensíveis ao pH ácido e às condições redox do meio ao longo da fermentação (Cordeiro et al., 2015; Mello et al., 2015).

3.7. PROPRIEDADES BIOATIVAS DA KOMBUCHA

Além de seu papel como matriz para incorporação de novos ingredientes, a kombucha convencional já é associada, em estudos in vitro e em modelos animais, a diversas atividades biológicas, atribuídas principalmente aos polifenóis e aos ácidos orgânicos presentes na bebida (Onsun et al., 2025; Pereira, 2026). Entre essas atividades relatadas na literatura destacam-se efeitos antioxidantes, antimicrobianos frente a bactérias entéricas patogênicas, além de indícios preliminares de efeitos antidiabéticos e hipocolesterolêmicos (Onsun et al., 2025). Contudo, a maior parte dessas evidências provém de ensaios in vitro ou de modelos animais, sendo ainda escassos os estudos clínicos controlados em humanos, o que reforça a necessidade de cautela na atribuição de propriedades funcionais à bebida antes da obtenção de resultados experimentais próprios (Onsun et al., 2025; Pereira, 2026).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A *Lemna minor* e a pitaya apresentam características que justificam sua investigação como matérias-primas para a kombucha. A *Lemna minor* pode fornecer biomassa e componentes nutricionais, enquanto a pitaya pode contribuir com açúcares, ácidos orgânicos, pigmentos e compostos fenólicos. A fermentação poderá modificar esses componentes e produzir alterações no perfil químico e sensorial da bebida.

Os estudos utilizados nesta revisão mostram que a kombucha pode ser produzida com diferentes substratos e que o tipo de matéria-prima influencia a comunidade microbiana, os ácidos orgânicos, os compostos voláteis, a cor e a atividade antioxidante. Por isso, a combinação de *L. minor* e pitaya deverá ser avaliada de forma experimental, sem pressupor superioridade nutricional, segurança ou benefício à saúde antes dos resultados.

REFERÊNCIAS

- AYED, L.; BEN ABID, S.; HAMDI, M. Development of a beverage from red grape juice fermented with the kombucha consortium. **Annals of Microbiology**, [S. l.], v. 67, n. 1, p. 111-121, 2017. DOI: 10.1007/s13213-016-1242-2.
- ALMEIDA, A. R. et al. Produção de celulose bacteriana (CB) em diferentes meios a partir de culturas de kombucha. **Food Science Today**, v. 3, n. 1, p. 20-25, 2024. DOI: <https://doi.org/10.58951/fstoday.2024.004>.
- CORDEIRO, M. H. M. et al. Caracterização física, química e nutricional da pitaia-rosa de polpa vermelha. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 37, n. 1, p. 20-26, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/0100-2945-046/14>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/JnjYttFV8kg87dHbZQzrg8n/?lang=pt>. Acesso em: 15 set. 2026.
- JAYABALAN, R. et al. A review on kombucha tea-microbiology, composition, fermentation, beneficial effects, toxicity, and tea fungus. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 13, p. 538-550, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12073>. Acesso em: 15 set. 2026.
- LEONARSKI, E. et al. Kombucha production using raw materials from Brazil. **Frontiers in Nutrition**, v. 13, 1770255, 2026. DOI: <https://doi.org/10.3389/fnut.2026.1770255>. Acesso em: 25 set. 2026.
- MELLO, F. R. et al. Antioxidant properties, quantification and stability of betalains from pitaya (*Hylocereus undatus*) peel. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 2, p. 323-328, 2015. DOI: 10.1590/0103-8478cr20140548. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/WHKzmR4pyrNxNKfhsxBfTDf/?lang=en>. Acesso em: 15 set. 2026.
- OJO, A. O.; DE SMIDT, O. Microbial composition, bioactive compounds, potential benefits and risks associated with kombucha: a concise review. **Fermentation**, v. 9, n. 5, 472, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/fermentation9050472>. Acesso em: 15 set. 2026.
- OLIVEIRA, J. T. et al. Green tea and kombucha characterization: phenolic composition, antioxidant capacity and enzymatic inhibition potential. **Food Chemistry**, v. 408, 135206, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.135206>. Acesso em: 15 set. 2026.
- ONSUN, B.; TOPRAK, K.; SANLIER, N. Kombucha Tea: A Functional Beverage and All its Aspects. **Current Nutrition Reports**, v. 14, n. 69, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13668-025-00658-9>. Acesso em: 25 set. 2026.
- PEREIRA, A. G. Kombucha as a Bioactive Functional Beverage: Current Evidence, Production Challenges, and Future Perspectives. **International Journal of Molecular Sciences**, v.

27, n. 6, 2739, 2026. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms27062739>. Acesso em: 25 set. 2026.

SOBRINHO, C. P. et al. Aspectos microbiológicos na produção da bebida kombucha: uma revisão integrativa. In: Tecnologia e Microbiologia sob a Perspectiva da Segurança dos Alimentos. 1. ed. Editora Científica Digital, cap. 5, p. 75-85, 2021. DOI: <https://doi.org/10.37885/210906290>. Disponível em: <https://www.editoracientifica.com.br/articles/code/210906290>. Acesso em: 16 set. 2026.

SOSA, D. et al. Lemna minor: unlocking the value of this duckweed for the food and feed industry. **Foods**, v. 13, n. 10, 1435, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods13101435>. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11120004/>. Acesso em: 15 set. 2026.

TU, C. et al. Dynamics of microbial communities, flavor, and physicochemical properties of kombucha-fermented Sargassum fusiforme beverage during fermentation. LWT - **Food Science and Technology**, v. 192, 115729, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.115729>. Acesso em: 15 set. 2026.

WU, X. et al. Dynamic changes in microbial communities, physicochemical properties, and flavor of kombucha made from Fu-brick tea. **Foods**, v. 12, n. 23, 4242, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods12234242>. Acesso em: 15 set. 2026.

YULIANA, N. et al. Total microbe, physicochemical property, and antioxidative activity during fermentation of cocoa honey into kombucha functional drink. **Applied Food Research**, v. 3, n. 1, 100297, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.afres.2023.100297>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772502223000367>. Acesso em: 16 set. 2026.

ZHOU, D. D. et al. Bioactive compounds, health benefits and food applications of grape. **Foods**, v. 11, n. 18, 2755, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods11182755>. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9497968/>. Acesso em: 16 set. 2026.

CAPÍTULO III

METAIS PESADOS NOS ALIMENTOS: UM RISCO INVISÍVEL À SAÚDE

HEAVY METALS IN FOOD: AN INVISIBLE HEALTH RISK

DOI: 10.51859/amplla.cnc6385-3

Rildo José Vasconcelos de Andrade ¹

Maudelan Maria da Silva Santos ²

José Carlos de Andrade Alves ³

Ana Engracia Gonçalves Amaral Ribeiro ⁴

Gabriel Dourado Ferreira Neto ⁵

Neide Kazue Sakugawa Shinohara ⁶

¹ Doutor em Recursos Pesqueiros e Aquicultura. Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE

² Bacharela em Nutrição - UNIT PE

³ Mestre em Ciências e Tecnologia dos Alimentos – UFRPE.

⁴ Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

⁵ Educação Física. Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

⁶ Docente PGCTA -Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE.

RESUMO

A presença de metais pesados e metalóides nos alimentos constitui importante preocupação para a segurança alimentar e impactos na saúde pública, devido à persistência ambiental, bioacumulação e provável efeitos tóxicos em humanos. O capítulo aborda os principais aspectos relacionados à ocorrência desses contaminantes nos alimentos, com ênfase no mercúrio, chumbo, cádmio e arsênio, elementos reconhecidos por sua relevância toxicológica, podendo causar efeitos neurológicos, doenças renais e hepáticos. O texto trata as principais características, fontes naturais e antropogênicas, formas de entrada na cadeia alimentar e mecanismos de bioacumulação e biomagnificação. O capítulo também aborda os efeitos da exposição sobre a saúde humana, destacando a maior vulnerabilidade de crianças, gestantes, idosos e populações expostas a determinadas fontes ambientais e padrões alimentares. Além disso, são apresentadas estratégias relacionadas à prevenção e redução da exposição, incluindo o monitoramento de contaminantes, controle das fontes de poluição, fiscalização sanitária e estabelecimento de limites máximos tolerados. No contexto brasileiro, destaca-se o papel da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) na regulamentação e fiscalização de contaminantes físicos e químico em alimentos.

Por fim, ressalta-se a importância da educação alimentar e nutricional, da diversificação da dieta e da escolha de alimentos provenientes de fontes seguras, como medidas complementares para reduzir os riscos associados à exposição a metais pesados e contribuir para proteção a saúde.

Palavras-chave: Metais pesados. Contaminação química. Saúde pública. Toxicidade alimentar.

ABSTRACT

The presence of heavy metals and metalloids in food is a major concern regarding food safety and public health due to their environmental persistence, bioaccumulation, and potential toxic effects on humans. This chapter addresses key aspects of the occurrence of these contaminants in food—specifically mercury, lead, cadmium, and arsenic—elements recognized for their toxicological significance and potential to cause neurological effects, as well as kidney and liver diseases. The text covers their main characteristics, natural and anthropogenic sources, pathways into the food chain, and mechanisms of bioaccumulation and biomagnification. It also discusses the health effects of exposure, highlighting the heightened vulnerability of children, pregnant women, the elderly, and populations exposed to specific environmental sources and dietary patterns.

Furthermore, strategies for preventing and reducing exposure are presented, including contaminant monitoring, pollution source control, sanitary oversight, and the establishment of maximum tolerable limits. In the Brazilian context, the role of the National Health Surveillance Agency (ANVISA) in regulating and monitoring physical and chemical contaminants in food is highlighted. Finally, the chapter emphasizes the importance of

food and nutrition education, dietary diversification, and the selection of foods from safe sources as complementary measures to reduce risks associated with heavy metal exposure and contribute to health protection.

Keywords: Heavy metals. Chemical contamination. Public health. Food toxicity.

1. INTRODUÇÃO

A alimentação constitui uma das principais vias de exposição humana a diferentes substâncias potencialmente nocivas presentes no ambiente. Nesse contexto, a segurança dos alimentos representa um componente fundamental na manutenção da saúde pública, uma vez que a ingestão de alimentos contaminados pode estar associada a mais de 200 doenças, abrangendo desde infecções gastrointestinais até diferentes tipos de câncer. Em escala mundial, estima-se que aproximadamente 600 milhões de pessoas adoecem anualmente em decorrência do consumo de alimentos inseguros, resultando em cerca de 420 mil mortes e na perda de aproximadamente 33 milhões de anos de vida ajustados por incapacidade (Wiedmann *et al.*, 2026).

A ocorrência dessas enfermidades está relacionada à possibilidade de contaminação dos alimentos em diferentes etapas da cadeia produtiva. Desde a produção e o processamento até o armazenamento, transporte, comercialização e preparo, diferentes agentes podem comprometer a qualidade e a segurança dos alimentos (Fung & Menon, 2018). Em serviços de alimentação, por exemplo, condições inadequadas de armazenamento e controle de temperatura estão associadas a aproximadamente 45% a 50% dos surtos, enquanto a contaminação cruzada corresponde a cerca de 39% dos casos. Embora esses fatores representem importantes fontes de risco, a segurança dos alimentos também pode ser comprometida pela presença de contaminantes químicos, entre os quais se destacam os metais pesados e os metalóides.

A contaminação de alimentos por metais pesados e metalóides constitui uma preocupação relevante para a segurança alimentar e a saúde pública, especialmente em razão da persistência ambiental e do potencial de bioacumulação de determinados elementos. Metais e metalóides como chumbo (Pb), cádmio (Cd), mercúrio (Hg) e arsênio (As) podem acumular-se nos organismos e ser transferidos ao longo da cadeia trófica, estando associados

a efeitos tóxicos que podem atingir diferentes sistemas e órgãos, além de apresentarem potencial carcinogênico em determinadas condições de exposição (Hernández-Montoya *et al.*, 2026). A presença desses contaminantes no ambiente está frequentemente relacionada a atividades antropogênicas, incluindo processos industriais, mineração, uso de insumos agrícolas e lançamento inadequado de resíduos e efluentes.

Nesse sentido, o risco associado aos metais não depende apenas de sua presença no ambiente, mas também de sua concentração, forma química, biodisponibilidade e frequência de exposição. A exposição contínua a determinados elementos, mesmo em concentrações relativamente baixas, pode contribuir para efeitos toxicológicos cumulativos, tornando o monitoramento dos alimentos uma importante estratégia de prevenção. Dessa forma, a vigilância contínua, o controle das fontes de contaminação e o estabelecimento de limites regulatórios são medidas fundamentais para reduzir a exposição da população e minimizar os riscos associados à presença desses contaminantes nos alimentos (Mititelu *et al.*, 2025).

No Brasil, o controle da presença de contaminantes químicos nos alimentos é realizado no âmbito das ações de vigilância sanitária, tendo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), competência para estabelecer limites máximos tolerados para diferentes contaminantes de relevância à saúde dos consumidores. Nesse contexto, destacam-se a Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 487/2021 e a Instrução Normativa (IN) nº 88/2021, que estabelecem disposições relacionadas ao controle e aos limites máximos tolerados de contaminantes químicos em alimentos. A aplicação desses parâmetros permite subsidiar ações de monitoramento e fiscalização da cadeia produtiva de alimentos comercializados no Brasil, incluindo alimentos de amplo consumo, como cacau e chocolate, possibilitando a identificação e retirada de lotes, que apresentem concentrações de contaminantes acima dos limites estabelecidos nas legislações citadas.

Assim, compreender a ocorrência de metais pesados nos alimentos e os riscos associados à exposição humana é fundamental para fortalecer as estratégias de segurança alimentar. O monitoramento desses contaminantes, aliado à fiscalização e ao cumprimento dos limites estabelecidos pela legislação, constitui uma importante ferramenta para reduzir a exposição da população e contribuir para a oferta de alimentos mais seguros, sem colocar sob risco químico, os consumidores.

2. PRINCIPAIS METAIS PESADOS PRESENTES NOS ALIMENTOS

Os metais pesados e metalóides de maior relevância para a saúde pública mundial, classificados pela Organização Mundial da Saúde (OMS) entre as substâncias químicas de maior preocupação, são o chumbo (Pb), o mercúrio (Hg), o arsênio (As) e o cádmio (Cd). Devido à sua alta toxicidade sistêmica, esses elementos causam sérios danos à saúde humana mesmo em baixas concentrações (WitkowskA *et al.*, 2021).

2.1. MERCÚRIO (HG)

O mercúrio é um poluente ambiental altamente tóxico que não possui nenhuma função fisiológica conhecida no corpo humano, classificado pela Organização Mundial da Saúde (OMS) como uma das dez substâncias mais perigosas para a saúde pública (Charkiewicz *et al.*, 2025). Este elemento merece atenção especial quando falamos de alimentos, principalmente em relação aos peixes e frutos do mar, único metal que se encontra no estado líquido à temperatura ambiente.

No ambiente aquático, determinadas formas de mercúrio podem ser transformadas em metilmercúrio, que pode se acumular nos organismos aquáticos. Peixes maiores e predadores podem apresentar concentrações mais elevadas devido ao processo de bioacumulação e biomagnificação na cadeia alimentar. Sua toxicidade varia drasticamente conforme a espécie química, existindo em três formas principais — elemental (Hg^0), inorgânica (Hg^{2+}) e orgânica (metilmercúrio, MeHg) — cada uma com vias de exposição e alvos toxicológicos distintos, em diferentes sítios ecológicos e impactos da atividade econômica (Bjørklund *et al.*, 2017).

A principal via de exposição alimentar ao mercúrio é o consumo de pescado e frutos do mar, nos quais o metal se apresenta predominantemente na forma orgânica de metilmercúrio (MeHg), de elevada toxicidade e alta taxa de absorção gastrointestinal. Espécies predadoras, de grande porte e maior longevidade, tendem a acumular concentrações mais elevadas em razão do processo de biomagnificação ao longo da cadeia trófica (WHO, 2021; AGES, 2026).

A exposição elevada ao metilmercúrio é particularmente preocupante para o sistema nervoso, sendo necessário cuidado especial durante a gestação e em outros períodos de maior vulnerabilidade. Porque justamente é a forma mais tóxica e biologicamente disponível, capaz de atravessar barreiras celulares, a placenta e a hematoencefálica, resultando em danos

neurológicos graves (Shah *et al.*, 2026). A metilação microbiana do mercúrio inorgânico em sedimentos alagados e zonas úmidas produz MeHg, que se bioacumula progressivamente em ecossistemas aquáticos e atinge níveis perigosos em peixes predadores.

O mecanismo central de toxicidade do mercúrio envolve a alta afinidade por grupos tióis (-SH) e selenóis (-SeH) presentes em aminoácidos, enzimas e proteínas, o que desativa funções enzimáticas e esgota a glutatona (GSH), o principal antioxidante intracelular. Esta ligação gera espécies reativas de oxigênio (ROS), disfunção mitocondrial, peroxidação lipídica e apoptose celular, afetando o sistema nervoso central, os rins e o endotélio vascular e a meia-vida do mercúrio inorgânico no cérebro humano pode persistir por vários anos a décadas, amplificando o dano neurológico cumulativo (Bjørklund *et al.*, 2017).

2.2. CHUMBO (PB)

O chumbo é um metal pesado altamente tóxico e persistente no ambiente, para o qual não existe limite seguro de exposição na saúde humana. Este elemento tem a capacidade de bioacumular na matriz óssea ao longo de décadas, causando mimetização do cálcio e induzindo danos multissistêmicos grave: cefaleia, perda de memória, anemia, doença dos rins, hipertensão (Generalova e Davidova, 2025).

A contaminação de chumbo em alimentos ocorre quando o metal pesado entra em contato com o que consumimos por meio do solo, poluição, da água, de embalagens ou de utensílios culinários inadequados. A exposição ao chumbo também compromete a integridade da barreira intestinal, alterando a composição da microbiota e elevando a permeabilidade celular a outros compostos tóxicos (Tao *et al.*, 2025).

As fontes alimentares de maior relevância incluem vegetais folhosos e raízes, produtos derivados do cacau, alimentos enlatados, pescado e frutos do mar, bebidas artesanais e açúcar mascavo. Em produtos de cacau, evidências isotópicas indicam que a contaminação por chumbo ocorre sobretudo durante as etapas de transporte, processamento e manufatura, e não pela absorção do metal pelo próprio vegetal (Rankin *et al.*, 2005).

A exposição crônica ao chumbo é especialmente preocupante em crianças, pois pode afetar o desenvolvimento neurológico e outros sistemas do organismo que estão em desenvolvimento. Em gestantes, o chumbo atravessa livremente a placenta, elevando a probabilidade de pré-eclâmpsia, hipertensão gestacional e restrição do crescimento fetal (Collin *et al.*, 2022). Em idades avançadas, processos fisiológicos de desmineralização

esquelética mobilizam o chumbo acumulado nos ossos de volta à circulação sanguínea, ativando quadros de intoxicação crônica (Obasi e Akudinobi, 2020).

Uma das estratégias mais importantes é reduzir as possibilidades de contaminação dos alimentos, utilizando água potável, alimentos provenientes de fontes confiáveis e materiais adequados para armazenamento e preparo. Com isso, sua eliminação depende da eliminação de fontes antropogênicas, remediação do solo e intervenções nutricionais preventivas para impedir danos sistêmicos irreversíveis à população, oriundos de contaminação química direta ou cruzada (Bereda, 2026).

2.3. CÁDMIO (CD)

O cádmio é um metal pesado altamente tóxico e carcinogênico que não possui nenhuma função fisiológica em seres vivos. Apresenta uma meia-vida biológica de 10 a 30 anos no organismo humano, acumulando-se progressivamente no córtex renal, fígado e tecido ósseo. A exposição prolongada a níveis elevados de cádmio pode afetar principalmente os rins e o metabolismo ósseo (Rasin *et al.*, 2025).

O cádmio é liberado no ecossistema por meio de fundições de metais não ferrosos, reciclagem de baterias de níquel-cádmio, combustão de combustíveis fósseis e fertilizantes fosfatados na agricultura. O cádmio pode estar presente no solo e chegar aos alimentos por meio da absorção pelas plantas. Sua presença pode estar relacionada às características do solo e a fontes ambientais ou produção agrícola que adota adubação contínua com fertilizantes fosfatados (Kubier *et al.*, 2019).

Os principais alimentos associados à exposição dietética são cereais e grãos, vegetais folhosos, algas marinhas, frutos do mar, carnes e vísceras, além do chocolate amargo. Cereais e produtos de cacau figuram entre as categorias de maior contribuição para a ingestão dietética deste metal, sendo a origem geológica do solo um dos fatores determinantes de sua concentração, uma vez que no solo pode-se encontrar o cádmio como impureza natural.

A exposição continuada ao cádmio compromete sistemas vitais, principalmente os rins e metabolismo ósseo, e reforça a necessidade de vigilância analítica e permanente em lavouras, contenção de emissões industriais, domésticas e remediação ambiental, para mitigar danos irreversíveis à saúde humana. Uma alimentação variada é importante porque reduz a dependência de um único alimento ou grupo alimentar como fonte predominante de exposição dos metais nos alimentos (Bouida *et al.*, 2022).

2.4. ARSÊNIO (AS)

O arsênio é um metalóide (semimetal) natural classificado entre os metais pesados mais perigosos, aproximadamente 200 milhões de pessoas no mundo são expostas a níveis tóxicos, principalmente através de águas subterrâneas contaminadas (Banerjee *et al.*, 2023). Embora seja um metalóide com propriedades intermediárias entre metais e não-metais, o arsênico é tratado como um metal pesado em classificação toxicológica devido à sua persistência no ambiente, bioacumulação (ossos, músculos, peles e unhas) e efeitos graves na saúde humana – cânceres (Rahman e Singh, 2019).

O arsênio exerce toxicidade através de múltiplas vias moleculares convergentes, A forma trivalente inorgânica arsenato é mais tóxica do que a forma pentavalente, devido à sua potente ligação a grupos sulfidril em proteínas e enzima. O arsenato pode substituir o fosfato em reações bioquímicas, inibindo a geração de ATP durante a fosforilação oxidativa, levando a queda drástica da respiração celular e na produção global de ATP (Shen *et al.*, 2013).

O arsênio pode ocorrer naturalmente no ambiente e estar associado à contaminação de água e solo. A contaminação das águas subterrâneas é a rota de exposição dominante, as fontes antropogênicas que mais contribuem para esse fator são mineração, fundição, pesticidas arsênicos, a combustão de combustíveis fósseis e processos industriais (Jomova *et al.*, 2025). A venda de seus compostos tóxicos ao público é proibida no Brasil desde 2005.

Embora classificado como metalóide, o arsênio é convencionalmente estudado em conjunto com os metais pesados em razão de sua toxicidade e de sua relevância em saúde pública. Sua forma inorgânica é a de maior preocupação toxicológica, e a exposição dietética está frequentemente associada ao consumo de pescado e de alimentos de origem vegetal, cultivados em solos ou águas contaminadas com esse elemento.

Dependendo da região e das condições ambientais, determinados alimentos podem contribuir mais significativamente para a exposição. O arroz e seus derivados, por exemplo, podem apresentar maior capacidade de acumulação de arsênio inorgânico em comparação com alguns outros alimentos, especialmente quando cultivados em determinadas condições. A OMS estabelece um limite de 10 µg/L para o arsênico na água potável, mas não existe nenhuma tecnologia de remediação, a terapia de quelação continua sendo o tratamento primário (Fatoki e Badmus, 2022).

3. CONTAMINANTES COMO CHEGAM AOS ALIMENTOS

Os metais pesados podem entrar na cadeia alimentar por diferentes etapas, pode ser por meio de fontes naturais e antropogênicas que contaminam o solo, a água e o ar, seguidas de absorção e bioacumulação ao longo da cadeia alimentar (Scutarașu e Trincă, 2023).

As principais fontes antropogênicas incluem emissões industriais (mineração, fundição e manufatura), práticas agrícolas (fertilizantes fosfatados com cádmio, pesticidas à base de arsênio), irrigação com águas residuais, resíduos urbanos (lixo eletrônico e esgoto não tratado) e emissões veiculares (Mititel *et al.*, 2025). As fontes naturais compreendem o intemperismo de rochas ricas em metais, erupções vulcânicas e erosão do solo. Uma vez liberados no ambiente, esses contaminantes não se degradam e se acumulam de forma persistente nos ecossistemas (Ali e Ilahi, 2019).

Tanto a água como o solo contaminado podem levar determinados elementos para plantas e cultivos. Os animais, por sua vez, podem acumular alguns contaminantes presentes na água ou na alimentação. As plantas absorvem metais pesados predominantemente pelas raízes a partir de solos contaminados, seguida de translocação para caules, folhas e grãos (Shetty *et al.*, 2025).

Em animais ocorrem a bioacumulação, é o processo em que substâncias tóxicas como entram no organismo e se acumulam mais rápido do que conseguem ser eliminadas, por exemplo em peixes e crustáceos a contaminação ocorre a partir dos ecossistemas aquáticos que estejam impactados, esses organismos absorvem metais diretamente da água por brânquias, pele e pela alimentação (Ali e Ilahi, 2019).

Com isso, os metais pesados ingressam na cadeia alimentar por vias naturais e antropogênicas, contaminando solo, água e ar, e, por não serem degradáveis, persistem e se acumulam nos ecossistemas. A partir desses compartimentos ambientais, são absorvidos pelas plantas via raízes e translocados para os tecidos consumíveis, enquanto os animais os incorporam pela água e pela alimentação, com ênfase na absorção direta pelos organismos aquáticos. Compreender essas vias de entrada e os mecanismos de bioacumulação é, portanto, fundamental para a avaliação de risco e para a mitigação da exposição humana.

4. QUEM APRESENTA MAIOR VULNERABILIDADE

A vulnerabilidade à contaminação por metais pesados através de alimentos varia conforme a faixa etária, a fisiologia e os padrões de consumo alimentar. Crianças, gestantes e

populações em regiões industrializadas apresentam maior risco de exposição e toxicidade (Bair, 2022).

Crianças consomem aproximadamente três vezes mais alimentos por unidade de massa corporal do que adultos, triplicando o risco de acumulação de elementos tóxicos, sua alta capacidade de absorção intestinal e baixa excreção eficaz amplificam a retenção de metais como Pb, Cd e As (Bair, 2022). Alguns fatores podem modular a vulnerabilidade com contaminação por metais pesados, como: ter maior proximidade a indústrias e mineradoras; irrigação com águas residuais, são práticas que transferem metais do solo contaminado diretamente para cultivos alimentares; e ter uma dieta à base de arroz e frutos do mar. O arroz acumula mais arsênio que outros cereais, e frutos do mar bioacumulam metilmercúrio na cadeia trófica (Zhao, 2024).

Em resumo, a maior vulnerabilidade à contaminação por metais pesados através de alimentos concentra-se em crianças, gestantes e populações expostas a fontes industriais e mineradoras, cuja fisiologia e padrões de consumo amplificam a absorção e os efeitos tóxicos desses contaminantes.

5. O PAPEL DA NUTRIÇÃO

A Nutrição possui um papel importante na prevenção da exposição excessiva, principalmente por meio da educação alimentar e da orientação para uma alimentação diversificada. O nutricionista pode trabalhar com a variedade alimentar, evitando que a alimentação dependa diariamente de uma única fonte alimentar; com a escolha adequada de pescados, orientando sobre a variedade de espécies e frequência de consumo, considerando recomendações sanitárias e o contexto individual; com a segurança de potabilidade da água, reforçando a importância da utilização de água de consumo seguro; a garantia da origem dos alimentos, priorizando alimentos provenientes de fornecedores e estabelecimentos que cumpram as normas de segurança sanitária; e com a educação alimentar, que é fundamental para nortear o consumidor a compreender que a segurança alimentar, também envolve riscos químicos, que são muitas vezes negligenciados na prática médica e alimentar.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presença de metais pesados e metalóides nos alimentos representa um desafio relevante para a segurança alimentar e para a proteção da saúde pública, especialmente em

razão da persistência desses contaminantes no ambiente, de sua capacidade de bioacumulação e dos possíveis efeitos decorrentes da exposição contínua. Mercúrio, chumbo, cádmio e arsênio apresentam diferentes características e mecanismos de toxicidade, mas compartilham a importância de serem monitorados devido ao seu potencial de causar efeitos adversos em diferentes sistemas do organismo humano.

A contaminação dos alimentos pode ocorrer em diferentes etapas da cadeia produtiva, desde a presença desses elementos no solo, na água e no ambiente até sua transferência para plantas e animais destinados ao consumo. Dessa forma, compreender as fontes de contaminação e os processos de absorção, bioacumulação e biomagnificação é fundamental para identificar os principais pontos de risco e estabelecer estratégias de prevenção e controle.

Nesse contexto, o monitoramento sistemático dos contaminantes, a fiscalização sanitária e o cumprimento dos limites máximos tolerados estabelecidos por legislações vigentes, constituem ferramentas essenciais para reduzir a exposição da população. No Brasil, a atuação da ANVISA possui papel fundamental na regulamentação e no controle oficial desses contaminantes nos alimentos.

Por fim, a redução dos riscos associados aos metais pesados depende de ações integradas envolvendo órgãos de fiscalização, produtores, indústrias, profissionais da saúde, pesquisadores e consumidores. A educação alimentar e nutricional, a diversificação da dieta, a escolha de alimentos provenientes de fontes seguras e o fortalecimento das estratégias de monitoramento podem contribuir para minimizar a exposição e promover uma alimentação mais segura. Assim, ampliar o conhecimento sobre esses contaminantes é fundamental para transformar um risco real, muitas vezes invisível, em um problema reconhecido, monitorado e prevenido pela saúde pública.

REFERÊNCIAS

- AGES – AUSTRIAN AGENCY FOR HEALTH AND FOOD SAFETY. **Mercury**. Viena: AGES, 2026. Disponível em: <https://www.ages.at/en/human/nutrition-food/residues-contaminants-from-a-to-z/mercury>. Acesso em: 25 set. 2026.
- ALI, H.; KHAN, E.; ILAHI, I. (2019). Environmental chemistry and ecotoxicology of hazardous heavy metals: environmental persistence, toxicity, and bioaccumulation. **Journal of chemistry**, 2019(1), 6730305.

- BAIR, E. C. (2022). A narrative review of toxic heavy metal content of infant and toddler foods and evaluation of United States policy. **Frontiers in Nutrition**, 9, 919913.
- BANERJEE, S.; DHAR, S.; SUDARSHAN, M.; CHAKRABORTY, A.; BHATTACHARJEE, S.; BHATTACHARJEE, P. (2023). Investigating the synergistic role of heavy metals in Arsenic-induced skin lesions in West Bengal, India. **Journal of Trace Elements in Medicine and Biology**, 75, 127103.
- BEREDA, G. (2026). Global Burden of Lead Exposure: Integrating Epidemiology, Molecular Mechanisms, and Mitigation Approaches. **Health Science Reports**, 9(3), e71952.
- BJØRKLUND, G.; DADAR, M.; MUTTER, J.; AASETH, J. (2017). The toxicology of mercury: Current research and emerging trends. **Environmental research**, 159, 545-554.
- BOUIDA, L.; RAFATULLAH, M.; KERROUCHE, A.; QUTOB, M.; ALOSAIMI, A. M.; ALORFI, H. S.; HUSSEIN, M. A. (2022). A review on cadmium and lead contamination: Sources, fate, mechanism, health effects and remediation methods. **Water**, 14(21), 3432.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução da Diretoria Colegiada - RDC nº 487, de 26 de março de 2021**. Dispõe sobre os limites máximos tolerados (LMT) de contaminantes em alimentos, os princípios gerais para o seu estabelecimento e as condições de conformidade. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, ed. 61, p. 116, 31 mar. 2021.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Instrução Normativa - IN nº 88, de 26 de março de 2021**. Estabelece os limites máximos tolerados (LMT) de contaminantes em alimentos. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, ed. 61, p. 129, 31 mar. 2021.
- CHARKIEWICZ, A. E.; OMELJANIUK, W. J.; GARLEY, M.; NIKLIŃSKI, J. (2025). Mercury exposure and health effects: what do we really know?. **International Journal of Molecular Sciences**, 26(5), 2326.
- COLLIN, M. S.; VENKATRAMAN, S. K.; VIJAYAKUMAR, N.; KANIMOZHI, V.; ARBAAZ, S. M.; STACEY, R. S.; SWAMIAPPAN, S. (2022). Bioaccumulation of lead (Pb) and its effects on human: A review. **Journal of Hazardous Materials Advances**, 7, 100094.
- FATOKI, J. O. & BADMUS, J. A. (2022). Arsenic as an environmental and human health antagonist: A review of its toxicity and disease initiation. **Journal of Hazardous Materials Advances**, 5, 100052.
- Fung, F., Wang, H. S., & Menon, S. (2018). Food safety in the 21st century. *Biomedical journal*, 41(2), 88-95.
- GENERALOVA, A.; DAVIDOVA, S.; SATCHANSKA, G. (2025). The mechanisms of lead toxicity in living organisms. **Journal of xenobiotics**, 15(5), 146.

- HERNÁNDEZ-MONTOYA, D. A.; CASTAÑEDA-MIRANDA, A. G.; MARTINEZ-FIERRO, M. L.; TALAVERA-LOPEZ, A.; SANDOVAL-ARÉCHIGA, R.; GOMEZ-RODRIGUEZ, J. R.; IBARRA DELGADO, S. (2026). Heavy metal contamination in foods: Advances in detection technologies, regulatory challenges, health risks, and implications for sustainable food safety. **Sustainability**, 18(9), 4280.
- JOMOVA, K.; ALOMAR, S. Y.; NEPOVIMOVA, E.; KUCA, K.; VALKO, M. (2025). Heavy metals: toxicity and human health effects. **Archives of toxicology**, 99(1), 153-209.
- KUBIER, A.; WILKIN, R. T.; PICHLER, T. (2019). Cadmium in soils and groundwater: A review. **Applied geochemistry**, 108, 104388.
- MITITELU, M.; NEACȘU, S. M.; BUSNATU, Ș. S.; SCAFA-UDRIȘTE, A.; ANDRONIC, O.; LĂCRARU, A. E.; OLTEANU, G. (2025). Assessing heavy metal contamination in food: Implications for human health and environmental safety. **Toxics**, 13(5), 333.
- OBASI, P. N. & AKUDINOBI, B. B. (2020). Potential health risk and levels of heavy metals in water resources of lead–zinc mining communities of Abakaliki, southeast Nigeria. **Applied Water Science**, 10(7), 184.
- RAHMAN, Z. & SINGH, V. P. (2019). The relative impact of toxic heavy metals (THMs)(arsenic (As), cadmium (Cd), chromium (Cr)(VI), mercury (Hg), and lead (Pb)) on the total environment: an overview. **Environmental monitoring and assessment**, 191(7), 419.
- RANKIN, C. W.; NRIAGU, J. O.; AGGARWAL, J. K.; AROWOLO, T. A.; ADEBAYO, K.; FLEGAL, A. R. (2005). Lead contamination in cocoa and cocoa products: isotopic evidence of global contamination. **Environmental health perspectives**, 113(10), 1344.
- RASIN, P.; ASHWATHI, A. V.; BASHEER, S. M.; HARIBABU, J.; SANTIBANEZ, J. F.; GARROTE, C. A.; MANGALARAJA, R. V. (2025). Exposure to cadmium and its impacts on human health: A short review. **Journal of Hazardous Materials Advances**, 17, 100608.
- SCUTARAȘU, E. C. & TRINCĂ, L. C. (2023). Heavy metals in foods and beverages: global situation, health risks and reduction methods. **Foods**, 12(18), 3340.
- SHAH, N.; AWAIS, M.; ALI, M.; LI, H. (2026). Speciation-driven toxicity and remediation of mercury: Mechanistic insights and policy implications. **Journal of Hazardous Materials Advances**, 101233.
- SHEN, S.; LI, X. F.; CULLEN, W. R.; WEINFELD, M.; LE, X. C. (2013). Arsenic binding to proteins. **Chemical reviews**, 113(10), 7769.
- SHETTY, B. R.; JAGADEESHA, P. B.; SALMATAJ, S. A. (2025). Heavy metal contamination and its impact on the food chain: exposure, bioaccumulation, and risk assessment. **CyTA-Journal of Food**, 23(1), 2438726.

- TAO, Y.; LIU, D.; SHI, Q.; SUN, Q.; LIU, C.; ZENG, X. (2025). Lead exposure in relation to gut homeostasis, microbiota, and metabolites. **Applied and Environmental Microbiology**, 91(7), e00372-25.
- WIEDMANN, M.; SUNIL, S.; MORENO-SWITT, A. I. I.; VONGKAMJAN, K.; JOHLER, S. (2026). Balancing food safety and sustainability: trade-off risk assessments and predictive modeling. **Frontiers in Science**, 4, 1720772.
- WITKOWSKA, D.; SŁOWIK, J.; CHILICKA, K. (2021). Heavy metals and human health: Possible exposure pathways and the competition for protein binding sites. **Molecules**, 26(19), 6060.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Mercury and health**. Geneva: WHO, 2021. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/mercury-and-health>. Acesso em: 25 set. 2026.
- ZHAO, D.; WANG, P.; ZHAO, F. J. (2024). Toxic metals and metalloids in food: Current status, health risks, and mitigation strategies. **Current environmental health reports**, 11(4), 468-483.

CAPÍTULO IV

CONSUMO DE PRODUTOS CÁRNEOS E EXPOSIÇÃO A NITRITOS E NITRATOS: PRINCÍPIOS DA RELAÇÃO COM O CÂNCER COLORRETAL EM ADULTOS

CONSUMPTION OF MEAT PRODUCTS AND EXPOSURE TO NITRITES AND NITRATES: BASIC PRINCIPLES OF THE ASSOCIATION WITH COLORECTAL CANCER IN ADULTS

DOI: 10.51859/ampla.cnc6385-4

Laylianne Tenório da Silva ¹

Wendel Kalil Miranda dos Santos ²

Antônio Termício da Soledade Filho ³

Thays Maria Costa de Lucena ⁴

Michelle Maria Barreto de Souza ⁵

Walter de Paula Pinto Neto ⁶

¹ Graduanda em Nutrição pelo Centro Universitário Maurício de Nassau - Campus Graças.

² Técnico em Nutrição e Dietética Pela Escola Técnica Estadual Almirante Soares Dutra. Graduando em Nutrição pelo Centro Universitário Maurício de Nassau - Campus Graças.

³ Graduando em Nutrição pelo Centro Universitário Maurício de Nassau - Campus Graças.

⁴ Professora do Centro Universitário Maurício de Nassau - Campus Graças. Doutora em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Pernambuco - UFPE.

⁵ Professora do Centro Universitário Maurício de Nassau - Campus Graças. Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal da Paraíba - UFPB.

⁶ Professores do Centro Universitário Maurício de Nassau - Campus Graças. Doutor em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Pernambuco - UFPE.

RESUMO

O aumento do consumo de produtos cárneos processados, como salsicha, presunto e bacon, está relacionado à praticidade e à industrialização dos alimentos. Esses produtos podem conter nitratos e nitritos, utilizados na conservação, no controle microbiológico e na manutenção de características sensoriais. Entretanto, esses compostos podem participar de reações de nitrosação e contribuir para a formação de N-nitrosaminas, especialmente a N-nitrosodimetilamina (NDMA), cuja formação é influenciada por fatores como pH, processamento, armazenamento e cocção. As evidências indicam que a exposição a compostos N-nitrosos pode contribuir para danos celulares, estresse oxidativo e alterações no DNA, constituindo uma possível relação entre o consumo de produtos cárneos processados e o risco de câncer colorretal. Entretanto, o desenvolvimento dessa neoplasia é multifatorial, envolvendo fatores genéticos, ambientais, dietéticos e relacionados ao estilo de

vida. Nutrientes como as vitaminas C e E podem apresentar efeito protetor ao interferirem nos processos de nitrosação. Dessa forma, destaca-se a necessidade de monitorar os níveis de nitratos e nitritos, assegurar o cumprimento dos limites estabelecidos e ampliar as pesquisas sobre a formação de N-nitrosaminas e sua relação com o câncer colorretal. Ressalta-se ainda a importância de uma alimentação equilibrada, priorizando alimentos *in natura* ou minimamente processados.

Palavras-chave: Compostos N-nitrosos. Hábitos alimentares. Neoplasias colorretais. Nitritos. Produtos cárneos processados.

ABSTRACT

The increased consumption of processed meat products, such as sausages, ham and bacon, is linked to convenience and the industrialization of food production. These products may contain nitrates and nitrites, which are used for

preservation, microbiological control, and the maintenance of sensory characteristics. However, these compounds can participate in nitrosation reactions and contribute to the formation of N-nitrosamines, particularly N-nitrosodimethylamine (NDMA); the formation of these substances is influenced by factors such as pH, processing, storage, and cooking methods. Evidence suggests that exposure to N-nitroso compounds may contribute to cellular damage, oxidative stress, and DNA alterations, indicating a potential link between the consumption of processed meat products and the risk of colorectal cancer. Nevertheless, the development of this neoplasm is multifactorial, involving genetic, environmental, dietary, and

lifestyle-related factors. Nutrients such as vitamins C and E may offer a protective effect by interfering with nitrosation processes. Consequently, there is a need to monitor nitrate and nitrite levels, ensure compliance with established limits, and expand research into N-nitrosamine formation and its relationship with colorectal cancer. Furthermore, the importance of a balanced diet that prioritizes unprocessed or minimally processed foods is emphasized.

Keywords: Colorectal neoplasms. Eating habits. Nitrites. N-nitroso compounds. Processed meat products.

1. INTRODUÇÃO

Historicamente, a conservação de alimentos tem sido impulsionada pela necessidade de prolongar sua vida útil e garantir a segurança alimentar. Nesse sentido, diferentes técnicas foram desenvolvidas com o objetivo de reduzir a deterioração dos alimentos, destacando-se métodos como secagem, salga e defumação (Barros et al., 2020). Essa evolução tecnológica, associada à industrialização do sistema alimentar e à busca por maior durabilidade e conveniência, resultou na ampla disponibilidade de alimentos processados e, sobretudo, ultraprocessados (Monteiro et al., 2019).

Atualmente, o consumo frequente de alimentos processados e ultraprocessados por adultos tem sido associado a riscos significativos à saúde pública, conforme evidências crescentes provenientes de revisões sistemáticas e estudos epidemiológicos. Esses achados indicam impactos relevantes tanto no metabolismo humano, incluindo o aumento da prevalência de doenças crônicas não transmissíveis (DCNT), quanto em possíveis mecanismos carcinogênicos relacionados à composição desses produtos e aos processos industriais envolvidos em sua fabricação (Kliemann et al., 2022).

A transição nutricional tem sido marcada pelo aumento do consumo de alimentos ultraprocessados, incluindo produtos cárneos como salsicha, presunto e bacon (Monteiro et al., 2019). Nesse contexto, nitratos (NO_3^-) e nitritos (NO_2^-), presentes naturalmente em vegetais e utilizados como aditivos em produtos cárneos, exercem funções antimicrobianas e contribuem para características como cor, sabor e aroma, além de inibirem o crescimento de *Clostridium botulinum* (Zhang et al., 2023).

Contudo, a presença de nitritos em produtos cárneos, em um ambiente rico em ferro heme e com ausência de antioxidantes naturais, pode levar à formação de N-nitrosaminas. Essas substâncias são reconhecidas por seu potencial genotóxico e carcinogênico, estando associadas ao aumento do risco de neoplasias gastrointestinais (Seyyedsalehi et al., 2023). Em contraste, os nitratos de origem vegetal podem ser convertidos em óxido nítrico (NO), exercendo efeitos vasculares benéficos (D’Unienville et al., 2021). Assim, a análise do risco potencial desses compostos depende intrinsecamente da matriz alimentar e do contexto dietético de exposição.

A análise dietética contemporânea evidencia uma associação consistente entre o consumo de produtos cárneos e o aumento do risco de câncer colorretal. O principal mecanismo carcinogênico envolve a formação endógena de compostos N-nitrosos, resultantes da interação entre nitritos e aminas no trato gastrointestinal, os quais podem induzir danos ao DNA e favorecer a carcinogênese (Papadimitriou et al., 2022).

No Brasil e em outros países, o consumo de alimentos ultraprocessados e produtos cárneos é influenciado por fatores socioeconômicos e culturais. A praticidade, o menor custo e a ampla disponibilidade favorecem seu consumo, especialmente em contextos de restrições financeiras e rotinas aceleradas (Louzada et al., 2023; Lopes et al., 2025). Esse padrão alimentar, associado à baixa ingestão de fibras e ao sedentarismo, pode contribuir para o aumento do risco de câncer (WCRF, 2018).

Nesse contexto, torna-se necessário compreender, além dos efeitos adversos da exposição a nitratos e nitritos utilizados pela indústria alimentícia, sua função como aditivos e os mecanismos de formação de compostos N-nitrosos no organismo humano. Assim, o presente capítulo tem como objetivo discutir os princípios básicos da relação entre o consumo de produtos cárneos, a exposição a nitratos, nitritos e nitrosaminas e o risco de câncer colorretal em adultos, considerando os fatores socioeconômicos envolvidos nesse consumo e suas implicações para a saúde pública.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. PRODUTOS CÁRNEOS, NITRATOS E NITRITOS

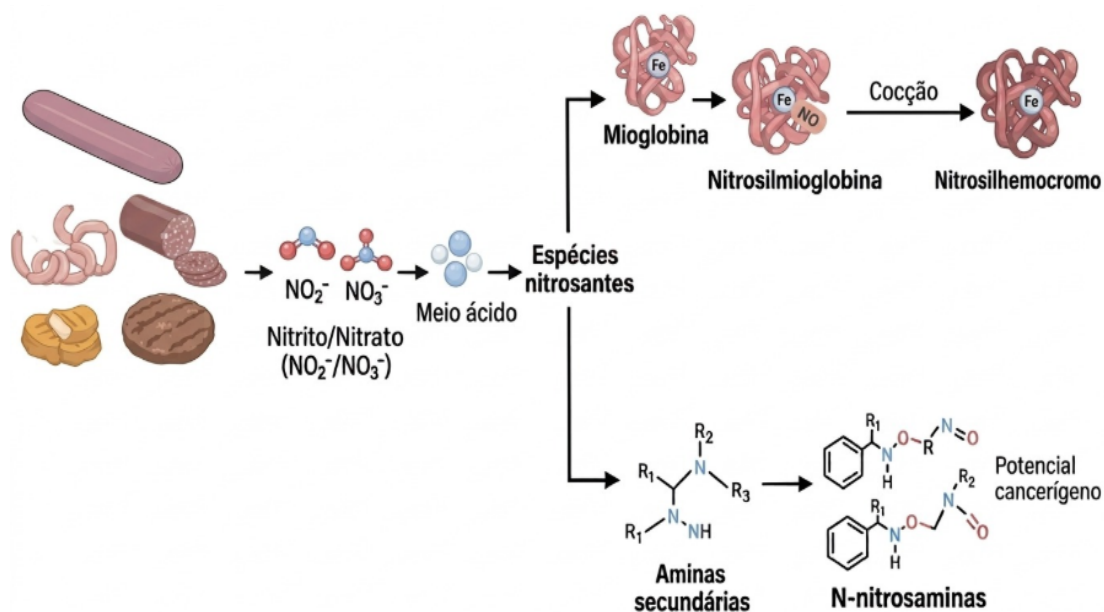
Os produtos cárneos são elaborados a partir de diferentes tipos de carne, como bovina, suína, de aves, pescados e vísceras. Na formulação, podem ser utilizados ingredientes que auxiliam nas características organolépticas, à textura, à coloração, à conservação e à

segurança do produto. Além disso, esses alimentos podem ser submetidos a diferentes etapas de processamento, como moagem, corte, mistura, marinada, injeção, cura, defumação e cocção (Osburn, 2026).

Em paralelo, as transformações observadas no perfil alimentar contemporâneo têm sido acompanhadas pela expansão do consumo de produtos derivados de carne submetidos a processos industriais, os quais passaram a integrar de forma mais frequente a alimentação diária da população. O Sistema de Vigilância Alimentar e Nutricional (SISVAN) reafirma fortes mudanças relevantes na maneira que a população adulta brasileira vem se alimentando. Em análise temporal envolvendo 7.549.781 adultos, observou-se tendência de aumento no consumo de hambúrgueres e embutidos, com crescimento de 18,8% quando comparados os períodos de 2015-2019 e 2020-2023. Em sequência, essas associações revela um importante desafio para a saúde pública, considerando as evidências que associam o consumo frequente desses produtos, em destaque aos produtos cárneos e a desfechos adversos à saúde (Guasti et al., 2026).

Com isso, faz-se necessário apresentar a composição dos nitratos e nitritos que são aditivos utilizados nos produtos cárneos. Os nitratos podem ser reduzidos a nitritos pela ação de bactérias presentes no processo, como *Achromobacter*, *Micrococcus*, *Lactobacillus* e *Staphylococcus*. Em condições ácidas, o nitrito pode originar ácido nitroso, que participa da formação de espécies nitrosantes capazes de reagir com a mioglobina, formando inicialmente a nitrosilmioglobina. Durante a cocção, esse pigmento é desnaturado e convertido em nitrosilhemocromo, responsável pela coloração rósea característica e mais estável dos produtos cárneos. Entretanto, quando há disponibilidade de agentes nitrosantes, estes podem reagir com aminas secundárias presentes na carne, por meio de reações de nitrosação, levando à formação de N-nitrosaminas, compostos de relevância toxicológica devido ao seu potencial carcinogênico (Figura 1) (Bonifacie et al., 2021).

Figura 1 – Transformações de nitrato e nitrito e síntese de espécies nitrosantes em produtos cárneos



Fonte: Elaborado pelos autores com base em Bonifacie et al. (2021).

A preocupação com nitratos e nitritos atravessa fronteiras e no Irã uma revisão analisou 15 estudos do consumo de produtos cárneos e valores médios para nitratos de 55,18 mg/kg e de nitritos 95,05 mg/kg e pontuou que mesmo estando dentro dos níveis limítrofes os autores indicam que é necessário um monitoramento mais rígido além do acompanhamento contínuo pelo seu risco potencial carcinogênico (Nader et al., 2022).

Iammarino *et al.* (2023) analisaram diferentes produtos cárneos e observaram maiores teores de nitrato no bacon e na salsicha suína fresca grelhados, enquanto o nitrito apresentou maiores concentrações nas salsichas de frango e peru cruas. Os achados destacam a influência do tipo de cocção sobre os níveis desses compostos e sua possível relação com a formação de nitrosaminas. Nesse mesmo viés um estudo dos Estados Unidos afirma que os teores de nitratos e nitritos finais são impactados pelo tratamento térmico, potencial hidrogeniônico, fermentação, desidratação, níveis iniciais de nitrito e os ingredientes utilizados para formulação (Sheng et al., 2025).

No Brasil, Ventura et al. (2017) analisaram 44 amostras de salsichas de 11 marcas e identificaram, em uma das marcas, concentração média de nitrito residual (434,5 mg/100 g), superior ao limite de 150 mg/100 g estabelecido pela ANVISA. Em estudo posterior, Furlan e Ugalde (2020) avaliaram 36 amostras de produtos cárneos e verificaram que 25% das marcas apresentaram teores de nitrito acima do limite permitido, com destaque para uma das marcas de salsicha, que atingiu 244,69 % do valor estabelecido pela legislação.

Esses achados reforçam a necessidade de monitoramento e controle dos níveis de nitrito em produtos cárneos, considerando a exposição da população a esses aditivos. Diante desse cenário, evidencia-se a necessidade de ampliar a investigação científica, fortalecer o monitoramento contínuo e aprimorar a padronização do controle desses aditivos. Tal contexto representa um desafio à saúde pública brasileira, considerando o elevado consumo de produtos cárneos e a consequente exposição a nitratos e nitritos presentes em sua composição.

2.2. NITROSAMINAS E CÂNCER COLORRETAL

A síntese de nitrosaminas acontece a partir de nitratos (NO_3^-) que serão reduzidos a nitritos (NO_2^-) por ação microbiana e que, em condições apropriadas, o nitrito pode originar ácido nitroso e outras espécies nitrosantes. Zhang et al. (2023) destacam que o uso de nitrito e nitrato é tradicionalmente importante no processamento cárneo, embora a formação de compostos N-nitrosos constitua uma das principais preocupações de segurança. A formação de uma nitrosamina específica depende da presença e disponibilidade de aminas precursoras, das condições físico-químicas da matriz, do processamento e da cocção. Revisões sobre nitrosaminas em produtos cárneos ressaltam a influência de fatores como pH, atividade de água, composição, maturação, fermentação, defumação, tratamento térmico e armazenamento sobre a formação e a concentração dessas substâncias (Bonifacie et al., 2021).

A N-nitrosodimetilamina (NDMA) destaca-se entre os compostos N-nitrosos de interesse toxicológico relacionados à exposição alimentar (Shi et al., 2026). Em produtos cárneos, a formação de N-nitrosaminas está associada à presença de nitrito e nitrato, à disponibilidade de aminas precursoras e às condições de processamento, armazenamento e cocção (Bonifacie et al., 2021).

Assim, os compostos N-nitrosos constituem uma possível ponte mecanista entre o processamento da carne e o dano celular, mas não permitem atribuir isoladamente à NDMA todo o risco observado. Além de N-nitrosodimetilamina, outros xenobióticos também podem impactar no funcionamento e equilíbrio da microbiota intestinal, tais como, aminas heterocíclicas (AHCs) e hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HAPs), que também assim como as nitrosaminas são advindas dos cozimentos dos produtos cárneos, sendo assim mais fatores implicatórios a saúde humana (Nogacka et al., 2019).

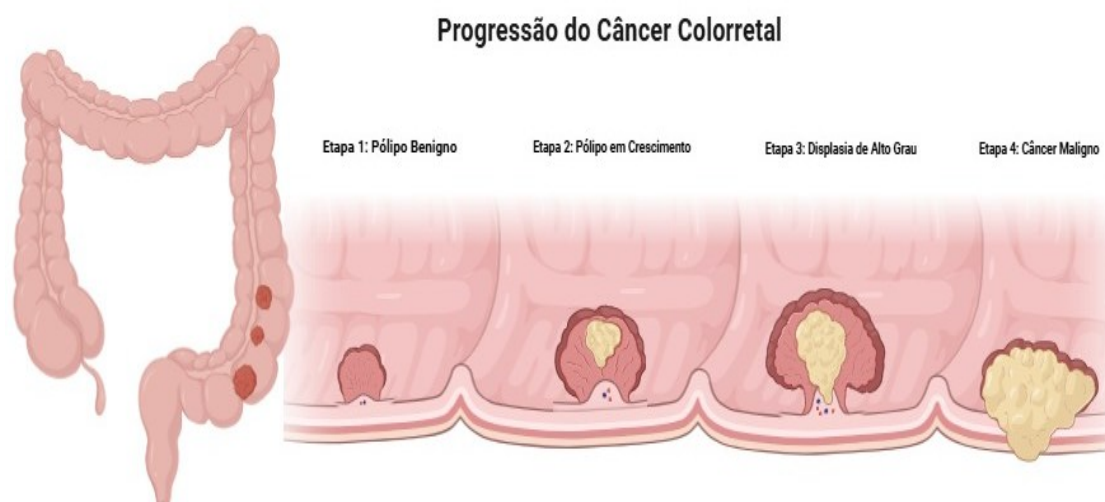
O câncer colorretal (CCR) representa um importante problema de saúde pública mundial, estando entre as principais causas de morbimortalidade por câncer (Pathak *et al.*, 2024). Sua ocorrência resulta da interação entre fatores genéticos, epigenéticos e ambientais, com destaque para o estilo de vida (Roshandel *et al.*, 2024). O desenvolvimento do CCR envolve alterações moleculares que comprometem a homeostase celular, favorecendo a proliferação descontrolada e a progressão tumoral. Entre as principais vias relacionadas à carcinogênese colorretal destacam-se a via serrilhada, a inflamatória e a sequência adenoma, adenocarcinoma, associada à instabilidade cromossômica e a alterações em genes como APC e TP53 (Chen *et al.*, 2026). Além disso, a inflamação intestinal crônica pode aumentar o estresse oxidativo e a produção de espécies reativas de oxigênio e nitrogênio, contribuindo para danos ao epitélio e progressão neoplásica (Chen *et al.*, 2026).

Em estudo caso-controle realizado no Canadá, com 1.760 indivíduos com CCR e 2.481 controles, Zhu *et al.* (2014) observaram que maior ingestão de NDMA esteve associada a aumento de 61% no risco de CCR. Os autores também identificaram maior associação entre elevada exposição à NDMA e baixa ingestão de vitamina E, sugerindo possível influência do estresse oxidativo e dos processos de nitrosação na carcinogênese colorretal.

Ruiz-Saavedra *et al.* (2024) avaliaram indivíduos submetidos ao rastreamento do câncer colorretal, classificados conforme os achados da colonoscopia e da análise histopatológica. O estudo investigou a ingestão de produtos cárneos e a exposição a NOCs, como NDMA, NPIP e NPYR, por meio de questionário alimentar. Os autores observaram que o consumo superior a 50 g/dia esteve associado a maiores concentrações fecais de NOCs totais e compostos de ferro heme, sugerindo relação entre o consumo frequente desses produtos e alterações na mucosa colorretal.

Em síntese, alterações genéticas, mutações em genes envolvidos na regulação celular e instabilidade cromossômica contribuem para a transformação do tecido normal em tumor maligno. A exposição contínua da mucosa intestinal a compostos N-nitrosos, com destaque para a NDMA, formados a partir de nitratos e nitritos presentes em produtos cárneos, pode favorecer esse processo e a progressão para o adenocarcinoma (Figura 2) (Chen *et al.*, 2026; Shi *et al.*, 2026; Wong; Yu, 2019).

Figura 2 – Progressão do câncer colorretal



Fonte: Autoria própria.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante das evidências expostas, o consumo rotineiro de produtos cárneos sugere expor o organismo a nitratos e nitritos, que favorecem a formação de compostos N-nitrosos, principalmente a NDMA, os quais podem contribuir para a via carcinogênica adenoma-adenocarcinoma. Contudo, o desenvolvimento do câncer colorretal não pode ser atribuído isoladamente a esse fator, sendo importante considerar, além do consumo de produtos cárneos, a ingestão de micronutrientes como as vitaminas C e E, que apresentaram potencial protetor por interferirem nos processos de nitrosação. Ainda assim, o consumo desses produtos configura um fator de risco relevante para o câncer colorretal, especialmente diante do aumento de seu consumo pela população. Dessa maneira, faz-se necessário intensificar o monitoramento dos nitratos e nitritos em produtos cárneos, assegurar o cumprimento dos limites estabelecidos e ampliar as pesquisas sobre a formação de compostos N-nitrosos. Paralelamente, destaca-se a importância de uma alimentação equilibrada, com preferência por alimentos *in natura* ou minimamente processados, como estratégia de promoção e proteção da saúde.

REFERÊNCIAS

BARROS, Dayane de Melo *et al.* Principais Técnicas de Conservação dos Alimentos/ Main Food Preservation Techniques. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 1, p. 806–821, 7 jan. 2020. DOI: 10.34117/bjdv6n1-056.

- BONIFACIE, Aline *et al.* New Insights into the Chemical Reactivity of Dry-Cured Fermented Sausages: Focus on Nitrosation, Nitrosylation and Oxidation. **Foods**, v. 10, n. 4, p. 852, 14 abr. 2021. DOI: 10.3390/foods10040852.
- CHEN, Yue *et al.* Colorectal cancer pathogenesis, oncogenic signaling networks and targeted therapeutic advances. **Molecular Biomedicine**, v. 7, n. 1, p. 32, 14 mar. 2026. DOI: 10.1186/s43556-026-00433-4.
- D'UNIENVILLE, Noah M. A. *et al.* Effect of food sources of nitrate, polyphenols, L-arginine and L-citrulline on endurance exercise performance: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 18, n. 1, p. 76, 29 dez. 2021. DOI: 10.1186/s12970-021-00472-y.
- FURLAN, Valcenir Júnior Mendes; UGALDE, Zacouteguy. Determinação de nitrato e nitrito em produtos cárneos: adequação à legislação. **MAGISTRA**, [S. l.], v. 31, p. 559–567, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufrb.edu.br/index.php/magistra/article/view/4352>. Acesso em: 20 set. 2026.
- GUASTI, Luigina *et al.* Ultra-processed foods, lifestyle management, and cardiovascular diseases. **European Heart Journal**, v. 47, n. 27, p. 3456–3473, 6 maio 2026. DOI:10.1093/eurheartj/ehag226.
- IAMMARINO, Marco; BERARDI, Giovanna; TOMASEVIC, Igor; NARDELLI, Valeria. Effect of different cooking treatments on the residual level of nitrite and nitrate in processed meat products and margin of safety (MoS) assessment. **Foods**, v. 12, n. 4, p. 869, 2023. DOI: 10.3390/foods12040869.
- KLIEMANN, Nathalie *et al.* Ultra-processed foods and cancer risk: from global food systems to individual exposures and mechanisms. **British Journal of Cancer**, v. 127, n. 1, p. 14–20, 1 jul. 2022. DOI: 10.1038/s41416-022-01749-y.
- LOPES, Mariana Souza *et al.* Disparidade no consumo de carne: um obstáculo para alcance da regra de ouro do Guia Alimentar para a População Brasileira? **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 34, p. e20240355, 2025. DOI: 10.1590/S2237-96222025v34e20240355.pt.
- LOUZADA, Maria Laura da Costa *et al.* Consumo de alimentos ultraprocessados no Brasil: distribuição e evolução temporal 2008–2018. **Revista de Saúde Pública**, v. 57, p. 12, 2023. DOI: 10.11606/s1518-8787.2023057004442.
- MONTEIRO, Carlos Augusto *et al.* **Ultra-processed foods, diet quality, and health using the NOVA classification system**. FAO, Rome, 2019.
- NADER, Marzieh *et al.* The residual nitrate and nitrite levels in meat products in Iran: A systematic review, meta-analysis and health risk assessment. **Environmental Research**, v. 207, p. 112180, maio 2022. DOI:10.1016/j.envres.2021.112180.

- NOGACKA, Alicja *et al.* Xenobiotics Formed during Food Processing: Their Relation with the Intestinal Microbiota and Colorectal Cancer. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 20, n. 8, p. 2051, 25 abr. 2019. DOI:10.3390/ijms20082051.
- OSBURN, Wesley N. Processed meats: the intersection of legacy and progress. **Animal Frontiers**, v. 16, n. 1, p. 3-4, 2026. DOI: 10.1093/af/vfag001.
- PAPADIMITRIOU, Nikos *et al.* A Prospective Diet-Wide Association Study for Risk of Colorectal Cancer in EPIC. **Clinical Gastroenterology and Hepatology**: The Official Clinical Practice Journal of the American Gastroenterological Association, v. 20, n. 4, p. 864- 873.e13, abr. 2022. DOI: 10.1016/j.cgh.2021.04.028.
- PATHAK, Priyadarshini S.; CHAN, Gloria; DEMING, Dustin A.; CHEE, Cheng Ean. State-of-the-art management of colorectal cancer: treatment advances and innovation. **American Society of Clinical Oncology Educational Book**, v. 44, n. 3, e438466, 2024. DOI: 10.1200/EDBK_438466.
- ROSHANDEL, Gholamreza; GHASEMI-KEBRIA, Fatemeh; MALEKZADEH, Reza. Colorectal cancer: epidemiology, risk factors, and prevention. **Cancers**, v. 16, n. 8, p. 1530, 2024. DOI: 10.3390/cancers16081530.
- RUIZ-SAAVEDRA, Sergio *et al.* Dietary Nitrosamines from Processed Meat Intake as Drivers of the Fecal Excretion of Nitrosocompounds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 72, n. 31, p. 17588–17598, 7 ago. 2024. DOI:10.1021/acs.jafc.4c05751.
- SEYYEDSALEHI, Mohammad Sadegh *et al.* Association of Dietary Nitrate, Nitrite, and N-Nitroso Compounds Intake and Gastrointestinal Cancers: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Toxics**, v. 11, n. 2, 17 fev. 2023. DOI: 10.3390/toxics11020190.
- SHENG, Siyuan *et al.* Residual nitrite and nitrate in processed meats and meat analogues in the United States. **Scientific Reports**, v. 15, n. 1, p. 3269, 25 jan. 2025. DOI:10.1038/s41598-025-87563-x.
- SHI, Ziwei *et al.* Endogenous formation of N-nitrosodimethylamine (NDMA) from dietary nitrite and nitrate intake and its association with cancer risk. **Food and Chemical Toxicology**, v. 212, p. 116032, jun. 2026. DOI:10.1016/j.fct.2026.116032.
- VENTURA, Sheila F. *et al.* Nitrito residual em salsichas comercializadas no Brasil procedentes de indústrias fiscalizadas pelo Serviço de Inspeção Federal. **Brazilian Journal of Veterinary Medicine**, v. 39, n. 2, p. 111–114, 2017. DOI:10.29374/2527-2179.bjvm0275.
- WCRF. **Diet, Nutrition, Physical Activity and Cancer: a Global Perspective**. Third Expert Report. World Cancer Research Fund / American Institute for Cancer Research, 2018.
- WONG, Sunny H.; YU, Jun. Gut microbiota in colorectal cancer: mechanisms of action and clinical applications. **Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology**, v. 16, n. 11, p. 690-704, 2019. DOI: 10.1038/s41575-019-0209-8.

ZHANG, Yin *et al.* Nitrite and nitrate in meat processing: Functions and alternatives. **Current Research in Food Science**, v. 6, p. 100470, 24 fev. 2023. DOI: 10.1016/j.crfs.2023.100470.

ZHU, Yun *et al.* Dietary N-nitroso compounds and risk of colorectal cancer: a case-control study in Newfoundland and Labrador and Ontario, Canada. **British Journal of Nutrition**, v. 111, n. 6, p. 1109–1117, mar. 2014. DOI:10.1017/S0007114513003462.

CAPÍTULO V

ANÁLISE DA EXPOSIÇÃO PRECOCE A ADITIVOS QUÍMICOS NA PRIMEIRA INFÂNCIA DECORRENTE DO COMPORTAMENTO ALIMENTAR

ANALYSIS OF EARLY EXPOSURE TO CHEMICAL ADDITIVES IN EARLY CHILDHOOD RESULTING FROM EATING BEHAVIOR

DOI: 10.51859/ampla.cnc6385-5

Ana Alice de Matos Alves¹

Ana Júlia Andrade de Souza¹

Matheus Cosmo de Sousa¹

Walter de Paula Pinto Neto²

Michelle Maria Barreto de Souza³

¹ Graduandos(as) do curso de Nutrição. Centro Universitário Maurício de Nassau– UNINASSAU, Campus Graças, Recife, PE, Brasil.

² Doutor em Ciências Biológicas. Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

³ Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal da Paraíba – UFPB

RESUMO

O consumo precoce de alimentos ultraprocessados e a exposição a aditivos alimentares na primeira infância podem influenciar o comportamento alimentar e a saúde infantil. Este estudo teve como objetivo analisar a literatura sobre a exposição precoce a aditivos alimentares, considerando sua relação com o consumo de alimentos ultraprocessados, o comportamento alimentar e as possíveis repercussões à saúde infantil. Foi realizada uma revisão narrativa da literatura, de natureza qualitativa e objetivo descritivo, com buscas nas bases SciELO, Portal de Periódicos CAPES, PubMed e Web of Science, considerando publicações em português e inglês, no período de 2013 a 2026. Os resultados indicam que o comportamento alimentar infantil é influenciado por fatores individuais, familiares e ambientais, incluindo a atuação dos cuidadores, a disponibilidade de alimentos e as experiências alimentares. O consumo precoce de ultraprocessados e a exposição a aditivos, especialmente corantes, podem estar associados a reações alérgicas, alterações comportamentais e riscos metabólicos. Conclui-se que, apesar da regulamentação dos aditivos, é importante priorizar alimentos in natura e minimamente processados, reduzir a oferta e a frequência de ultraprocessados e promover ações de educação alimentar e nutricional para favorecer hábitos alimentares saudáveis desde a primeira infância.

Palavras-chave: Alimentos ultraprocessados. Corantes de alimentos. Educação alimentar e nutricional. Hábitos alimentares. Práticas parentais.

ABSTRACT

The early consumption of ultra-processed foods and exposure to food additives in early childhood may influence eating behavior and child health. This study aimed to analyze the literature on early exposure to food additives, considering its relationship with the consumption of ultra-processed foods, eating behavior, and possible repercussions on child health. A narrative literature review of a qualitative nature and descriptive objective was conducted, with searches in the SciELO, CAPES Journal Portal, PubMed, and Web of Science databases, considering publications in Portuguese and English from 2013 to 2026. The results indicate that children's eating behavior is influenced by individual, family, and environmental factors, including caregiver involvement, food availability, and eating experiences. Early consumption of ultra-processed foods and exposure to additives, especially colorants, may be associated with allergic reactions, behavioral changes, and metabolic risks. It is concluded that, despite the regulation of additives, it is important to prioritize fresh or minimally processed foods, reduce the availability and frequency of ultra-processed foods, and promote food and nutrition education initiatives to encourage healthy eating habits from early childhood.

Keywords: Eating habits. Food and nutrition education. Food coloring agents. Parenting practices. Ultra-Processed foods.



1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o padrão alimentar da população passou por mudanças significativas, especialmente em razão do aumento da disponibilidade, da variedade e do consumo de alimentos ultraprocessados. A formulação desses produtos, frequentemente caracterizada pela combinação de ingredientes, aditivos, aromatizantes e outros componentes, associada à apresentação e às estratégias de marketing, pode favorecer o consumo frequente e em maiores quantidades (Monteiro et al., 2019).

A primeira infância constitui uma etapa fundamental do desenvolvimento físico, cognitivo, emocional e social. Nesse período, são estabelecidos hábitos alimentares que podem influenciar as escolhas alimentares posteriores e a qualidade geral da dieta ao longo da vida. A oferta precoce e frequente de alimentos ultraprocessados pode reduzir a participação de alimentos in natura ou minimamente processados na alimentação infantil, contribuindo para padrões alimentares com menor densidade de fibras, vitaminas e minerais. Por essa razão, o Guia Alimentar para Crianças Brasileiras Menores de 2 Anos recomenda evitar o consumo de alimentos ultraprocessados nessa fase e priorizar práticas alimentares adequadas às necessidades e características do desenvolvimento infantil (Brasil, 2019).

As inadequações alimentares durante a infância podem comprometer o estado nutricional e repercutir negativamente no desenvolvimento global da criança, com possíveis consequências que se estendem até a vida adulta (Cunha et al., 2015). Considerando que grande parte do desenvolvimento físico, cognitivo e emocional ocorre nessa etapa, a infância deve ser compreendida como um período estratégico para a avaliação da alimentação e para o estímulo à formação de hábitos alimentares saudáveis.

O comportamento alimentar infantil é determinado pela interação entre fatores individuais, familiares e ambientais. A disponibilidade de alimentos no domicílio, o exemplo oferecido pelos cuidadores, a pressão para que a criança coma, o uso de alimentos como recompensa, a publicidade e a praticidade dos produtos industrializados podem influenciar a aceitação dos alimentos e a frequência de seu consumo. Nesse contexto, práticas parentais responsivas, que respeitam os sinais de fome e saciedade da criança, tendem a favorecer o desenvolvimento da autonomia e uma melhor autorregulação alimentar. Em contrapartida, estratégias coercitivas podem prejudicar a relação da criança com a alimentação e interferir

na percepção de suas próprias necessidades alimentares (Mahmood et al., 2021; Neves et al., 2024).

As práticas parentais também apresentam relação importante com o estado nutricional e com a formação dos hábitos alimentares infantis. A oferta excessiva de alimentos industrializados, a pouca participação dos pais nas refeições e a ausência de acompanhamento adequado podem contribuir para o desenvolvimento de comportamentos alimentares problemáticos e aumentar o risco de obesidade infantil. Por outro lado, práticas parentais autoritativas, caracterizadas pelo estabelecimento de limites associados ao diálogo, ao acolhimento e ao monitoramento ativo, estão relacionadas a melhores resultados nutricionais e à construção de hábitos alimentares mais saudáveis (Neves et al., 2024).

No que se refere aos aditivos alimentares, esses são definidos como substâncias adicionadas intencionalmente aos alimentos com o objetivo de desempenhar funções tecnológicas específicas, como conservar, estabilizar, realçar características sensoriais ou modificar a textura dos produtos. A avaliação de sua segurança deve considerar a finalidade de uso, a quantidade empregada, a frequência de exposição, o peso corporal, a Ingestão Diária Aceitável (IDA) e a regulamentação aplicável. Dessa forma, a simples presença de um aditivo em determinado alimento não significa, isoladamente, que seu consumo provocará danos à saúde. Da mesma maneira, eventuais efeitos associados ao padrão alimentar baseado em alimentos ultraprocessados não devem ser automaticamente atribuídos a uma única substância, uma vez que esses produtos apresentam formulações complexas e são consumidos no contexto geral da dieta.

Diante desse cenário, torna-se relevante investigar a exposição precoce a aditivos alimentares durante a primeira infância, considerando sua relação com o comportamento alimentar, a frequência de consumo de alimentos ultraprocessados e as possíveis repercussões à saúde infantil. Assim, o estudo tem como objetivo analisar a literatura disponível sobre essa temática, contemplando tanto os fatores que influenciam as escolhas alimentares das crianças quanto a importância das práticas parentais e da avaliação criteriosa da segurança dos aditivos alimentares.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. ADITIVOS ALIMENTARES, EXPOSIÇÃO NA PRIMEIRA INFÂNCIA E POSSÍVEIS REPERCUSSÕES À SAÚDE

Os aditivos alimentares são definidos como substâncias adicionadas intencionalmente aos alimentos com a finalidade de modificar suas características físicas, sensoriais, químicas ou biológicas, sem exercer uma função nutricional. Sua utilização pode contribuir para melhorar a segurança dos alimentos, prolongar sua vida útil, preservar características específicas, modificar textura e sabor ou tornar os produtos visualmente mais atraentes ao consumidor (Honorato et al., 2013). De acordo com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), esses compostos podem ser incorporados aos alimentos durante diferentes etapas, como processamento, preparação, tratamento, embalagem, acondicionamento, armazenamento, transporte, manipulação ou outras fases de fabricação.

A regulamentação e a avaliação da segurança dos aditivos alimentares envolvem órgãos e instituições internacionais, como a Organização Mundial da Saúde (OMS) e a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), responsáveis pelo programa Codex Alimentarius (Kraemer et al., 2021). A análise da segurança dessas substâncias é realizada pelo Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA), com base em diferentes parâmetros toxicológicos. Entre eles, destaca-se o No Observed Adverse Effect Level (NOAEL), que corresponde à maior quantidade de uma substância que, em estudos experimentais, não produziu efeitos tóxicos observáveis. A partir desse valor, estabelece-se a Ingestão Diária Aceitável (IDA), que representa a quantidade de determinada substância que pode ser consumida diariamente ao longo da vida sem apresentar riscos aparentes à saúde, considerando as margens de segurança adequadas (Honorato et al., 2013).

Entre as diversas classes de aditivos empregados pela indústria alimentícia, os corantes estão entre os mais utilizados, principalmente na fabricação de produtos destinados ao público infantil. Sua principal função é melhorar a aparência dos alimentos, tornando-os mais coloridos e atraentes. Entretanto, estudos têm investigado possíveis efeitos adversos relacionados ao consumo dessas substâncias, especialmente entre crianças, que podem apresentar maior vulnerabilidade em razão de características relacionadas ao peso corporal, ao desenvolvimento dos sistemas orgânicos e aos padrões alimentares próprios da infância (Kraemer et al., 2021).

2.2. CORANTES ARTIFICIAIS E POSSÍVEIS EFEITOS TOXICOLÓGICOS

Entre os principais corantes artificiais presentes em alimentos industrializados, destacam-se a tartrazina, o vermelho allura, a eritrosina e o amarelo crepúsculo. Pesquisas associam o consumo elevado desses compostos à possibilidade de ocorrência de reações alérgicas, alterações comportamentais e danos celulares, principalmente quando a exposição ocorre em grandes quantidades ou de forma frequente (Honorato et al., 2013). A ANVISA estabelece limites máximos para a utilização desses aditivos nos alimentos. Contudo, o consumo frequente de produtos industrializados pode favorecer uma exposição cumulativa, especialmente em crianças cuja alimentação é baseada em alimentos processados e ultraprocessados. Nesses casos, a ingestão total pode se aproximar ou ultrapassar os níveis considerados seguros, de acordo com o peso corporal e os critérios utilizados para estabelecer a IDA.

A relação entre os corantes artificiais e os efeitos toxicológicos deve ser compreendida considerando a dose, a frequência e a duração da exposição, bem como a sensibilidade individual. Estudos experimentais citados na literatura indicam que os corantes alimentares podem apresentar potencial genotóxico em determinadas doses. Em uma investigação envolvendo 39 substâncias químicas utilizadas como aditivos alimentares, os corantes foram considerados os compostos com maior potencial de indução de danos ao material genético. Amaranto, vermelho allura, new coccine, tartrazina, eritrosina, floxina e rosa bengala foram apontados entre os que mais induziram danos ao DNA, inclusive em órgãos do sistema gastrointestinal, em doses de 10 ou 100 mg/kg (Honorato et al., 2013).

Esses resultados experimentais indicam a necessidade de atenção quanto à exposição prolongada e ao consumo frequente de produtos que contêm diversos aditivos. Entretanto, a interpretação dos achados deve considerar que os efeitos observados em estudos experimentais dependem das condições de exposição, das doses utilizadas e das características específicas de cada substância. Assim, a avaliação da segurança deve ser realizada de forma individualizada e fundamentada em evidências toxicológicas e regulatórias.

2.3. PRIMEIRA INFÂNCIA E VULNERABILIDADE TOXICOLÓGICA

A primeira infância é uma fase que exige atenção especial quanto à exposição alimentar e toxicológica. Para avaliar os possíveis efeitos dos aditivos, é necessário considerar

o peso corporal da criança, o estágio de desenvolvimento dos sistemas orgânicos e os padrões de consumo. Em comparação com os adultos, as crianças ingerem maiores quantidades de alimentos e líquidos por quilograma de peso corporal. Além disso, durante essa fase, o metabolismo e o sistema imunológico ainda estão em processo de desenvolvimento, o que pode aumentar a vulnerabilidade aos efeitos de determinadas substâncias presentes nos alimentos.

Como a IDA é estabelecida com base no peso corporal, crianças que consomem regularmente alimentos processados e ultraprocessados podem atingir níveis de ingestão proporcionalmente mais elevados do que os adultos. A exposição precoce e contínua a essas substâncias pode apresentar implicações importantes para a saúde e aumentar as possibilidades de desenvolvimento de doenças crônicas, como diabetes, hipertensão e obesidade (Kraemer et al., 2021).

Os estudos experimentais também podem contribuir para a identificação de mecanismos de genotoxicidade e de outros efeitos biológicos em doses específicas. No caso dos corantes alimentares, os resultados apresentados na literatura apontam para a necessidade de investigar as consequências de uma exposição prolongada, principalmente em fases de maior vulnerabilidade do desenvolvimento. Entretanto, a avaliação dos riscos deve considerar o conjunto de fatores relacionados à exposição, incluindo a quantidade consumida, o tempo de contato, a composição total da dieta e as características individuais da criança. (Kraemer et al., 2021).

2.4. CONSUMO DE ALIMENTOS ULTRAPROCESSADOS NA PRIMEIRA INFÂNCIA

O consumo de alimentos ultraprocessados por crianças aumentou significativamente nas últimas décadas, tornando-se uma questão relevante de saúde pública. Esses produtos são geralmente elaborados a partir de substâncias extraídas de alimentos ou sintetizadas em laboratórios e apresentam, com frequência, elevadas quantidades de açúcares, gorduras, sódio e aditivos alimentares (Monteiro et al., 2019).

A introdução precoce desses produtos ocorre por diferentes motivos. Entre eles estão a praticidade, a elevada palatabilidade e a influência do marketing direcionado ao público infantil. Salgadinhos, bebidas adoçadas, embutidos, biscoitos recheados, cereais açucarados e iogurtes artificiais estão presentes na alimentação de muitas crianças durante os primeiros

anos de vida, ocupando, em diversas situações, o lugar de alimentos in natura ou minimamente processados (Jaques, 2020).

O Guia Alimentar para Crianças Brasileiras Menores de 2 Anos, elaborado pelo Ministério da Saúde, recomenda que o consumo de alimentos ultraprocessados seja evitado durante a infância. Essa orientação está relacionada aos possíveis impactos desses produtos sobre a saúde a longo prazo e à formação dos hábitos alimentares (Brasil, 2014). A redução da oferta de ultraprocessados e a valorização de alimentos adequados à idade são, portanto, medidas importantes para favorecer uma alimentação mais equilibrada desde os primeiros anos de vida.

2.5. CONSEQUÊNCIAS PARA A SAÚDE ASSOCIADAS AO CONSUMO DE ADITIVOS E ULTRAPROCESSADOS

O consumo elevado de alimentos ultraprocessados tem sido relacionado a diferentes consequências para a saúde, podendo afetar múltiplos sistemas do organismo infantil. Esses produtos geralmente apresentam elevada quantidade de açúcares, gorduras, sódio e aditivos, ao mesmo tempo em que podem substituir alimentos in natura ou minimamente processados, fontes importantes de fibras, vitaminas, minerais e outros nutrientes essenciais.

Além dos possíveis efeitos sobre o estado nutricional e o metabolismo, pesquisas têm investigado a relação entre o consumo de ultraprocessados e a função cognitiva. Uma maior proporção da ingestão diária de energia proveniente desses alimentos foi associada ao declínio cognitivo em adultos de uma amostra etnicamente diversa. Esses achados reforçam as recomendações de saúde pública que orientam a limitação do consumo de alimentos ultraprocessados devido ao seu potencial impacto negativo sobre a função cognitiva (Gonçalves et al., 2023). Embora esse resultado tenha sido observado em adultos, ele contribui para o debate sobre os possíveis efeitos de padrões alimentares baseados em ultraprocessados ao longo do curso da vida.

2.6. ALERGIAS E REAÇÕES DE HIPERSENSIBILIDADE

A alergia consiste em uma resposta do sistema imunológico a uma substância externa considerada anormal pelo organismo. Atualmente, observa-se aumento no número de crianças que apresentam reações alérgicas, fenômeno que pode estar relacionado a diferentes fatores, incluindo o crescimento do consumo de alimentos industrializados. Em

indivíduos suscetíveis, esse padrão alimentar pode contribuir para o aumento da quantidade total de imunoglobulina E (IgE), associada às respostas alérgicas (Jaques, 2020).

Alguns aditivos alimentares podem estar relacionados a manifestações como asma, reações anafiláticas e alergias cutâneas em crianças (Moghtaderi et al., 2016). Entre as substâncias investigadas estão corantes artificiais, como a tartrazina, o amarelo crepúsculo e o caramelo IV, além do hidroxitolueno butilado (BHT) e do hidroxianisol butilado (BHA). O BHA e o BHT são antioxidantes utilizados para retardar a deterioração de gorduras e óleos. Existem relatos raros de que esses compostos podem agravar quadros de urticária crônica, caracterizada pela presença prolongada de lesões e reações na pele (Pepper et al., 2020).

Em um estudo com 100 pacientes com urticária crônica, 43 relataram reações anteriores a aditivos alimentares ou medicamentos. Inicialmente, apenas dois participantes apresentaram resposta urticariforme em testes cegos com 11 aditivos alimentares comuns, entre eles BHA, BHT, glutamato monossódico, nitrato de sódio, nitrito de sódio, tartrazina e benzoato de sódio. No entanto, nenhum dos dois pacientes apresentou reação em um teste duplo-cego, controlado por placebo, realizado posteriormente. Esse resultado demonstra a complexidade da identificação dos aditivos responsáveis por reações de hipersensibilidade e a importância de métodos controlados para confirmar uma relação causal (Pepper et al., 2020).

Os conservantes também têm sido associados a manifestações alérgicas e de hipersensibilidade, como rinite, urticária e angioedema. A ocorrência desses quadros em crianças é motivo de preocupação, sendo fundamental identificar os aditivos específicos envolvidos para orientar a prevenção e o manejo adequado das reações (Pepper et al., 2020).

2.7. TÍTULO 2 NEURODESENVOLVIMENTO E COMPORTAMENTO INFANTIL

A relação entre o consumo de aditivos e os desfechos comportamentais na infância permanece como tema de investigação. Estudos têm analisado especialmente o consumo de alimentos ultraprocessados ricos em aditivos e sua possível associação com alterações no comportamento infantil. Um estudo de coorte realizado no Canadá indicou que o alto consumo desses produtos por crianças entre 3 e 5 anos esteve associado à presença de sintomas como hiperatividade, ansiedade e problemas emocionais (Kavanagh et al., 2026).

Uma revisão conduzida por Miller et al. (2022) também reforçou a existência de associações entre corantes sintéticos e impactos comportamentais em crianças, destacando,

contudo, a importância da sensibilidade individual. Isso significa que as respostas podem variar entre as crianças e que os efeitos não necessariamente ocorrem de maneira uniforme em toda a população infantil.

A exposição pode começar ainda mais cedo. Estudos sugerem que o consumo de alimentos ultraprocessados durante a gestação pode produzir efeitos sobre o feto, indicando uma possível janela de vulnerabilidade anterior ao nascimento. Entre os mecanismos investigados estão a liberação de histamina, a interferência na atividade de neurotransmissores e o estresse oxidativo. Além disso, uma alimentação caracterizada pelo elevado consumo de ultraprocessados, sódio e gorduras saturadas pode estar associada à baixa ingestão de proteínas, fibras e micronutrientes essenciais, como zinco, magnésio e vitaminas A, E, D, C e B12. Esses nutrientes participam do desenvolvimento neurológico, da formação e do amadurecimento cerebral, podendo influenciar aspectos relacionados ao comportamento e ao desenvolvimento humano em diferentes fases da vida (Becerra-Tomás et al., 2026).

2.7.1. Comportamento alimentar e influência dos cuidadores

O comportamento alimentar infantil é construído a partir da interação entre o ambiente familiar, as características individuais da criança e as práticas adotadas pelos cuidadores. A disponibilidade de alimentos ultraprocessados no domicílio e em outros ambientes de convivência, a exposição à publicidade e o uso de alimentos como recompensa podem aumentar a preferência infantil por produtos de elevada palatabilidade. Esses fatores podem contribuir para a substituição de alimentos naturais por produtos industrializados, especialmente quando estão associados à facilidade de acesso e ao consumo frequente (Mahmood et al., 2021; Neves et al., 2024).

Por outro lado, refeições realizadas em família ou em grupo, a oferta repetida de alimentos variados e a participação ativa dos cuidadores durante as refeições podem favorecer maior aceitação de alimentos in natura ou minimamente processados (Mahmood et al., 2021; Neves et al., 2024). A presença dos responsáveis no momento da alimentação possibilita a criação de experiências positivas, o estabelecimento de rotinas e o desenvolvimento gradual da autonomia alimentar.

A alimentação emocional também exerce papel importante durante a infância. A criança pode associar determinados alimentos a recompensa, conforto, celebração ou

redução da frustração. Entretanto, essa associação não deve ser atribuída diretamente aos aditivos alimentares. O sabor, a textura, a densidade energética, o contexto familiar e os processos de aprendizagem alimentar também participam da formação dessas relações. Dessa forma, a compreensão do comportamento alimentar infantil exige uma abordagem ampla, que considere tanto a composição dos produtos quanto o ambiente social e emocional em que a alimentação ocorre.

2.7.2. Doenças crônicas não transmissíveis e metabolismo

O consumo frequente de alimentos ultraprocessados ricos em aditivos tem sido relacionado ao aumento da obesidade infantil e de outras Doenças Crônicas Não Transmissíveis (DCNT). As evidências sobre o tema têm crescido, indicando possíveis associações entre o consumo de alimentos processados e diferentes consequências para a saúde. Produtos com elevada densidade energética, como refrigerantes, bebidas adoçadas artificialmente, alimentos refinados, fast foods, carnes processadas e alimentos ricos em sódio, podem contribuir para o aumento do risco de obesidade e de doenças crônicas (Monteiro et al., 2019).

Esses alimentos podem influenciar o metabolismo por diferentes mecanismos, incluindo alterações na microbiota intestinal e na regulação do apetite. A exposição precoce a esse padrão alimentar pode contribuir para a programação do organismo, aumentando o risco de desenvolvimento de condições metabólicas que podem persistir ou se manifestar na vida adulta (Monteiro et al., 2019).

Nesse sentido, a alimentação na primeira infância deve ser considerada parte importante da prevenção das DCNT. A substituição de alimentos in natura e minimamente processados por produtos ultraprocessados pode comprometer a qualidade nutricional da dieta e favorecer o consumo excessivo de açúcar, gordura, sódio e aditivos. Assim, a redução da exposição precoce a esses produtos, associada à participação ativa dos cuidadores e à oferta de alimentos variados e adequados à idade, pode contribuir para a formação de hábitos mais saudáveis e para a proteção da saúde infantil e futura.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que a exposição precoce a aditivos alimentares durante a primeira infância está associada, principalmente, ao consumo recorrente de alimentos ultraprocessados, cuja presença na alimentação infantil tem sido influenciada por fatores como praticidade, elevada

palatabilidade, disponibilidade no ambiente familiar, publicidade e hábitos alimentares dos cuidadores. Entre as principais classes de aditivos discutidas na literatura, destacam-se os corantes, aromatizantes, acidulantes, conservadores e antioxidantes, empregados com diferentes finalidades no processamento e na conservação dos alimentos.

As evidências analisadas indicam que o comportamento alimentar infantil é constituído a partir da interação entre características individuais, contexto familiar e experiências vivenciadas durante a alimentação, fazendo dos primeiros anos de vida uma fase relevante para a formação de hábitos alimentares e para a promoção de uma alimentação adequada e saudável. Embora os aditivos alimentares sejam regulamentados e apresentem limites de utilização definidos pelos órgãos competentes, a exposição na infância deve ser compreendida considerando a frequência e a quantidade de alimentos ultraprocessados consumidos, assim como o contexto alimentar no qual a criança está inserida.

Nesse sentido, torna-se relevante a adoção de estratégias que estimulem o consumo de alimentos in natura e minimamente processados, contribuindo para a redução da oferta e da frequência de alimentos ultraprocessados na alimentação infantil. A participação dos cuidadores assume papel essencial nesse processo, tanto na seleção e disponibilização dos alimentos quanto na construção de práticas e hábitos alimentares mais saudáveis. Dessa forma, ações de educação alimentar e nutricional, associadas à orientação dos responsáveis e à promoção de ambientes alimentares favoráveis, podem contribuir para diminuir a exposição desnecessária a aditivos e fortalecer práticas alimentares adequadas desde os primeiros anos de vida.

REFERÊNCIAS

- BECERRA-TOMÁS, Nerea; SANS, Josefa Canals; JARDÍ, Cristina; VOLTAS, Núria; HERNÁNDEZ-MARTÍNEZ, Carmen; ARIJA, Victoria. Ultra-processed food consumption during pregnancy and emotional and behavioral problems in offspring. *European Child & Adolescent Psychiatry*, 2026. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00787-026-03044-0>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00787-026-03044-0>. Acesso em: 14 maio 2026.
- BRAGA, Luiza Vargas Mascarenhas; SILVA, Alessandro Rangel Carolino Sales; ANASTÁCIO, Lucilene Rezende. Levantamento de aditivos alimentares em produtos alimentícios voltados para o público infantil. *Segurança Alimentar e Nutricional*, Campinas, v. 28, n. 00, e021013, 2021. DOI: <https://doi.org/10.20396/san.v28i00.8659994>. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/san/article/view/8659994>. Acesso em: 21 mar. 2026.

- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Diretoria Colegiada. Resolução RDC nº 778, de 1º de março de 2023: dispõe sobre os princípios gerais, as funções tecnológicas e as condições de uso de aditivos alimentares e coadjuvantes de tecnologia em alimentos. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 8 mar. 2023. Seção 1, p. 108. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/resolucao-rdc-n-778-de-1-de-marco-de-2023-468499613>. Acesso em: 13 maio 2026
- CECCATTO, Daiane; SPINELLI, Roseana Baggio; ZANARDO, Polachini Skzypek; RIBEIRO, Leonice Alzira. A influência da mídia no consumo alimentar infantil: uma revisão da literatura. *Perspectiva*, Erechim, v. 42, n. 157, p. 141–149, 2018. Disponível em: https://uricer.edu.br/site/pdfs/perspectiva/157_700.pdf. Acesso em: 14 maio 2026.
- DA SILVA, M. S.; VASCONCELOS, C. F. C.; JUSTI, J. Alfabetização e letramento de crianças parintinenses: contexto, percepções e possibilidades. *Contribuciones a las Ciencias Sociales*, [S. l.], v. 14, n. 7, p., 2021. Disponível em: <https://ojs.revistacontribuciones.com/ojs/index.php/clcs/article/view/72>. Acesso em: 14 set. 2026.
- FAO; WHO. Codex Alimentarius: general standard for food additives (CODEX STAN 192-1995). Roma: Joint FAO/WHO Food Standards Programme, 2025. Disponível em: https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B192-1995%252FCXS_192e.pdf. Acesso em: 14 maio 2026.
- GONÇALVES, Natalia Gomes; FERREIRA, Naomi Vidal; KHANDPUR, Neha; STEELE, Euridice Martinez; LEVY, Renata Bertazzi; LOTUFO, Paulo Andrade; BENSENOR, Isabela M.; CAMELLI, Paulo; MATOS, Sheila Maria Alvim de; MARCHIONI, Dirce M. Association between consumption of ultraprocessed foods and cognitive decline. *JAMA Neurology*, v. 80, n. 2, p. 142–150, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1001/jamaneurol.2022.4397>. Disponível em: <https://jamanetwork.com/journals/jamaneurology/fullarticle/2799140>. Acesso em: 17 ago. 2026.
- HARTMANN, Christina; SIEGRIST, Michael; HORST, Klazine van der. Snack frequency: associations with healthy and unhealthy food choices. *Public Health Nutrition*, v. 16, n. 8, p. 1487–1496, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1368980012003771>. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/public-health-nutrition/article/snack-frequency-associations-with-healthy-and-unhealthy-food-choices/888B1F635485431C612DE19B4BC9442D>. Acesso em: 22 abr. 2026.
- HONORATO, Thatyan Campos; SILVA, Elga Batista da; PEREIRA, Tatiana Pires; NASCIMENTO, Kamila de Oliveira do. Food additives: applications and toxicology. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, [S. l.], v. 8, n. 5, p. 1–11, 2013. DOI: <https://doi.org/10.18378/rvads.v8i5.1950>. Disponível em: <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/1950>. Acesso em: 13 mar. 2026.

- JAQUES, Ana Maria Correa. A influência dos aditivos alimentares no desenvolvimento de alergias em crianças. *Brazilian Journal of Health Review*, v. 3, n. 4, p. 10185–10195, 2020. DOI: <https://doi.org/10.34119/bjhrv3n4-243>. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJHR/article/view/14855/12280>. Acesso em: 13 maio 2025.
- KANSRA, Alvina R.; LAKKUNARAJAH, Sinduja; JAY, M. Susan. Childhood and adolescent obesity: a review. *Frontiers in Pediatrics*, v. 8, art. 581461, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3389/fped.2020.581461>. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/pediatrics/articles/10.3389/fped.2020.581461/full>. Acesso em: 28 mar. 2026.
- KAVANAGH, Meaghan E.; CHEN, Zheng Hao; TAMANA, Sukhpreet K. Ultraprocessed food consumption and behavioral outcomes in Canadian children. *JAMA Network Open*, v. 9, n. 3, e260434, 2026. DOI: <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2026.0434>. Disponível em: <https://jamanetwork.com/journals/jamanetworkopen/fullarticle/2845768>. Acesso em: 14 maio 2026.
- KRAEMER, Mariana Vieira dos Santos; FERNANDES, Ana Carolina; CHADDADI, Maria Cecília Cury; UGGIONI, Paula Lazzarin; RODRIGUES, Vanessa Mello; BERNARDO, Greyce Luci; PROENÇA, Rossana Pacheco da Costa. Aditivos alimentares na infância: uma revisão sobre consumo e consequências à saúde. *Revista de Saúde Pública*, v. 56, art. 32, 2022. Disponível em: <https://revistas.usp.br/rsp/en/article/view/197716/181944>. Acesso em: 21 mar. 2026.
- LIKHAR, Akanksha; BAGHEL, Prerna; PATIL, Manoj. Early childhood development and social determinants. *Cureus*, v. 14, n. 9, e29500, 2022. DOI: <https://doi.org/10.7759/cureus.29500>. Disponível em: <https://www.cureus.com/articles/112074-early-childhood-development-and-social-determinants>. Acesso em: 22 mar. 2026.
- MAHMOOD, Lubna; FLORES-BARRANTES, Paloma; MORENO, Luis A.; MANIOS, Yannis; GONZALEZ-GIL, Esther M. The influence of parental dietary behaviors and practices on children 's eating habits. *Nutrients*, v. 13, n. 4, art. 1138, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu13041138>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-6643/13/4/1138>. Acesso em: 16 maio 2026.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE (Brasil). Guia alimentar para a população brasileira. 2. ed. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2014. 158 p. Disponível em: https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-brasil/publicacoes-para-promocao-a-saude/guia_alimentar_populacao_brasileira_2ed.pdf. Acesso em: 28 mar. 2026.
- MOGHTADERI, Mozghan; HEJRATI, Zinatosadat; DEHGHANI, Zahra; DEHGHANI, Faranak; KOLAH, Niloofar. Sensitization to food additives in patients with allergy: a study based on skin test and open oral challenge. v. 15, p. 198-203, 2016. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27424134/>. Acesso em: 13 maio 2026.

- MONTEIRO, Carlos Augusto; CANNON, Geoffrey; MOUBARAC, Jean-Claude; LEVY, Renata Bertazzi; LOUZADA, Maria Laura C.; JAIME, Patrícia Constante. The UN Decade of Nutrition, the NOVA food classification and the trouble with ultra-processing. *Public Health Nutrition*, v. 21, n. 1, p. 5–17, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1368980017000234>. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/public-health-nutrition/article/un-decade-of-nutrition-the-nova-food-classification-and-the-trouble-with-ultraprocessing/DA3A4B1E5D8B7E0E2C6C7B4F8D8A4B4A>. Acesso em: 21 mar. 2026.
- NEVES, Stephanie Camargo Benevides et al. A influência familiar nos hábitos alimentares de crianças na fase pré-escolar. *Brazilian Journal of Health Review*, v. 7, n. 5, p. 72700–72715, 2024. DOI: <https://doi.org/10.34119/bjhrv7n5-124>. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJHR/article/view/72700/50948>. Acesso em: 10 ago. 2026.
- PEPPER, Amber N.; SRIAROON, Panida; GLAU, Mark C. Additives and preservatives: role in food allergy. *Journal of Food Allergy*, v. 2, n. 1, p. 119–123, 2020. DOI: <https://doi.org/10.2500/jfa.2020.2.200014>. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11250213/>. Acesso em: 13 maio 2026.
- SILVA, Giovana Vitoriano da. Obesidade na primeira infância: a influência dos pais no comportamento alimentar na infância. *Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences*, v. 7, n. 5, p. 1583–1592, 2025. DOI: <https://doi.org/10.36557/2674-8169.2025v7n5p1583-1592>. Disponível em: <https://bjih.emnuvens.com.br/bjih/article/view/5868>. Acesso em: 28 mar. 2026.

CAPÍTULO VI

STAPHYLOCOCCUS SPP. NA CADEIA PRODUTIVA DO LEITE: UMA ABORDAGEM SOB A PERSPECTIVA DE ONE HEALTH

STAPHYLOCOCCUS SPP. IN THE MILK PRODUCTION CHAIN: AND APPROACH FROM A ONE HEALTH PERSPECTIVE

DOI: 10.51859/ampla.cnc6385-6

Gabriela Doncato Duarte¹
Andréia Monique Lermen²
Amanda de Souza da Motta³

¹ Mestranda em Microbiologia Agrícola e do Ambiente. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS

² Pós-doutoranda no Programa de Pós-Graduação de Microbiologia Agrícola e do Ambiente. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS

³ Professora Titular do Departamento de Microbiologia, Imunologia e Parasitologia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS

RESUMO

O leite constitui um alimento de elevada importância nutricional e econômica, cuja qualidade microbiológica está diretamente relacionada às condições higiênico-sanitárias adotadas ao longo de sua produção. Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo discutir a importância de *Staphylococcus* spp. na cadeia produtiva do leite, destacando a importância da abordagem One Health. Para isso, foi realizada uma revisão bibliográfica com ênfase nos aspectos relacionados à segurança dos alimentos, boas práticas de produção, resistência antimicrobiana e fatores de persistência e virulência. A produção de leite seguro depende da adoção de boas práticas durante a ordenha, da adequada higienização de equipamentos e utensílios, da qualidade da água e do controle da carga microbiana, uma vez que falhas nesses processos podem favorecer a contaminação e comprometer a qualidade do produto. Entre as espécies de *Staphylococcus* de importância na cadeia leiteira, *Staphylococcus aureus* e *Staphylococcus chromogenes* destacam-se pela associação com casos de mastite, enquanto a formação de biofilmes favorece sua persistência em animais, equipamentos e superfícies. Além disso, a resistência antimicrobiana dificulta o controle das infecções e constitui uma preocupação para a saúde pública. Nesse contexto, a abordagem de One Health integra saúde animal, saúde humana, ambiente e segurança dos alimentos, reforçando a necessidade de ações conjuntas de prevenção e controle ao longo da cadeia produtiva do leite.

Palavras-chave: Biofilmes. One Health. Resistência antimicrobiana. Segurança dos alimentos. *Staphylococcus* spp.

ABSTRACT

Milk is a food of high nutritional and economic importance, and its microbiological quality is directly related to the hygienic and sanitary conditions adopted throughout its production. In this context, this study aimed to discuss the importance of *Staphylococcus* spp. in the milk production chain, highlighting the importance of the One Health approach. To this end, a literature review was conducted, focusing on aspects related to food safety, good production practices, antimicrobial resistance, and persistence and virulence factors. The production of safe milk depends on the adoption of good practices during milking, adequate cleaning and sanitization of equipment and utensils, water quality, and control of the microbial load, as failures in these processes may favor contamination and compromise product quality. Among the *Staphylococcus* species of importance in the dairy production chain, *Staphylococcus aureus* and *Staphylococcus chromogenes* stand out due to their association with cases of mastitis, while biofilm formation favors their persistence in animals, equipment, and surfaces. Furthermore, antimicrobial resistance hinders the control of infections and represents a public health concern. In this context, the One Health approach integrates animal health, human health, the environment, and food safety, reinforcing the need for joint prevention and control actions throughout the milk production chain.

Keywords: Antimicrobial Resistance. Biofilms. Food safety. One Health. *Staphylococcus* spp.

1. INTRODUÇÃO

Ao longo do tempo ocorreram modificações no modo de vida do ser humano e isso atravessou o modo de se alimentar. Atualmente, fatores sociais, culturais, econômicos e ambientais influenciam os hábitos alimentares da população no que tange às escolhas, à disponibilidade e ao consumo dos alimentos. Esses hábitos estão diretamente relacionados à saúde e à qualidade de vida da população (Martinelli; Cavalli, 2019). Nesse contexto, destaca-se o leite, que desempenha um papel importante ao longo da vida, especialmente durante a infância, por ser fonte de nutrientes essenciais para o crescimento e o desenvolvimento. Além de fornecer proteínas, lipídios, carboidratos, vitaminas e minerais, como o cálcio, o leite e seus derivados fazem parte dos hábitos alimentares de diversas populações e culturas (Lopes *et al.*, 2025).

Além da função de nutrir o corpo e promover a saúde, o alimento também precisa ser seguro para consumo (Martinelli; Cavalli, 2019). Portanto, a qualidade na produção de leite é um fator essencial para garantir a sua segurança. O leite, por sua composição rica em nutrientes, constitui um meio ideal para o crescimento de diversos microrganismos, incluindo aqueles que podem causar deterioração ou representar riscos à saúde pública, como *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* e *Salmonella* spp. A presença desses microrganismos patogênicos pode ocorrer devido a falhas em diferentes etapas do processo produtivo, desde a saúde da glândula mamária dos animais, passando pela higiene dos equipamentos e utensílios, até o manejo inadequado durante a ordenha e o armazenamento do leite. A adoção de rigorosas práticas higiênico-sanitárias durante a ordenha é fundamental para minimizar a carga microbiana do leite e reduzir a incidência de doenças no rebanho e na população (Mendonça; Paula; Vicentini, 2025).

Dentre os microrganismos mencionados, destacam-se as bactérias do gênero *Staphylococcus*, especialmente *Staphylococcus aureus* e *Staphylococcus chromogenes*, frequentemente associados à ocorrência de mastite em animais leiteiros (Peton; Le Loir, 2014; Santos *et al.*, 2016). Além disso, a formação de biofilmes favorece sua persistência em superfícies e equipamentos, enquanto a resistência aos antimicrobianos pode dificultar o controle das infecções, representando uma preocupação para a saúde animal e humana (Abreu *et al.*, 2020; Avila-Novoa *et al.*, 2021; Marques *et al.*, 2013). Portanto, a presença de *Staphylococcus* na cadeia produtiva do leite ultrapassa a dimensão da saúde animal,

envolvendo aspectos relacionados à segurança dos alimentos e à saúde pública, reforçando a importância de uma abordagem integrada sob a perspectiva de One Health. Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivo discutir a importância de *Staphylococcus* spp. na cadeia produtiva do leite, destacando a importância da abordagem One Health.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. LEITE: CARACTERÍSTICAS, QUALIDADE E SEGURANÇA MICROBIOLÓGICA

Segundo o Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA), o leite é obtido da ordenha completa, ininterrupta, em condições de higiene, de animais sadios, bem alimentados e descansados (Brasil, 2002). Por apresentar alto valor nutricional e composição rica em nutrientes, o leite também constitui um meio favorável ao crescimento de diversos microrganismos, incluindo espécies potencialmente patogênicas (Müller; Maciel; Rempel, 2022; Lopes *et al.*, 2025). No leite cru, a diversidade e a quantidade de microrganismos podem variar de acordo com as condições climáticas, as práticas de higiene do ordenhador, a limpeza do ambiente, dos utensílios e dos equipamentos utilizados na propriedade e as condições de armazenamento. Durante a ordenha e imediatamente após a extração do úbere, o leite pode ser contaminado por microrganismos presentes no ambiente, comprometendo sua qualidade e a de seus derivados (Winck *et al.*, 2011). Nesse contexto, surge o processo de pasteurização, que tem como objetivo eliminar microrganismos nocivos à saúde e reduzir significativamente a microbiota deteriorante, provocando mínimas alterações na sua composição química (Mata; Toledo; Pavia, 2012).

Concomitantemente à segurança da produção de leite, intensificaram-se os esforços para aprimorar a qualidade do produto. Atualmente, a qualidade do leite cru produzido no Brasil é monitorada pela Rede Brasileira de Qualidade do Leite (RBQL), por meio de parâmetros definidos pelo Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA), estabelecidos nas Instruções Normativas (IN) nº 76/2018 e nº 77/2018 (Brasil, 2018a; 2018b). A avaliação da qualidade do leite inclui análises microbiológicas, como a contagem bacteriana total (CBT) para o leite cru refrigerado e a contagem de microrganismos mesófilos para os leites pasteurizado e *Ultra-High Temperature* (UHT), e análises físico-químicas, como temperatura, acidez, densidade e índice crioscópico, a fim de garantir a inocuidade, a qualidade e a conformidade do leite e de seus derivados, conforme os padrões legais vigentes no país.

Além dos parâmetros previstos em legislação, a identificação de microrganismos indicadores pode contribuir para uma avaliação mais detalhada das condições higiênico-sanitárias da produção, pois esses microrganismos permitem inferir possíveis falhas no manejo, na higiene dos equipamentos ou na qualidade da água utilizada. Entre esses indicadores destacam-se coliformes, enterococos, *Escherichia coli*, microrganismos aeróbios mesófilos, psicrótrófos, termófilos, bolores e leveduras (Mata; Toledo; Pavia, 2012; Vallin *et al.*, 2009). Salienta-se que a qualidade microbiológica do leite está diretamente associada às condições higiênico-sanitárias adotadas durante a produção, especialmente ao manejo dos animais, à higienização dos equipamentos e à ordenha (FAO; IDF, 2013). Resíduos de leite nas superfícies dos equipamentos atuam como substrato para o desenvolvimento microbiano, enquanto falhas na limpeza e desinfecção, associadas à refrigeração inadequada, podem favorecer a multiplicação bacteriana e comprometer a qualidade do produto (López-Carlos *et al.*, 2023).

2.2. BOAS PRÁTICAS E CONDIÇÕES HIGIÊNICO-SANITÁRIAS NA PRODUÇÃO DE LEITE

A adoção de Boas Práticas Agropecuárias (BPA) na pecuária leiteira consiste na aplicação de procedimentos técnicos e operacionais em toda a cadeia produtiva, que visam à exclusão, remoção, eliminação ou inibição da multiplicação de microrganismos indesejáveis e à prevenção da presença de corpos estranhos. Essa prática tem como objetivo assegurar a obtenção de leite e derivados seguros, de qualidade e adequados para o consumo, em conformidade com os padrões exigidos, contribuindo assim para a sustentabilidade e a segurança dos alimentos no curto e no longo prazo (Vallin *et al.*, 2009; FAO; IDF, 2013).

O processo de ordenha é uma etapa que merece destaque, pois os procedimentos adotados exercem influência direta sobre a qualidade microbiológica do leite. Sob essa perspectiva, o ordenhador desempenha um papel fundamental no adequado funcionamento do processo, tanto no manejo dos animais quanto na adoção de medidas de higiene pessoal. Recomenda-se que esteja em boas condições de saúde, mantenha as unhas devidamente cortadas, as mãos higienizadas e utilize vestimentas apropriadas, reduzindo o risco de contaminação do leite durante a ordenha (FAO; IDF, 2013). Da mesma forma, a higienização adequada dos equipamentos e utensílios utilizados na ordenha é essencial para evitar a permanência e a multiplicação de microrganismos nas superfícies que entram em contato com o leite.

Entre as práticas adotadas durante a ordenha, destacam-se a avaliação dos primeiros jatos de leite, visando à identificação de alterações sugestivas de mastite, a assepsia dos tetos antes da ordenha (*pré-dipping*), seguida de secagem individual, e a assepsia após a ordenha (*pós-dipping*). Essas medidas contribuem para reduzir a carga microbiana presente na superfície dos tetos e o risco de ocorrência e disseminação de mastite. A organização do manejo e a identificação de animais com alterações clínicas também são importantes para reduzir a disseminação de agentes infecciosos no rebanho (Dias; Beloti; Oliveira, 2020).

Além dos cuidados supracitados, a qualidade da água utilizada durante o processo de ordenha constitui um fator crítico para a obtenção de leite com padrões sanitários adequados. Conforme estabelece a IN nº 51/2002, a água utilizada na produção de leite e nas indústrias de laticínios deve ser tratada, clorada e atender aos parâmetros microbiológicos e físico-químicos exigidos (Brasil, 2002). A utilização de água com elevada carga bacteriológica pode comprometer a saúde do rebanho, ocasionando, especialmente em animais jovens, quadros de diarreia, além de aumentar a incidência de mastite e comprometer a qualidade do leite, uma vez que favorece a contaminação dos equipamentos de ordenha e de refrigeração.

2.3. STAPHYLOCOCCUS SPP. NA CADEIA PRODUTIVA DO LEITE

Os estafilococos são cocos Gram-positivos e catalase-positivos, imóveis e não esporulados, geralmente encontrados isolados, aos pares, em cadeias curtas, ou agrupados em estruturas semelhantes a um cacho de uvas (Murray, 2017). O gênero compreende diversas espécies, muitas das quais estão associadas à pele e às membranas mucosas do homem e de outros animais, constituindo parte da microbiota e podendo, ocasionalmente, causar infecções oportunistas (Murray, 2017; Markey *et al.*, 2013).

Entre as espécies de importância veterinária, destacam-se *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus pseudintermedius*, *Staphylococcus chromogenes* e *Staphylococcus epidermidis*. A espécie *S. aureus* é um organismo patógeno oportunista, apresenta ampla distribuição entre diferentes hospedeiros e constitui um importante agente de infecções em animais, incluindo a mastite em animais leiteiros (Peton; Le Loir, 2014; Santos *et al.*, 2016). A mastite é caracterizada como uma inflamação da glândula mamária, geralmente desencadeada por infecções por microrganismos, e constitui uma importante enfermidade na produção leiteira devido aos impactos sobre a produção e a qualidade do leite (Silva, 2012; Peton; Le Loir, 2014).

Entre os estafilococos coagulase-negativos (SCN), destaca-se *Staphylococcus chromogenes*, inicialmente classificado como uma subespécie de *Staphylococcus hyicus*, no entanto, atualmente, é classificada como uma espécie independente (Hájek *et al.*, 1986). Essa espécie tem sido reportada como um dos principais SCN associado à mastite em rebanho leiteiro (Israel *et al.*, 2018; Israel *et al.*, 2022; Santos *et al.*, 2016).

Estudos demonstram que a presença de *Staphylococcus* spp. no leite pode afetar parâmetros, como a composição e Contagem de Células Somáticas (CCS) (Gomes *et al.*, 2021; Lavor *et al.*, 2019). As células somáticas presentes no leite são, predominantemente, células do sistema imunológico que migram do sangue para a glândula mamária com a finalidade de combater microrganismos responsáveis pela mastite. Além dessas, também podem estar presentes células epiteliais descamadas (Vallin *et al.*, 2009). Dessa forma, a CCS constitui um importante indicador da ocorrência de infecções intramamárias, podendo apresentar elevações de diferentes magnitudes conforme o agente infeccioso envolvido (Gomes *et al.*, 2021).

2.4. RESISTÊNCIA ANTIMICROBIANA EM STAPHYLOCOCCUS SPP.

Antimicrobianos são substâncias com a capacidade de eliminar microrganismos ou inibir seu crescimento (Melo; Duarte; Soares, 2012). Portanto, o tratamento e a profilaxia da mastite bovina são, em grande parte, fundamentados na utilização de agentes antimicrobianos. Contudo, o uso intensivo desses fármacos tem contribuído significativamente para o aumento da resistência antimicrobiana entre diversas espécies bacterianas isoladas de amostras de leite no Brasil (Lopes *et al.*, 2022).

A resistência aos antimicrobianos (RAM) refere-se à capacidade de microrganismos de sobreviverem e proliferarem, mesmo na presença de agentes antimicrobianos que, originalmente, seriam eficazes contra eles. A RAM pode ser de natureza intrínseca, decorrente de características estruturais ou funcionais específicas de determinada espécie, ou adquirida, geralmente associada ao uso indiscriminado ou inadequado de antimicrobianos (Costa; Silva Júnior, 2017).

A resistência a diferentes antimicrobianos representa um desafio para o controle das infecções, especialmente em espécies associadas à mastite. No contexto da produção de leite, estudos já demonstraram a presença de *Staphylococcus* resistente a antibióticos no leite e seus derivados (Abreu *et al.*, 2020; Avila-Novoa *et al.*, 2021), evidenciando o potencial risco à

saúde pública e ressaltando a necessidade do uso responsável de antibióticos na cadeia produtiva de alimentos.

Dessa forma, a ocorrência de *Staphylococcus* resistentes ao longo da cadeia produtiva envolve não apenas a saúde animal, mas também a segurança dos alimentos e a saúde humana. Sob a perspectiva de One Health, a resistência antimicrobiana deve ser abordada de maneira integrada, considerando a inter-relação entre a saúde humana e animal, a produção de alimentos e o meio ambiente. Nesse contexto, o uso racional de antimicrobianos e o monitoramento da resistência constituem medidas fundamentais para prevenir e controlar a disseminação de microrganismos resistentes ao longo da cadeia produtiva do leite.

2.5. MECANISMOS DE PERSISTÊNCIA E FATORES DE VIRULÊNCIA DE STAPHYLOCOCCUS SPP.

Além da resistência aos antibióticos, o sucesso do *S. aureus* como patógeno, tanto em humanos como em animais, decorre de um arsenal de fatores de virulência que evoluiu para combater os mecanismos de defesa dos hospedeiros (Myles; Datta, 2012). Dentre os fatores de virulência, o *S. aureus* é capaz de produzir enterotoxinas, hemolisinas, leucocidinas, coagulase, além de apresentar capacidade de formação de biofilme (Lima *et al.*, 2015; Sued-Karam *et al.*, 2024).

Biofilmes são comunidades microbianas organizadas em estruturas tridimensionais, embebidas em uma matriz extracelular heterogênea, composta majoritariamente por exopolissacarídeos (EPS). Essa configuração confere às bactérias características fisiológicas específicas, favorecendo sua sobrevivência em ambientes adversos aumentando sua resistência a antimicrobianos e dificultando a ação do sistema imune, especialmente dos macrófagos (Abee *et al.*, 2011; Marques *et al.*, 2013), sendo considerada uma importante estratégia de persistência e um fator associado à virulência.

No contexto da produção leiteira, *S. aureus* vem sendo frequentemente isolado em casos de mastite (Lavor *et al.*, 2019; Peton; Le Loir, 2014). As cepas que crescem sob a forma de biofilme apresentam maior persistência no ambiente e nos animais, o que contribui para infecções crônicas, redução da resposta imunológica e disseminação nos rebanhos. Além disso, essas infecções estão associadas à diminuição da produção e da qualidade do leite, resultando em impactos econômicos significativos (Marques *et al.*, 2013).

Os materiais utilizados na ordenha, como aço inoxidável (tanques, ordenhadeira, utensílios, tubulações, válvulas, trocadores de calor de placas, tanque de refrigeração,

drenos), polietileno, polipropileno, borracha e politetrafluoretileno (PTFE), são suscetíveis à colonização por microrganismos e a formação de biofilmes, mesmo após os procedimentos de limpeza no local (Goetz *et al.*, 2024). Além disso, a persistência de biofilmes de multiespécies pode acelerar a corrosão e deterioração das superfícies da linha de processamento de laticínios, facilitando a recolonização subsequente por microrganismos (Yuan *et al.*, 2020). Essa persistência também pode aumentar a frequência de manutenção e substituição do equipamento e a crescente dependência de desinfetantes, promovendo o desenvolvimento da resistência microbiana aos compostos ativos e diminuindo a eficiência da limpeza (Goetz *et al.*, 2024).

Na indústria de laticínios, a formação de biofilmes em equipamentos e utensílios permite a sobrevivência de microrganismos mesmo após procedimentos convencionais de higienização, favorecendo a contaminação cruzada e comprometendo a qualidade e a vida útil dos produtos. Além disso, a persistência de patógenos e de seus metabólitos, como toxinas, representa uma preocupação com a segurança dos alimentos (Lee *et al.*, 2014).

Diante desse cenário, o controle dos biofilmes é fundamental e depende do uso de agentes químicos eficazes, que apresentem facilidade de remoção e segurança na aplicação, sem comprometer as características sensoriais dos alimentos. Contudo, deve-se considerar também os efeitos corrosivos desses compostos sobre os equipamentos (Simões; Simões; Vieira, 2010).

Além da formação de biofilmes, outros fatores de virulência contribuem para a capacidade de *Staphylococcus* coagulase-positivos e coagulase-negativos de causar danos aos tecidos e estabelecer infecções. Entre esses fatores, destacam-se as hemolisinas, proteínas capazes de promover alterações nas membranas das células do hospedeiro (Silva, 2012). A produção de hemolisinas está diretamente relacionada à patogenicidade bacteriana, pois esses componentes promovem a degradação dos tecidos do hospedeiro, facilitando tanto a invasão e disseminação quanto a evasão da resposta imune (Chih-Wei *et al.*, 2011). Atualmente, as hemolisinas de *Staphylococcus* são classificadas em três tipos diferentes: alfa (α), beta (β) e gama (γ) (Silva, 2012).

A α -hemolisina é um dos principais fatores de patogenicidade de *S. aureus*, apresentando efeitos hemolíticos, dermonecróticos e neurotóxicos. Sua ação citotóxica e citolítica ocorre pela formação de poros nas membranas plasmáticas, podendo causar danos teciduais após o estabelecimento da infecção (Hepper *et al.*, 2013; Acosta *et al.*, 2017). Já a β -

hemolisina é produzida por aproximadamente 20% dos isolados de *S. aureus* e está frequentemente associada à mastite bovina. Atua como esfingomielinase, degradando membranas celulares ricas em esfingomielina e comprometendo sua integridade, tornando diferentes tipos celulares mais suscetíveis a alterações de pH e temperatura (Hepper *et al.*, 2013; Acosta *et al.*, 2017). Por fim, a γ -hemolisina é produzida por aproximadamente 99% das cepas de *S. aureus* (Prévost *et al.*, 1995), porém sua atividade é inibida pelo ágar, dificultando sua detecção em placas de ágar sangue (Dinges *et al.*, 2000; Ingmer *et al.*, 2024). Essa limitação metodológica pode ter contribuído para a subestimação de sua ocorrência e, consequentemente, de sua importância como fator de virulência.

Entre os principais fatores de virulência de *Staphylococcus* destacam-se também as enterotoxinas estafilocócicas (SEs), importantes agentes de intoxicação alimentar bacteriana e frequentemente associadas a surtos de doenças transmitidas por alimentos. Produzidas por diferentes espécies do gênero, são proteínas solúveis que apresentam atividade gastrointestinal e atuam como superantígenos, promovendo a ativação inespecífica de células T (Acosta *et al.*, 2017). A enterotoxigenicidade e o efeito emético estão relacionados à interação das toxinas com receptores neurais do trato gastrointestinal e à consequente estimulação do sistema nervoso central (Yulianto *et al.*, 2023). Além disso, as SEs apresentam resistência às proteases gastrointestinais e podem manter sua atividade após tratamentos térmicos, favorecendo sua persistência em alimentos processados, como leite pasteurizado e produtos lácteos (Acosta *et al.*, 2017).

A presença de *Staphylococcus* spp, especialmente, *S. aureus* em alimentos representa, portanto, um risco à saúde pública, uma vez que populações bacterianas em torno de 10^5 UFC/g podem produzir enterotoxinas em quantidades suficientes para provocar intoxicação (Martins *et al.*, 2016). A intoxicação por SEs apresenta curto período de incubação, geralmente de 2 a 6 horas, sendo caracterizada principalmente por náuseas, vômitos, dor abdominal e diarreia. A intensidade dos sintomas depende do tipo e da quantidade de toxina ingerida, bem como da suscetibilidade individual (Yulianto *et al.*, 2023). Esse quadro apresenta particular relevância para surtos associados ao consumo de leite e derivados, nos quais a presença de enterotoxinas pode representar um risco mesmo após o processamento térmico do alimento (Moura *et al.*, 2019).

2.6. STAPHYLOCOCCUS SPP. NA PERSPECTIVA DE ONE HEALTH

A abordagem One Health tem se destacado nos últimos anos, pois reconhece a interconexão entre a saúde humana, animal e ambiental. Nesse contexto, a ocorrência de *Staphylococcus* spp. na cadeia produtiva do leite assume relevância por envolver diferentes compartimentos e possibilidades de disseminação de microrganismos entre animais, seres humanos, alimentos e ambiente (Beloni *et al.*, 2021).

A presença de *Staphylococcus* spp. na produção leiteira está associada à ocorrência de infecções nos animais, especialmente mastite, sendo *S. aureus* um dos principais agentes etiológicos relacionados a essa enfermidade. Entretanto, a presença desses microrganismos na cadeia leiteira não constitui apenas uma questão de interesse veterinário, uma vez que bactérias presentes nos animais ou no ambiente de produção podem alcançar o leite e outros produtos de origem animal, representando uma preocupação para a segurança dos alimentos e para a saúde humana. Nesse contexto, práticas de manejo, condições de higiene e características do ambiente de produção podem influenciar a ocorrência e disseminação desses microrganismos (Beloni *et al.*, 2021; Silva *et al.*, 2026b).

Além disso, o uso de antimicrobianos na produção animal, especialmente quando realizado de forma inadequada ou indiscriminada, pode exercer pressão seletiva e favorecer a seleção e manutenção de bactérias resistentes. A resistência antimicrobiana constitui, portanto, um problema que não pode ser abordado exclusivamente sob a perspectiva da medicina humana ou veterinária, uma vez que envolve o uso de antimicrobianos e a circulação de microrganismos e determinantes de resistência entre diferentes compartimentos, incluindo animais, seres humanos, alimentos e ambiente (Dickmann; Dalmagro, 2025; Silva *et al.*, 2026a). Dessa forma, a cadeia produtiva do leite pode participar da dinâmica de disseminação da resistência antimicrobiana, reforçando a necessidade de estratégias integradas de prevenção, monitoramento e controle.

Sob a perspectiva de One Health, portanto, o controle de *Staphylococcus* spp. não deve ser considerado de forma isolada em apenas um dos componentes do sistema. A prevenção e o monitoramento devem incluir medidas de biossegurança, higiene na ordenha, diagnóstico e tratamento adequado das infecções, uso racional de antimicrobianos e controle da qualidade microbiológica do leite. Essa abordagem permite compreender a cadeia produtiva como um sistema interdependente, no qual alterações na saúde animal, nas práticas de

produção e nas condições ambientais podem repercutir sobre a segurança dos alimentos e, consequentemente, sobre a saúde humana.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto, observa-se que *Staphylococcus* spp. é um microrganismo importante na cadeia produtiva do leite, pois sua presença representa um desafio para a produção de alimentos seguros, considerando sua associação com a mastite, e seus impactos sobre a qualidade microbiológica do leite. Nesse contexto, condições higiênico-sanitárias inadequadas podem favorecer a contaminação durante a produção e contribuir para a disseminação e persistência desses microrganismos, especialmente pela formação de biofilmes em equipamentos e superfícies relacionadas à cadeia produtiva. Além disso, a resistência antimicrobiana pode dificultar o controle das infecções e limitar as alternativas terapêuticas disponíveis.

Portanto, o monitoramento e o controle de *Staphylococcus* spp. ao longo da cadeia produtiva são importantes e necessários, requerendo uma abordagem integrativa entre a saúde animal, as condições ambientais e de produção, o uso responsável de antimicrobianos e a segurança dos alimentos. Sob essa perspectiva, a One Health contribui ao integrar os diferentes fatores envolvidos na cadeia produtiva do leite, ressaltando a importância de ações conjuntas de prevenção e controle para a proteção da saúde animal e humana e da segurança dos alimentos.

REFERÊNCIAS

- ABEE, T. *et al.* Biofilm formation and dispersal in Gram-positive bacteria. **Current Opinion in Biotechnology**, v. 22, p. 172-179, 2011.
- ABREU, A. C. S. *et al.* Antimicrobial resistance of *Staphylococcus* spp. isolated from organic and conventional Minas Frescal cheese producers in São Paulo, Brazil. **Journal of Dairy Science**, v. 104, n. 4, p. 4012-4022, 2020.
- ACOSTA, A. C. *et al.* Fatores de virulência de *Staphylococcus aureus*. **Medicina Veterinária (UFRPE)**, v. 11, n. 4, p. 252-269, 2017.
- AVILA-NOVOA, M. G. *et al.* *Staphylococcus aureus* and methicillin-resistant *S. aureus* (MRSA) strains isolated from dairy products: relationship of *ica*-dependent/independent and components of biofilms produced in vitro. **International Dairy Journal**, v. 119, Aug. 2021.

- BELONI, M. K. *et al.* Resistência antimicrobiana em *Staphylococcus aureus* isoladas de mastite bovina em rebanhos brasileiros: uma revisão dos desafios no contexto da saúde única. In: **Tópicos especiais em ciência animal X**. Alegre, ES: CAUFES, 2021. 357 p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução normativa nº 51, 18 de setembro de 2002**. Aprova os Regulamentos Técnicos de Produção, Identidade e Qualidade do Leite tipo A, do Leite tipo B, do Leite tipo C, do Leite Pasteurizado e do Leite Cru Refrigerado e o Regulamento Técnico da Coleta de Leite Cru Refrigerado e seu Transporte a Granel. Brasília, DF: MAPA, 2002.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução normativa nº 76, de 26 de novembro de 2018**. Aprova os Regulamentos Técnicos que fixam a identidade e as características de qualidade que devem apresentar o leite cru refrigerado, o leite pasteurizado e o leite pasteurizado tipo A. Brasília, DF: MAPA, 2018a.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução normativa nº 77, de 26 de novembro de 2018**. Estabelece os critérios e procedimentos para a produção, acondicionamento, conservação, transporte, seleção e recepção do leite cru em estabelecimentos registrados no serviço de inspeção oficial. Brasília, DF: MAPA, 2018b.
- CHIH-WEI, L. *et al.* *Staphylococcus aureus* hijacks a skin commensal to intensify its virulence: immunization targeting β -hemolysin and CAMP factor. **Journal of Investigative Dermatology**, v. 131, p. 401-409, 2011.
- COSTA A. L. P.; SILVA JÚNIOR A. C. S. Resistência bacteriana aos antibióticos e Saúde Pública: uma breve revisão de literatura. **Estação Científica**, v. 7, n. 2, p. 45-57, 2017.
- DIAS, J. A.; BELOTI, V.; OLIVEIRA, A.M. Ordenha e boas práticas de produção. In: SALMAN, A. K. D., PFEIFER, L. F. M. **Pecuária Leiteira da Amazônia**. Brasília, DF: Embrapa, 2020.
- DICKMANN, L.; DALMAGRO, A. P. Resistência bacteriana a antimicrobianos sob a perspectiva One Health: uma revisão integrativa da literatura. **Revista Amazônia Science & Health**, v. 13, n. 4, p. 116-130, 2025.
- DINGES, M. M.; ORWIN, P. M.; SCHLIEVERT, P. M. Exotoxins of *Staphylococcus aureus*. **Clinical Microbiology Reviews**, v. 13, n. 1, p. 16-34, 2000.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO); INTERNATIONAL DAIRY FEDERATION (IDF). **Guia de boas práticas na pecuária de leite**. Roma, 2013. (Produção e Saúde Animal Diretrizes, 8).
- GOETZ, C. *et al.* Recent progress in antibiofilm strategies in the dairy industry. **Journal of Dairy Science**, v. 108, n. 8, p. 8157-8175, 2024.
- GOMES, J. P. F. *et al.* Diagnóstico zootécnico relacionado a qualidade do leite e ao perfil produtivo do município de Rio Pombo, MG. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 76, n. 2, p. 70-82, 2021.

- HÁJEK, V. *et al.* Elevation of *Staphylococcus hyicus* subsp. *chromogenes* (Devriese *et al.*, 1978) to species status: *Staphylococcus chromogenes* (Devriese *et al.*, 1978) comb. nov. **Systematic and Applied Microbiology**, v. 8, p. 169-173, 1986.
- HEPPER, I. F. T. *et al.* Hemolisinas de *Staphylococcus aureus* isolados de leite. In: Congresso de Iniciação Científica da Universidade Federal de Pelotas, 23., 2013, Pelotas, RS. **Anais [...]**. Pelotas, RS: UFPel, 2013.
- INGMER H.; LEISNER J. J.; FULAZ S. Forssman and the staphylococcal hemolysins. **APMIS Journal**, v. 133, n. 1, p. e13459, 2024.
- ISRAEL, L. F. S. *et al.* Biofilm production by *Staphylococcus* spp. isolated from bovine mastitis in dairy herds in state of Acre, Brazil and its implications. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 74, n. 4, p. 563-575, 2022.
- ISRAEL, L. F. S. *et al.* Produção de biofilme por *Staphylococcus chromogenes* isolados de amostras de leite provenientes de rebanhos bovinos com mastite. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 70, n. 6, p. 1943-1949, 2018.
- LAVOR, U. L. *et al.* Bacterial identification, somatic cell count, antimicrobial profile and toxigenic *Staphylococcus* strains search from mastitic cow milk samples on small farms properties. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 30, n. 9, p. 715 - 722, 2019.
- LEE, S. H. I. *et al.* Biofilm-producing ability of *Staphylococcus aureus* isolates from Brazilian dairy farms. **Journal of Dairy Science**, v. 97, p. 1812-1816, 2014.
- LIMA, M. F. P. *et al.* *Staphylococcus aureus* e as infecções hospitalares – revisão de literatura. **Uningá Review**, v. 21, n. 1, p. 32-39, 2015.
- LOPES, L. E. *et al.* Benefícios do consumo de leite. **Revista Eletrônica Interdisciplinar Barra do Garças**, v. 17, n. 2, p. 448-460, 2025.
- LOPES, T. S. *et al.* Species identification and antimicrobial susceptibility profile of bacteria associated with cow mastitis in southern Brazil. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 42, 2022.
- LÓPEZ-CARLOS, M. A. *et al.* Effect of milking hygiene, herd size, water hardness and temperature-humidity index on milk quality of dairy farms. **Brazilian Journal of Animal Science**, v. 52, p. e20210189, 2023.
- MARKEY B.K. *et al.* **Staphylococcus species**. In: Clinical Veterinary Microbiology. 2 ed. Missouri. EUA: Mosby - Elsevier, p. 105-120, 2013.
- MARQUES, V. F. *et al.* Análise fenotípica e genotípica da virulência de *Staphylococcus* spp. e de sua dispersão clonal como contribuição ao estudo da mastite bovina. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 33, n. 2, p. 161-170, 2013.
- MARTINELLI, S. S.; CAVALLI, S. B. Alimentação saudável e sustentável: uma revisão narrativa sobre desafios e perspectivas. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 24, n. 11, p. 4251-4261, 2019.

- MARTINS, J. G. P. *et al.* Efficiency of a cleaning protocol for the removal of enterotoxigenic *Staphylococcus aureus* strains in dairy plants. **International Journal of Food Microbiology**, v. 238, p. 295-301, 2016.
- MATA, N. F.; TOLEDO, P. S.; PAVIA, P. C. A importância da pasteurização: comparação microbiológica entre leite cru e pasteurizado, do tipo B. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 67, n. 384, p. 66-70, 2012.
- MELLO, V. V.; DUARTE, I. P.; SOARES, A. Q. **Guia de antimicrobianos**. 1 ed. Goiânia: Universidade Federal de Goiás, 2012.
- MENDONÇA, L. C.; PAULA, V. R.; VICENTINI, N. M. **Boas práticas agropecuárias na produção de leite**. Juiz de Fora, MG: Embrapa, 2025.
- MOURA, E. O. *et al.* Enterotoxin-encoding genes in *Staphylococcus aureus* from buffalo milk. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 39, n. 8, p. 587-591, August 2019.
- MÜLLER, T.; MACIEL, M. J.; REMPEL, C. Qualidade físico-química e microbiológica do leite bovino do Vale do Taquari no Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência Animal Brasileira**, v. 23, p. 1-14, 2022.
- MURRAY, P. R. **Microbiologia médica**. 8. ed. Barueri, SP: GEN Guanabara Koogan, 2017.
- MYLES, I. A.; DATTA, S. K. *Staphylococcus aureus*: an introduction. **Seminars in Immunopathology**, v. 34, n. 2, p. 181–184, 2012.
- PETON, V.; LE LOIR, Y. *Staphylococcus aureus* in veterinary medicine. **Infection, Genetics and Evolution**, v. 21, p. 602–615, 2014.
- PREVOST G. *et al.* Epidemiological data on *Staphylococcus aureus* strains producing synergohymenotropic toxins. **Journal of Medical Microbiology**, v. 42, n. 4, p. 237-245, 1995.
- SANTOS, D. C. *et al.* *Staphylococcus chromogenes*, a Coagulase-Negative *Staphylococcus* Species That Can Clot Plasma. **Journal of Clinical Microbiology**, v. 54, n. 5, p. 1372-1357, 2016.
- SILVA, E. R. Produção de hemolisinas por *Staphylococcus aureus* isolados de casos de mastite bovina subclínica. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 6, n. 2, p. 118-123, 2012.
- SILVA, K. A. *et al.* Resistência antimicrobiana na produção leiteira: desafios no manejo da mastite bovina sob a perspectiva da saúde única - revisão narrativa. **Revista FT**, v. 30, n. 159, p. 1-24, 2026a.
- SILVA, M. A. *et al.* Milk quality at the animal, environment, and consumer interface: a One Health approach to food Safety. **Periódicos Brasil. Pesquisa Científica**, v. 5, n. 3, p. 1113–1127, 2026b.
- SIMÕES, M.; SIMÕES, L. C.; VIEIRA, M. J. A review of current and emergent biofilm control strategies. **LWT - Food Science and Technology**, v. 43, p. 573-583, 2010.

- SUED-KARAM, B. R. *et al.* Resistance and virulence factors of the *Staphylococcus aureus* - a brief review. In: **HUMAN sciences: frameworks in the field of education**. São José dos Pinhais, PR: Seven, 2024. p. 63-74.
- VALLIN, V. M. *et al.* Melhoria da qualidade do leite a partir da implantação de boas práticas de higiene na ordenha em 19 municípios da região central do Paraná. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 30, n. 1, p. 181-188, 2009.
- YUAN, L. *et al.* Recent advances in understanding the control of disinfectant-resistant biofilms by hurdle technology in the food industry. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 61, n. 22, p. 3876-3891, 2020.
- WINCK, C.A. *et al.* Produção de leite no Brasil: qualidade, mercado internacional e agricultura familiar. **PUBVET**, v. 5, n. 32, ed. 179, 2011.
- YULIANTO, N. S. *et al.* Analysis of milking hygiene and its association to *Staphylococcus aureus* contamination in fresh cow milk. **Jurnal Kesehatan Lingkungan – Journal of Enviromental Health**, v. 15, n. 4, 2023.

CAPÍTULO VII

ESCHERICHIA COLI EM DOENÇAS DE TRANSMISSÃO HÍDRICA E ALIMENTAR: ASPECTOS EPIDEMIOLÓGICOS, MICROBIOLÓGICOS E CLÍNICOS

ESCHERICHIA COLI IN WATERBORNE AND FOODBORNE DISEASES: EPIDEMIOLOGICAL, MICROBIOLOGICAL, AND CLINICAL ASPECTS

DOI: 10.51859/amplla.cnc6385-7

Bianca Karla Guilherme de Andrade ¹

Aline Gomes Marques ¹

Julia Regina Clemente da Silva ¹

Rildo José Vasconcelos de Andrade ²

Ana Engracia Gonçalves Amaral Ribeiro ³

Maudelan Maria da Silva Santos ⁴

Neide Kazue Sakugawa Shinohara ⁵

¹ Graduanda de Bacharelado em ciências biológicas. Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE

² Doutor em Recursos Pesqueiros e Aquicultura. Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

³ Zootecnista. Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

⁴ Nutrição - Universidade Tiradentes - Pernambuco

⁵ Docente do Programa de Pós Graduação em Ciências e Tecnologia de Alimentos - UFRPE

RESUMO

As Doenças de Transmissão Hídrica e Alimentar (DTHA) representam um importante problema de saúde pública mundial, estando associadas ao consumo de alimentos e água contaminados por microrganismos patogênicos, toxinas ou substâncias químicas. Entre os principais agentes etiológicos envolvidos nesses surtos destaca-se a *Escherichia coli*, bactéria com ampla diversidade genética e patogênica, capaz de causar diferentes manifestações clínicas, desde diarreias leves até complicações graves, como a Síndrome Hemolítico-Urêmica. O presente capítulo apresenta um levantamento bibliográfico sobre os principais aspectos epidemiológicos, microbiológicos e clínicos relacionados à *E. coli* em surtos de DTHA. Foram abordados os conceitos de surtos alimentares, mecanismos de transmissão, fatores de risco, principais patótipos diarreio-gênicos, grupos vulneráveis e formas de prevenção e controle. Os dados analisados demonstram a elevada relevância epidemiológica da *E. coli*, especialmente em países em desenvolvimento, onde fatores como saneamento inadequado, falhas higiênico-sanitárias e subnotificação contribuem para a manutenção e disseminação dessas doenças.

Dessa forma, destaca-se a importância do fortalecimento das ações de vigilância epidemiológica, segurança alimentar e educação sanitária como estratégias fundamentais para a prevenção de surtos e redução dos impactos das DTHA na saúde pública.

Palavras-chave: Doenças de Transmissão Hídrica e Alimentar. *Escherichia coli*. Patótipos diarreio-gênicos. Saúde pública. Surtos alimentares.

ABSTRACT

Waterborne and foodborne diseases (WFBs) represent a significant global public health problem, being associated with the consumption of food and water contaminated by pathogenic microorganisms, toxins, or chemical substances. Among the main etiological agents involved in these outbreaks is *Escherichia coli*, a bacterium with broad genetic and pathogenic diversity, capable of causing different clinical manifestations, from mild diarrhea to severe complications such as hemolytic-uremic syndrome. This chapter presents a literature review on the main epidemiological, microbiological, and clinical aspects related to *E. coli* in WFB outbreaks. The concepts of foodborne

outbreaks, transmission mechanisms, risk factors, main diarrheal pathotypes, vulnerable groups, and forms of prevention and control were addressed. The analyzed data demonstrate the high epidemiological relevance of *E. coli*, especially in developing countries, where factors such as inadequate sanitation, hygiene failures, and underreporting contribute to the maintenance and spread of these diseases. Therefore, the importance

of strengthening epidemiological surveillance, food safety, and health education actions is highlighted as fundamental strategies for preventing outbreaks and reducing the impacts of foodborne illnesses on public health.

Keywords: Waterborne and foodborne diseases. *Escherichia coli*. Diarrheagenic pathotypes. Public health. Foodborne outbreaks.

1. INTRODUÇÃO

As Doenças de Transmissão Hídrica e Alimentar (DTHA) correspondem a um grupo de agravos associados à ingestão de alimentos ou água contaminados por microrganismos patogênicos, toxinas ou substâncias químicas. Essas doenças podem ser classificadas em infecções, intoxicações e toxinfecções (BRASIL, 2026). A Organização Mundial da Saúde (OMS) classificou as doenças transmitidas por alimentos como uma das preocupações de saúde pública mais significativas, com maior incidência em países em desenvolvimento e em climas tropicais, que facilitam o crescimento e a proliferação dos microrganismos envolvidos (Rando *et al.*, 2025).

Segundo estimativas da OMS (2015), as doenças transmitidas por alimentos são responsáveis por cerca de 600 milhões de casos de doenças e 420 mil mortes em todo o mundo a cada ano. Estima-se que uma em cada 13 pessoas adoecem anualmente devido ao consumo de alimentos contaminados. No Brasil, entre 2014 e 2023, foram registrados 6.874 surtos de DTHA, envolvendo 110.614 pessoas doentes, 12.346 hospitalizações e 121 óbitos, segundo dados do Ministério da Saúde (BRASIL, 2026). Existem mais de 250 tipos distintos de DTHA, apresentando impactos significativos sobre a saúde pública, economia e segurança alimentar (BRASIL, 2026).

Segundo Meng e Schroeder (2010), a *Escherichia coli* é uma bactéria Gram-negativa pertencente à família *Enterobacteriaceae*, comumente encontrada no trato gastrointestinal dos seres humanos e animais de sangue quente. Embora poucas cepas sejam de baixa virulência, algumas apresentam fatores de virulência capazes de causar doenças diarreicas. Segundo Silva *et al.* (2025), as cepas patogênicas são classificadas de acordo com seus mecanismos de infecção, manifestações clínicas e características sorológicas.

A detecção de *E. coli* em alimentos é considerada um importante indicador de contaminação fecal e da possível presença de outros patógenos entéricos. Algumas cepas

podem causar infecções alimentares graves, resultando em diarreias aquosas ou sanguinolentas, em casos mais severos, Síndrome Hemolítico-Urêmica (Mayo, 2026). A transmissão ocorre principalmente pelo contato direto com animais, pela transmissão interpessoal ou consumo de alimentos e água contaminados (Silva *et al.*, 2025).

Apesar do crescente número de estudos sobre doenças de transmissão hídrica e alimentar (DTHA), ainda existem lacunas significativas relacionadas à padronização da notificação de informes nacionais, à caracterização regional de surtos e à compreensão detalhada dos fatores de risco associados à *E. coli*. A escassez de análises abrangentes que integrem tendências bibliométricas com dados epidemiológicos oficiais limita a capacidade de desenvolver estratégias de saúde pública direcionadas às regiões de maior incidência (Rando *et al.*, 2025).

Diante disso, este capítulo tem como objetivo realizar um levantamento bibliográfico sobre casos e surtos de Doenças de Transmissão Hídrica e Alimentar (DTHA), associados à contaminação comprovada por *Escherichia coli* em grupos de alimentos e em água potável.

2. METODOLOGIA

A presente revisão foi conduzida com o objetivo de sintetizar as evidências científicas disponíveis sobre a ocorrência de contaminação por *Escherichia coli* em doenças de transmissão hídrica e alimentar (DTHA), com ênfase nos casos e surtos associados à contaminação de alimentos. A pesquisa seguiu uma abordagem sistemática, abrangendo a análise de artigos publicados entre 2000 a 2024, nas seguintes fontes de informação: Ministério da Saúde, Periódicos (Sciencedirect; PubMed; Portal Capes e Scielo), foram utilizados, como descritores em português e inglês: *Escherichia coli*; doenças transmissíveis hídricas e alimentares; surtos alimentares; subnotificação alimentar; e *E. coli* em alimentos. Foram incluídas somente as pesquisas de acesso aberto.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. DOENÇAS DE TRANSMISSÃO HÍDRICA E ALIMENTAR (DTHA)

Considera-se surto o aumento repentino e inesperado no número de casos de uma doença em uma área geográfica restrita e específica, caracterizado pela concentração de casos em um curto período de tempo e em uma população específica (Instituto Butantan,

2020). Nos casos das Doenças de Transmissão Hídrica e Alimentar, os surtos ocorrem quando duas ou mais pessoas apresentam doença ou sinais e sintomas semelhantes após a ingestão de alimentos ou água provenientes de uma mesma fonte. Não há um quadro clínico específico para os surtos de DTHA, podendo variar de acordo com o agente etiológico envolvido. No entanto, os sinais e sintomas mais comuns são: náusea; vômito; dor abdominal, variando de leve a grave; diarreia; perda de apetite; febre, podendo ocorrer, em casos mais graves, desidratação e dificuldade respiratória (BRASIL, 2026; Rando *et al.*, 2025).

Segundo o Ministério da Saúde, apenas alguns sistemas de vigilância podem realizar inspeções por meio da coleta de amostras (fezes, vômito, água, alimentos, entre outras) de casos suspeitos, incluindo inspeções epidemiológicas, ambientais, sanitárias e laboratoriais. Apesar da existência dessa vigilância epidemiológica, ainda há importante subnotificação de todos os casos de doenças transmitidas por alimentos, pois nem todos procuram atendimento médico, o que impede a obtenção de informações confiáveis sobre a gravidade e a real dimensão do problema. Entre 2014 e 2023, dos 573.969 indivíduos expostos, 110.614 ficaram doentes, 12.346 hospitalizados, 6.874 surtos e 121 óbitos decorrentes de DTHA, com taxa de mortalidade de 0,11%. Nesse mesmo período, as regiões brasileiras em ordem decrescente mais acometidas pelas DTHA foram Sudeste, Norte, Nordeste, Sul e Centro Oeste (BRASIL, 2024; Rando *et al.*, 2025).

Diante da severidade dos surtos alimentares reportados em informes oficiais, a subnotificação de Doenças Transmitidas por Alimentos é uma realidade mundial, na qual o número de casos relatados às autoridades de saúde é inferior ao número real de pessoas acometidas. Essa subnotificação está associada à ocorrência de sintomas leves, ao atraso na busca por atendimento, à dificuldade de diagnóstico e à falta de conscientização da população e dos profissionais de saúde, podendo causar um silêncio epidemiológico, dificultando a compreensão da gravidade sanitária (Tosetto *et al.*, 2021). Entre os principais agentes etiológicos envolvidos nas DTHA destacam-se *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella sp*, *Staphylococcus aureus* e *Clostridium perfringens* (Rando *et al.*, 2025).

3.2. ESCHERICHIA COLI

A *Escherichia coli* é uma bactéria comum do trato gastrointestinal de humanos e animais de sangue quente, atuando de maneira comensal na produção de vitamina K e na proteção do intestino contra a colonização por bactérias patogênicas (Ramos, 2020). De

acordo com Abebe (2020), em 1982, o sorotipo *E. coli* O157:H7 foi identificado como agente etiológico de um surto associado ao consumo de hambúrgueres malpassados nos Estados Unidos da América. Esse surto causou diarreia sanguinolenta grave em indivíduos, representando um desafio significativo para a saúde pública (Rando et al., 2025).

Durante a maior parte do século XX, a indústria de alimentos considerava a contaminação por *E. coli* apenas um indicador de falhas higiênico-sanitárias e contaminação fecal. Todavia, nas últimas décadas, comprovou-se que diversas cepas apresentaram elevada patogenicidade para o ser humano e podem provocar infecções graves, que podem levar os pacientes a óbito. Isso ocorreu por causa do aprofundamento dos estudos e da identificação de diferentes cepas de *E. coli* associadas a quadros clínicos, podendo causar um amplo espectro de doenças intestinais e extraintestinais, como colite hemorrágica, disenteria, cistite, nefrite, infecção de feridas cirúrgicas, septicemia e, especialmente, da síndrome urêmica-hemolítica - SHU (Pakbin, 2021; Germano e Germano, 2019). Este microrganismo é frequentemente descartado no meio ambiente por meio de fezes ou efluentes de águas residuais (Jang, 2017).

Os surtos associados à *E. coli* estão geralmente relacionados com manipuladores infectados, falhas de higiene, saneamento inadequado e práticas de fabricação incorreta. Entre os alimentos mais frequentemente implicados destacam-se: carne bovina crua, hambúrguer; leite cru; queijos curados; sucos de frutas e sidras não pasteurizados; hortaliças e vegetais frescos; água residual e sementes germinadas (Mayo, 2026; Franco, 2013).

As principais vias de contaminação incluem: circulação fecal-oral em sistemas de criação de animais; utilização de excrementos animais como fertilizantes sem tratamento adequado; contaminação das carcaças durante o abate e evisceração; além das águas de rega contaminadas, manipuladores infectados e condições precárias de higiene (BRASIL, 2024).

Os principais patótipos de *Escherichia coli* diarreiogênicas são classificados de acordo com seus fatores de virulência, mecanismos de infecção, manifestações clínicas e características sorológicas. As estirpes de *Escherichia coli* associadas às doenças transmitidas por alimentos apresentam elevada diversidade genética e patogênica. Essa variabilidade resulta em diferentes mecanismos de virulência, manifestações clínicas e graus de severidade das infecções. Entre os principais grupos associados às doenças transmitidas por alimentos destacam-se as *E. coli* enteropatogênicas (EPEC), enterotoxigênicas (ETEC), enteroinvasivas (EIEC) e enterohemorrágicas (EHEC). As EPEC promovem lesões nas microvilosidades

intestinais, enquanto as ETEC produzem enterotoxinas responsáveis por quadros de diarreia aquosa, frequentemente associados à diarreia do viajante. As EIEC apresentam mecanismo invasivo semelhante ao de espécies do gênero *Shigella*, podendo causar ulcerações intestinais. Já as EHEC produzem verotoxinas capazes de provocar colite hemorrágica e complicações sistêmicas graves, incluindo a Síndrome Hemolítico-Urêmica, destacando-se a estirpe *E. coli* O157:H7 (BRASIL, 2024).

Embora possam acometer indivíduos de todas as faixas etárias, alguns grupos apresentam maior vulnerabilidade às infecções por *E. coli* diarreiogênicas. A ETEC está frequentemente associada à diarreia infantil e à diarreia do viajante, especialmente em países em desenvolvimento. A EPEC acomete principalmente crianças pequenas, sobretudo aquelas alimentadas por mamadeira, enquanto as infecções por EHEC podem afetar indivíduos de qualquer idade, embora os casos mais graves ocorram em crianças, idosos e pessoas imunodeprimidas (BRASIL, 2024). Nessas populações, as complicações podem incluir insuficiência renal, alterações neurológicas e elevada taxa de mortalidade, particularmente nos casos associados à Síndrome Hemolítico-Urêmica (SHU).

3.3. PREVENÇÃO E CONTROLE DE ESCHERICHIA COLI

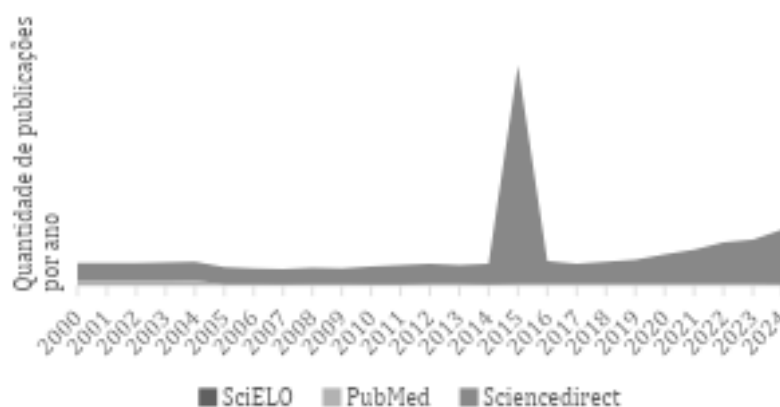
A contaminação por *E. coli* exige medidas de controle em todas as etapas da cadeia alimentar, desde a produção agrícola na fazenda até o processamento, fabricação e preparação de alimentos, tanto em estabelecimentos comerciais quanto em cozinhas domésticas (WHO, 2018). Sua prevenção depende da adoção rigorosa de boas práticas de higiene e controle sanitário em todas as etapas da cadeia produtiva de alimentos. Entre as principais medidas preventivas destacam-se o controle sanitário durante a criação, transporte e abate de animais; manutenção adequada da cadeia do frio; cocção completa das carnes, especialmente as bovinas; a higienização adequada de alimentos frescos; além da restrição ao consumo de leite cru e água não tratada. Adicionalmente, a implementação de sistemas de segurança alimentar, como a Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC/HACCP), constitui uma importante estratégia para a redução do risco de contaminação alimentar e prevenção de surtos associados à *E. coli* (Silva e Mendes, 2022).

3.4. DADOS EM PERIÓDICOS

As quatro fontes de informação analisadas (Sciencedirect; PubMed; Portal Capes e Scielo) apresentam resultados relevantes para a compreensão dos estudos acerca do tema “*Escherichia coli*” durante os anos de 2000 a 2024.

Entre as fontes de informação pesquisadas, o Portal Capes apresentou a maior quantidade de estudos envolvendo o tema em questão, com um total de 143.319 publicações, seguido do Sciencedirect e PubMed, com 128.829 e 26.352, respectivamente. O portal Scielo apresentou o menor número de publicações dentre os quatro, com um total de 3.172 publicações.

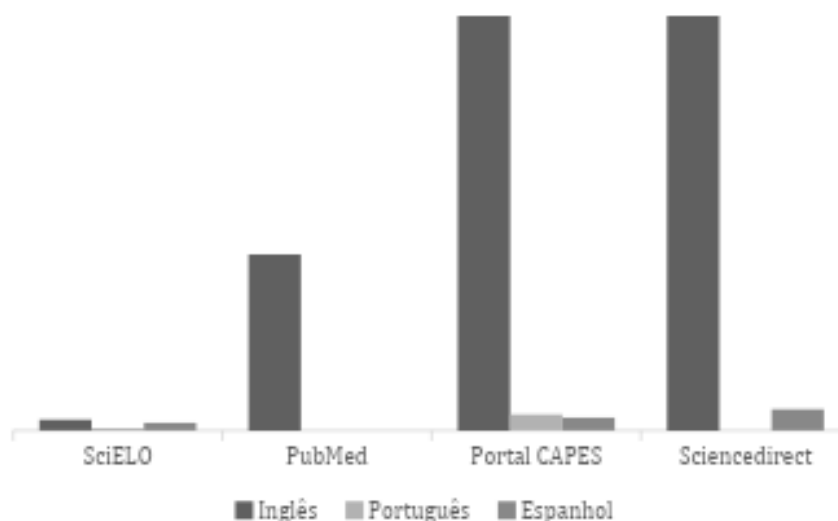
Gráfico 1. Quantidade de publicações por ano, de 2000 a 2024, nos periódicos SciELO, PubMed e Sciencedirect.



Fonte: autores, 2026.

Entre os idiomas utilizados nas publicações nas quatro fontes de informação, destacam-se o inglês e espanhol com o maior número de textos. O inglês foi o idioma mais frequente entre as publicações analisadas, apresentando diferença expressiva em relação aos demais idiomas. O português se destaca em segundo lugar apenas no Portal CAPES, com uma diferença de 134.717 publicações, mantendo o inglês como o idioma mais abordado entre os textos sobre *E. coli*.

Gráfico 2. Quantidade de publicações nos idiomas inglês, português e espanhol durante os anos de 2000 à 2024 nos periódicos SciELO, PubMed, Portal CAPES e Sciencedirect.



Fonte: autores, 2026.

Em relação aos tipos de documentos publicados durante os anos de 2000 a 2024, destacam-se os textos em formato de artigo. Outros tipos de literatura são abordados nos periódicos, como livros e relatos de caso, entretanto, não se apresentam de forma unificada, não permitindo uma conclusão acerca da preferência dos autores por outras áreas temáticas, com exceção dos artigos.

Tabela 1. Quantidade de publicações segundo o tipo de documento durante os anos de 2000 a 2024, nas fontes de informação analisadas SciELO, PubMed, Portal CAPES e Sciencedirect.

	SciELO	PubMed	Portal CAPES	Sciencedirect
Artigo	2.838	64	136.179	455.890
Biografia	0	12	0	0
Livros e documentos	12	8	11	0
Relato de caso	66	344	0	3.625
Artigo de revisão	56	0	4.736	61.221
Carta	16	205	1.367	0

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As Doenças de Transmissão Hídrica e Alimentar continuam representando um importante desafio para a saúde pública mundial, especialmente em países em desenvolvimento, onde fatores socioeconômicos, deficiências sanitárias e falhas nas práticas de manipulação e conservação de alimentos favorecem a ocorrência de surtos. Nesse contexto, a *Escherichia coli* destaca-se como um dos principais agentes etiológicos envolvidos,

devido à sua ampla diversidade de patótipos, elevada capacidade de disseminação e potencial para causar desde quadros gastrointestinais leves até complicações sistêmicas graves.

A análise dos aspectos epidemiológicos e microbiológicos da *E. coli* demonstra a importância do monitoramento contínuo da qualidade da água e dos alimentos, bem como da implementação de medidas eficazes de controle sanitário ao longo de toda a cadeia produtiva. Além disso, a subnotificação dos casos ainda representa um importante obstáculo para a compreensão da real magnitude das DTHA, dificultando o desenvolvimento de estratégias preventivas mais direcionadas.

Dessa forma, torna-se fundamental fortalecer as ações de vigilância epidemiológica, educação em saúde, boas práticas de fabricação e sistemas de segurança alimentar, como o APPCC/HACCP, visando reduzir os riscos de contaminação e minimizar os impactos dessas doenças sobre a população. O aprofundamento dos estudos sobre os diferentes sorotipos de *E. coli* e seus mecanismos de virulência também é essencial para o aprimoramento das estratégias de prevenção, diagnóstico e controle dos surtos alimentares.

REFERÊNCIAS

- ABEBE, E.; GUGSA, G.; AHMED, M. (2020). Review on major food-borne zoonotic bacterial pathogens. **Journal of tropical medicine**, 2020(1), 4674235.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Doenças de Transmissão Hídrica e Alimentar (DTHA). Brasília, DF: Ministério da Saúde, [s.d.]. Disponível em: gov.br/saúde – DTHA. Acesso em: 09 maio 2026.
- BRASIL. Ministério da Saúde. *Transmissão*. Brasília, DF: Ministério da Saúde, [s.d.]. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/d/dda/transmissao>. Acesso em: 10 maio 2026.
- FRANCO, M. Robson. **Agentes etiológicos de doenças alimentares**. Niterói: Editora UFF, 2013.
- GERMANO, L. Manuel & GERMANO, S. Maria. **Higiene e vigilância sanitária de alimentos**. Barueri: Manole. v. 6, p. 1-14, 2019.
- INSTITUTO BUTANTAN. *Entenda o que é uma pandemia e as diferenças entre surto, epidemia e endemia*. São Paulo: Instituto Butantan, 2020. Disponível em: Instituto Butantan. Acesso em: 10 maio 2026.
- JANG, J., Hur, H., Sadowsky, M., Byappanahalli, M., Yan, T., & Ishii, S. **Escherichia coli ambiental: ecologia e implicações para a saúde pública — uma revisão**. Journal of Applied Microbiology, 123, 2017.

- MAYO CLINIC STAFF. *E. coli - Symptoms and causes*. Rochester: Mayo Clinic, 2026. Disponível em: Mayo Clinic – E. coli Symptoms and Causes. Acesso em: 9 maio 2026.
- MENG, Jianghong; SCHROEDER, Carl M. Food microbiology. In: TOLDRÁ, Fidel (ed.). **Food microbiology protocols**. 3. ed. Totowa: Humana Press, 2010. cap. 1. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-59745-501-5_1.
- PAKBIN, B., Brück, W., & Rossen, J. (2021). **Fatores de Virulência da Escherichia coli Patogênica Entérica: Uma Revisão**. *International Journal of Molecular Sciences*, 22.
- RANI, A.; RAVINDRAN, V. B.; SURAPANENI, A.; MANTRI, N.; BALL, A. S. (2021). Trends in point-of-care diagnosis for Escherichia coli O157: H7 in food and water. **International Journal of Food Microbiology**, 349, 109233.
- RAMOS, S.; SILVA, V.; DAPKEVICIUS, M. D. L. E.; CANIÇA, M.; TEJEDOR-JUNCO, M. T.; IGREJAS, G.; POETA, P. (2020). Escherichia coli as commensal and pathogenic bacteria among food-producing animals: Health implications of extended spectrum β -lactamase (ESBL) production. **Animals**, 10(12), 2239.
- RANDO, I.; REIS, R. M.; DE AGUIAR FREIRE, C. E. C. (2025). Escherichia coli in foodborne outbreaks: Considerations on a Brazilian survey and bibliometric analysis: Vigil Sanit Debate, Rio de Janeiro, 2025, v. 13: e02453 | Published on: 15/10/2025. **Vigilância Sanitária em Debate**, 1-13.
- SILVA, J. S. et al. Ocorrência de *Escherichia coli* em água potável e fatores associados: uma revisão integrativa. 2025. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/391860875_Ocorrencia_de_escherichia_coli_em_agua_potavel_e_fatores_associados_uma_revisao_integrativa. Acesso em: 10 maio 2026.
- SILVA, E. G. & MENDES, M. P. (2022). Características e prevenção da contaminação *Escherichia coli*. **Revista Científica e-Locução**, 1(22), 17-17.
- TOSETTO, E. E.; ANDRIOLI, A. I.; CHRISTOFFOLI, P. I. (2021). Análises das causas das subnotificações das intoxicações por agrotóxicos na rede de saúde em município do Sul do Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, 26, 6037-6047.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). *E. coli*. Geneva: WHO, 2018. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/e-coli>. Acesso em: 15 jun. 2026.

CAPÍTULO VIII

DOENÇA DE CHAGAS: CONTAMINAÇÃO ALIMENTAR E PREVENÇÃO SOB A PERSPECTIVA DA SAÚDE ÚNICA

CHAGAS DISEASE: FOODBORNE TRANSMISSION AND PREVENTION FROM A ONE HEALTH PERSPECTIVE

DOI: 10.51859/ampla.cnc6385-8

Maria Virginia da Silva ¹

Renata Maia Araújo de França ¹

Samantha Santos Richtmoe ²

Maria Juliana Muniz da Silva ²

Larissa Mayra de Lima Santos ¹

Neide Kazue Sakugawa Shinohara ³

¹ Mestranda do Programa de Pós-Graduação Profissional de Saúde Única. (PMPSU)– UFRPE

² Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos.(PGCTA)-UFRPE

³ Docente dos Programas de Pós-Graduação PMPSU e PGCTA- UFRPE

RESUMO

A Doença de Chagas, causada pelo protozoário *Trypanosoma cruzi*, é uma doença tropical negligenciada, permanece como um desafio relevante para a Saúde Única, especialmente em populações vulneráveis. Este estudo teve como objetivo realizar uma revisão bibliográfica sobre os aspectos epidemiológicos, clínicos e as vias de transmissão da enfermidade, com foco nos mecanismos de contaminação alimentar e nas medidas preventivas sob a perspectiva da Saúde Única. A literatura demonstra que alimentos como açaí, caldo de cana, bacaba e outros vegetais atuam como veículos do parasito quando submetidos a condições inadequadas de colheita, armazenamento, transporte, processamento e manipulação, sendo a contaminação favorecida pela presença de triatomíneos infectados, suas dejeções ou pelo contato com reservatórios silvestres. Os resultados indicam que a prevenção da transmissão oral exige ações integradas ao longo de toda a cadeia produtiva, englobando boas práticas de fabricação, higienização adequada, uso de água potável, controle de vetores e aplicação de tratamentos térmicos validados. Conclui-se que o enfrentamento dessa via de infecção demanda vigilância epidemiológica contínua, capacitação de manipuladores e uma forte articulação intersetorial entre saúde humana, animal e ambiental.

Palavras-chave: tripanossomíase americana, vigilância epidemiológica, contaminação alimentar, saúde única.

ABSTRACT

Chagas disease, caused by the protozoan *Trypanosoma cruzi*, remains a significant One Health challenge, particularly among vulnerable populations. This study aimed to conduct a literature review on the epidemiological and clinical aspects and transmission routes of the disease, focusing on mechanisms of foodborne contamination and preventive measures from a One Health perspective. The literature shows that foods such as açaí, sugarcane juice, bacaba, and other plant-based products serve as vehicles for the parasite when subjected to inadequate conditions during harvesting, storage, transport, processing, and handling; contamination is facilitated by the presence of infected triatomine bugs and their feces, or by contact with wild reservoirs. The results indicate that preventing oral transmission requires integrated actions throughout the entire production chain, encompassing good manufacturing practices, proper sanitation, the use of potable water, vector control, and the application of validated heat treatments. It is concluded that addressing this route of infection requires continuous epidemiological surveillance, training for food handlers, and strong intersectoral coordination among human, animal, and environmental health sectors.

Keywords: American trypanosomiasis, epidemiological surveillance, food contamination, One Health.

1. INTRODUÇÃO

A Doença de Chagas (DC), infecção parasitária sistêmica causada pelo protozoário *Trypanosoma cruzi*, permanece como um dos maiores desafios de Saúde Única na América Latina, sendo classificada pela Organização Mundial da Saúde (OMS) como uma doença tropical negligenciada, por afetar majoritariamente populações em situação de vulnerabilidade socioeconômica e receber baixos investimentos na pesquisa e pouca atenção ênfase/ vigilância da atenção primária, quanto ao diagnóstico e tratamento. A enfermidade continua amplamente presente em diversos municípios do Nordeste brasileiro, onde a transmissão oral e a persistência do vetor em áreas rurais e periurbanas mantêm o risco epidemiológico elevado. Histórica e socioeconomicamente associada a populações em situação de vulnerabilidade, a DC reflete as assimetrias no acesso aos serviços de saúde e a escassez de investimentos na busca por novos diagnósticos e terapêuticas mais eficazes (Lucena *et al.*, 2020; OMS, 2023).

No Nordeste brasileiro, a dinâmica epidemiológica da doença é intrinsecamente moldada por condições socioeconômicas precárias, como habitações insalubres e inadequadas, baixos índices de saneamento básico e práticas extrativistas e agrícolas artesanais, com ausência de controle sanitário rigoroso. Embora o controle vetorial tenha reduzido significativamente a transmissão intradomiciliar clássica pelo *Triatoma infestans*, a persistência de vetores nativos (*Triatoma brasiliense* e *Panstrongylus megistus*), somada ao crescimento da transmissão oral recolocou a enfermidade no centro das atenções epidemiológicas no Brasil (Dias *et al.*, 2016; Santos *et al.*, 2021).

A contaminação alimentar surge, dessa forma, como um relevante risco de saúde pública e impactos na Saúde Única. A ingestão de alimentos *in natura* ou minimamente processados como caldo de cana, polpas de frutas regionais (açaí e bacaba), produtos artesanais contaminados acidentalmente por triatomíneos ou por suas dejeções, tem desencadeado surtos agudos de infecção oral na região norte (Pacheco *et al.*, 2021). Segundo Benchimol-Barbosa *et al.* (2017), pesquisando Doença de Chagas na Colômbia, essa via de transmissão digestiva caracteriza-se por um inóculo parasitário elevado, resultando em quadros clínicos mais severos, com alta incidência de miocardite aguda e maior taxa de letalidade no país.

A verdadeira magnitude da Doença de Chagas nos municípios nordestinos é fortemente mascarada pela subnotificação sistemática. A fragilidade na vigilância epidemiológica municipal, a falta de capacitação das equipes de atenção primária para a suspeição clínica na fase aguda e o diagnóstico tardio na fase crônica assintomática, resultam em uma invisibilidade estatística oficial, que perpetua o ciclo de negligência política e orçamentária (Martins-Melo *et al.*, 2014; Silva *et al.*, 2022). Compreender a intersecção entre a contaminação cruzada alimentar, associado à vulnerabilidade social e as falhas de notificação é, portanto, indispensável para a formulação de políticas públicas integradas de biossegurança alimentar e controle epidemiológico principalmente nas regiões endêmicas.

Segundo o Ministério da Saúde, a Doença de Chagas pode ser transmitida de forma vetorial e oral. A forma vetorial ocorre quando as fezes do barbeiro infectado entram em contato com feridas na pele ou mucosas após a picada. A oral é devido a ingestão de alimentos e bebidas contaminadas com o parasita, essas são as duas formas mais comuns de transmissão. Para evitar a transmissão nos alimentos, é necessário separar e higienizar antes de triturar; guardar os alimentos em recipientes fechados para evitar a contaminação cruzada pelos insetos e principalmente implantar as Boas Práticas de Manipulação (Brasil, 2004; MS, 2025).

Os principais alimentos descritos na literatura científica como fontes de contaminação cruzada em alimentos, foram o açaí, acerola, bacaba e caldo de cana.

Os principais alimentos descritos na literatura científica como veículos de transmissão oral do *Trypanosoma cruzi* foram no açaí (*Euterpe oleracea*), caldo de cana (*Saccharum officinarum*), suco de bacaba (*Oenocarpus bacaba*), sucos de frutas (goiaba e vinho de palmeira), além de carnes de animais silvestres e leite cru (DIAS *et al.*, 2016).

Dessa forma, este capítulo tem como objetivo realizar uma revisão bibliográfica sobre a Doença de Chagas, abordando seus principais aspectos epidemiológicos e clínicos, suas diferentes vias de transmissão e, especialmente, os mecanismos relacionados à transmissão oral e à contaminação através dos alimentos. Busca-se ainda discutir medidas de prevenção e controle aplicáveis às diferentes etapas da cadeia produtiva de alimentos, sob a perspectiva da Saúde Única, enfatizando a necessidade de ações integradas entre vigilância epidemiológica, saúde humana, saúde animal, meio ambiente e segurança dos alimentos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. A DOENÇA DE CHAGAS

A Doença de Chagas permanece como um relevante problema de saúde pública na América Latina, caracterizado por sua complexidade epidemiológica e pelo constante controle sanitário. Embora o Brasil tenha reduzido significativamente a transmissão vetorial clássica, ainda se enfrentam desafios relacionados à transmissão oral, condições socioambientais desfavoráveis, circulação de vetores secundários e fluxos migratórios.

A investigação de casos suspeitos de Doença de Chagas pode ser realizada nos diferentes níveis de atenção à saúde, não sendo necessário, inicialmente, o encaminhamento do paciente para um serviço especializado. A atenção básica, por meio das Unidades Básicas de Saúde (UBS), constitui uma importante porta de entrada para o diagnóstico e acompanhamento dos indivíduos com suspeita da doença. Dependendo das características clínicas e da necessidade de atendimento, o paciente também pode ser assistido em Unidades de Pronto Atendimento (UPA 24h), policlínicas e hospitais. Os exames necessários para a confirmação diagnóstica, especialmente os testes sorológicos, podem ser realizados nos Laboratórios Centrais de Saúde Pública (LACEN) ou em laboratórios de referência da rede pública. Os casos que apresentam maior complexidade ou que necessitam de avaliação especializada devem ser encaminhados aos centros de referência. Dessa forma, a organização da assistência permite que a maior parte dos pacientes seja acompanhada na rede básica, enquanto aqueles que necessitam de cuidados especializados recebem atendimento nos serviços de referência, que dispõem de recursos para confirmação diagnóstica, acompanhamento clínico e assistência nos diferentes níveis de complexidade (FIOCRUZ, [s.d.]).

Do ponto de vista clínico, existem duas fases da doença: a fase aguda e a crônica. A fase aguda ocorre logo após a infecção e pode passar despercebida, pois muitos indivíduos apresentam sintomas leves ou inespecíficos. Febre, mal-estar, cefaleia, aumento dos linfonodos, edema, dores musculares e alterações do fígado e do baço podem estar presentes. Em alguns casos de transmissão vetorial podem ser observados o chagoma de inoculação e o sinal de Romana. Embora a maioria dos casos agudos apresente evolução favorável, formas mais graves podem ocorrer, principalmente em situações específicas de exposição e em determinados grupos de indivíduos (BRASIL, 2026; WHO, 2026). Em alguns casos, pode haver

comprometimento cardíaco e do sistema nervoso central. Segundo o ministério da saúde, formas graves da doença aguda acomete menos de 1% dos pacientes (Brasil, 2018)

Após a fase aguda, a infecção pode permanecer durante anos na forma crônica indeterminada, sem manifestações clínicas evidentes. Parte dos indivíduos, entretanto, desenvolve alterações cardíacas ou digestivas. Na forma cardíaca podem ocorrer arritmias, alterações da condução elétrica, cardiomiopatia, insuficiência cardíaca e fenômenos tromboembólicos, além do risco de morte súbita. Nas formas digestivas, podem ocorrer alterações da motilidade do trato gastrointestinal, com desenvolvimento de megaesôfago e megacólon. Essas manifestações podem comprometer de forma significativa a qualidade de vida e a capacidade funcional das pessoas afetadas (DIAS et al., 2016; WHO, 2026). Na fase crônica, há anticorpos circulantes e a parasitemia não é mais detectável por microscopia direta. Essa fase inclui a forma indeterminada (sem acometimento clínico ou sintomas) e as formas determinadas, com expressão cardíaca, digestiva, ou cárdio digestivas, além de outras menos comuns, como a neurológica. Ao longo da vida, estima-se que de 10 a 30% dos pacientes evoluem para a forma sintomática. Essas formas estão associadas à importante morbimortalidade e diminuição na qualidade de vida (Brasil, 2018).

2.2. ASPECTOS EPIDEMIOLÓGICOS

A epidemiologia da doença também sofreu mudanças ao longo do tempo. Embora a transmissão tenha sido historicamente relacionada às áreas rurais e à presença de triatomíneos nas habitações, atualmente existem diferentes contextos de exposição. A mobilidade das populações, as transformações ambientais e as mudanças nas atividades produtivas e nos hábitos de consumo contribuíram para ampliar os cenários nos quais a infecção pode ocorrer. A doença também passou a ser identificada em áreas urbanas e em países que anteriormente não apresentavam transmissão autóctone significativa (WHO, 2026).

De acordo com o Ministério da Saúde (2025), foi informado no Sinan (Sistema de Informação de Agravos e Notificação), que no período de 2007 a 2025, a Doença de Chagas no Brasil registrou 5.736 casos confirmados. Do total de casos, 53,47% foram de homens e 46,53% de mulheres. Destes 79,78% são autodeclarados de pessoas pardas; 9,10% branca; 5,42% preta; 1,08% indígena; 0,44% amarela e 4,18% sem informação oficial. No Brasil, a diversidade de cenários epidemiológicos reforça a necessidade de estratégias de vigilância

que considerem as diferentes formas de transmissão. Além do controle dos vetores, é necessário fortalecer a identificação de casos, a vigilância da transmissão congênita e transfusional e, particularmente, as ações relacionadas à prevenção da transmissão oral. Nesse último caso, a vigilância deve considerar as condições ambientais e as práticas adotadas durante a produção, manipulação, processamento, armazenamento e comercialização dos alimentos.

2.3. VIAS DE TRANSMISSÃO

A transmissão do *T. Cruzi* para o ser humano pode ocorrer por diferentes mecanismos descritos na literatura, destacando-se as vias vetorial, transfusional, congênita, oral e aquelas relacionadas a acidentes laboratoriais e ao consumo de carne de animais silvestres infectados (Brasil, 2018). A transmissão vetorial clássica ocorre por meio do contato percutâneo ou mucoso com as dejeções de triatomíneos infectados, eliminadas durante ou após o repasto sanguíneo (Coura, 2015). A transmissão também pode ocorrer por via transfusional e pelo transplante de órgãos, constituindo formas iatrogênicas associadas ao recebimento de hemoderivados ou órgãos provenientes de doadores infectados, outra possibilidade é a transmissão congênita, caracterizada pela passagem do parasito da mãe infectada para o feto durante a gestação ou determinadas circunstâncias durante o parto (Brasil, 2024).

Além dessas formas, acidentes laboratoriais podem ocorrer durante a manipulação de materiais contendo o parasito enquanto a ingestão de carne crua ou sangue de mamíferos silvestres infectados também pode representar uma via de exposição (Sangenis *et al.*, 2016). Entre os mecanismos de transmissão, destaca-se a ainda a via oral ou alimentar, decorrente da ingestão de alimentos ou bebidas contaminados com formas infectantes de *T.cruzi* sendo reconhecida como uma importante via associada à ocorrência de surtos de doenças de Chagas aguda (Nóbrega *et al.*, 2009).

2.4. CONTAMINAÇÃO ALIMENTAR PELO TRYPAOSSOMA CRUZI

A contaminação das matrizes alimentares pelo *T. cruzi* pode ocorrer durante diferentes etapas da cadeia produtiva, incluindo colheita, armazenamento, transporte e processamento de alimentos, estando relacionada a fatores ecológicos, sanitários e às condições de manipulação (Ferreira *et al.*, 2014). Entre os mecanismos descritos para a transmissão oral, destacam-se a contaminação de alimentos por fezes de triatomíneos infectados e a

incorporação acidental desses vetores durante o processamento. Além disso, a contaminação pode ocorrer por secreções de hospedeiros silvestres como marsupiais do gênero *Didelphis albiventris* (Pereira *et al.*, 2009). Dentre os alimentos e bebidas associados à transmissão oral da Doença de Chagas destacam-se o açaí (*Euterpe oleracea*), o caldo de cana (*Saccharum officinarum*) e o suco de bacaba (*Oenocarpus bacaba*). No Brasil, o açaí representa importante associação epidemiológica com surtos, enquanto evidências recentes também relacionam o consumo de suco de acerola à ocorrência de um surto de doença de Chagas no território brasileiro (Nóbrega *et al.*, 2009; Ribeiro Jr *et al.*, 2026).

O primeiro surto documentado no Brasil ocorreu em Teutônia, município de Estrela no Rio Grande do Sul em 1965, quando 17 pessoas desenvolveram a doença e seis foram a óbitos, sendo levantada a hipótese de contaminação dos alimentos por secreções de marsupiais infectados (Silva *et al.*, 1968). Posteriormente em 1986, no município de Catolé do Rocha, no estado da Paraíba, foram registrados 26 casos de Doença de Chagas aguda, associados ao consumo de caldo de cana, cuja contaminação foi atribuída à presença de triatomíneos ou de secreções de marsupiais infectados (Shikanai-Yasuda *et al.*, 1991). Em 2005, um novo surto ocorreu em Navegantes, Santa Catarina envolvendo consumidores de caldo de cana comercializado em um estabelecimento localizado às margens da BR-101, onde foram confirmados 24 casos e três evoluíram à óbitos, sendo a transmissão atribuída à ingestão da bebida contaminada por *T. cruzi*.

No município de Barcarena em 2006 no Pará, 11 casos de Doença de Chagas aguda foram confirmados e investigações epidemiológicas do tipo corte e caso-controle associaram a ocorrência do surto ao consumo de açaí, reforçando a importância das bebidas e polpas de frutas como possíveis veículos da transmissão oral, através da moagem dos triatomíneos em meio aos frutos. Mais recentemente em Serrolândia Bahia, uma investigação epidemiológica identificou quatro casos de Doença de Chagas aguda entre cinco membros de uma mesma família, com um óbito, sendo observada associação epidemiológica com o consumo de frutas e suco de acerola produzidos na propriedade. A investigação entomológica e molecular reforçou a hipótese de transmissão pela via vetorial-oral, evidenciando a participação de alimentos contaminados no ciclo de transmissão de *T. cruzi* (Ribeiro Jr. *et al.*, 2026).

Esses episódios demonstram que a transmissão oral da doença constitui um importante problema de segurança dos alimentos, especialmente quando matérias-primas vegetais são submetidas a condições inadequadas de colheita, armazenamento,

processamento ou manipulação, favorecendo a introdução do parasito em alimentos e bebidas consumidos *in natura* como o leite cru, minimamente processado como sucos e leite de frutas e carnes de animais silvestres.

2.5. PREVENÇÃO E CONTROLE NA CADEIA PRODUTIVA

A prevenção da transmissão oral de *Trypanosoma cruzi* por alimentos e bebidas de origem vegetal requer a adoção integrada de medidas higiênico-sanitárias e tecnológicas ao longo da cadeia produtiva (Tabela 1). Nesse contexto, a associação das Boas Práticas de Fabricação e Manipulação, controle de vetores e pragas, monitoramento da água disponível e aplicação de tratamentos térmicos como branqueamento e secagem, constituem estratégias importantes para reduzir o risco de contaminação e contribuem para a segurança dos produtos de origem vegetal (Brasil, 2005; Ferreira *et al.*, 2014).

Durante a colheita, recomenda-se a seleção dos frutos e a retirada de unidades deterioradas, sujidades, materiais estranhos e possíveis vetores ou vestígios de sua presença, reduzindo as possibilidades de introdução de contaminantes no processo produtivo (Santos, 2019). O acondicionamento e o transporte devem ser realizados em recipientes limpos, higienizados, de material adequado para o acondicionamento de alimentos e que protejam de contaminação externa (Ferreira *et al.*, 2014).

Nas etapas de recepção e no processamento, as matérias-primas devem ser mantidas em condições higiênico-sanitárias adequadas. As instalações devem ser protegidas contra a entrada de vetores e pragas, por meio da adoção de barreiras físicas; utilizar água potável em toda cadeia produtiva; e ter procedimentos de higienização das superfícies e dos equipamentos. Essas práticas são particularmente relevantes para produtos processados artesanalmente, nos quais as condições ambientais e de manipulação podem favorecer o contato da matéria-prima com fontes de contaminação (Brasil, 2005).

Em escala industrial, tratamentos térmicos, como a pasteurização, também podem ser utilizados como etapa adicional de controle microbiológico e parasitário em produtos, devendo os parâmetros de temperatura e tempo serem estabelecidos e validados de acordo com as características da matriz alimentícia, do equipamento e do processo empregado (Pereira *et al.*, 2009). Ressalta-se ainda, que a refrigeração e o congelamento, embora sejam importantes para a conservação das características físico-químicas e microbiológicas e para a manutenção de cadeia de frio, não devem ser considerados, isoladamente, métodos

suficientes para a inativação do *T. cruzi*. Dessa forma, a prevenção da transmissão oral requer a associação entre boas práticas de higiene; controle de fontes potenciais de contaminação; aplicação de tratamentos tecnológicos adequadamente estabelecidos e validados; e capacitação contínua de batedores artesanais e manipuladores de alimentos quanto ao uso do tanque de branqueamento e à sanitização de vegetais, medidas essenciais para reduzir o risco de contaminação e garantir a qualidade sanitária do produto (Vasconcelos; Cartágenes; Silva, 2022).

Quadro 1: Parâmetros operacionais e exigências normativas para o controle de *Trypanosoma cruzi* no processamento artesanal e industrial do açaí e bacaba.

ETAPA	RISCO SANITÁRIO	MEDIDA DE CONTROLE	BASE NORMATIVA
Colheita /Transporte	Vetores e dejetos	O local de preparo, para evitar o acesso de vetores e pragas e a matéria prima deve ser acondicionada em caixas plásticas cobertas	ANVISA RDC 218/2005
Higienização	Carga microbiana	Lavagem e sanitização com água potável	ANVISA RDC 218/2005
Branqueamento	Viabilidade do <i>T. cruzi</i>	Aquecimento a 8°C por 10 segundos e posterior resfriamento em água fria para realizar o arrefecimento rápido	PARÁ DECRETO 326/2012
Despolpamento/ Envase	Contaminação cruzada	Devem ser utilizados equipamentos de aço inox previamente higienizados. E envasados em embalagens adequadas, preferencialmente em sacos plásticos atóxicos, próprios para alimento	ANVISA RDC 218/2005 e PARÁ DECRETO 326/2012
Comercialização	Recontaminação	Refrigeração pós-branqueamento à temperatura de 4 a 7°C, não devendo ser comercializado após 24 horas. A produção que não for comercializada imediatamente, deve ser mantida sob temperatura inferior a 5°C	ANVISA RDC 218/2005 e PARÁ DECRETO 326/2012

Fonte: Adaptado de Brasil (2005) e Pará (2012)

Além das medidas de higiene, os tratamentos térmicos constituem uma estratégia tecnológica relevante para a redução do risco associado à presença de *T. Cruzi* em produtos vegetais. O parasito apresenta sensibilidade ao calor, e a aplicação de combinações adequadas de tempo e temperatura pode promover sua inativação. Entretanto, a eficácia do tratamento depende das características da matriz, das condições do processo e da efetiva exposição do produto ao binômio tempo e temperatura, sendo recomendável que os parâmetros empregados sejam previamente avaliados e validados. No processamento do açaí, destaca-se o branqueamento dos frutos, que consiste na imersão da matéria-prima em água aquecida a 80 °C durante 10 segundos, seguida de resfriamento imediato antes do despulpamento. Esse procedimento foi incorporado às medidas de controle sanitário adotadas para o processamento de açaí e apresenta potencial para reduzir a viabilidade de *T. Cruzi* presente nos frutos (Ferreira *et al.*, 2016).

De acordo com o Quadro 1, podemos observar que as normativas sanitárias da Vigilância Sanitária visam nortear ações para proteger e promover a saúde da população, eliminando, diminuindo ou prevenindo riscos à saúde, com prudência e atenção às Boas práticas de Manipulação, para evitar o contato de pragas e vetores com os alimentos, correta separação e higienização, aplicação da pasteurização para eliminação de patógenos, manutenção da cadeia de frio e proteção física para evitar a recontaminação. Essas ações conjuntas na produção de alimentos, alinham as normas locais e nacionais às diretrizes internacionais, como as da Organização Mundial da Saúde, facilitando o comércio seguro de produtos em âmbito global.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Doença de Chagas permanece como um relevante problema de Saúde Única, especialmente em contextos de vulnerabilidade socioambiental, nos quais diferentes fatores podem favorecer a manutenção da transmissão. A revisão realizada evidenciou que, apesar dos avanços no controle da transmissão vetorial clássica, a transmissão oral representa importante desafio epidemiológico, particularmente pela possibilidade de contaminação de alimentos e bebidas consumidos *in natura* ou minimamente processados.

A ocorrência de episódios associados ao consumo de açaí, caldo de cana, bacaba e outros alimentos demonstra a necessidade de atenção às diferentes etapas da cadeia produtiva, desde a colheita e o transporte até o processamento, armazenamento e

comercialização do produto. A adoção de boas práticas de fabricação e manipulação, higienização adequada, controle de vetores e pragas, utilização de água potável e aplicação de tratamentos tecnológicos adequadamente estabelecidos constitui medidas relevantes para a redução dos riscos de contaminação alimentar pelo *Trypanosoma cruzi*.

Nesse contexto, o enfrentamento da transmissão oral não deve estar restrito ao setor saúde, sendo necessária a articulação entre vigilância epidemiológica, segurança dos alimentos, saúde animal, meio ambiente e setores envolvidos na produção e comercialização de alimentos. A capacitação contínua de manipuladores e produtores, associada ao fortalecimento da vigilância e à identificação precoce de casos e surtos, também constitui componente importante das estratégias de prevenção.

Conclui-se que a abordagem da Doença de Chagas sob a perspectiva da Saúde Única permite compreender a complexidade dos fatores envolvidos na transmissão vetorial clássica, transfusional e alimentar por via oral reforçando a necessidade de ações integradas, intersetoriais e contínuas para a prevenção da doença e a promoção da segurança alimentar.

REFERÊNCIAS

- BENCHIMOL-BARBOSA, Paulo Roberto et al. Oral transmission of Chagas disease: importance of epidemiological surveillance and food safety. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, Uberaba, v. 50, n. 4, p. 439-445, jul./ago. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/0037-8682-0128-2017>.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria Conjunta SAES/SCTIE/MS nº 57, de 30 de outubro de 2018**. Aprova o Protocolo Clínico e Diretrizes Terapêuticas da Doença de Chagas. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/conitec/pt-br/midias/protocolos/resumos/PCDTResumidoDoenadeChagas.pdf>. Acesso em: 29 set. 2026..
- BRASIL. Regulamento Técnico de Boas Práticas para Serviços de Alimentação. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 216, de 15 de setembro de 2004.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução da Diretoria Colegiada - RDC nº 218, de 29 de julho de 2005. Dispõe sobre o Regulamento Técnico de Boas Práticas para o Processamento de Alimentos e Bebidas Preparados com Vegetais. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 1 ago. 2005.
- BRUNETO, Eduardo G. et al. Case-fatality From Orally-transmitted Acute Chagas Disease: A Systematic Review and Meta-analysis. **Clinical Infectious Diseases**, v. 72, n. 6, p. 1084–1092, 15 mar. 2021.

- DIAS, João Carlos Pinto et al. II Consenso Brasileiro em Doença de Chagas, 2015. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, Brasília, v. 25, número especial, p. 7-86, 2016. DOI: <https://doi.org/10.5123/S1679-49742016000500002>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ress/a/JrVJ3sYXSCYbvZdh8cH4Dqy/>. Acesso em: 29 set. 2026.
- FIOCRUZ. **Portal de Doenças de Chagas: diagnóstico e tratamento**. Rio de Janeiro: Fundação Oswaldo Cruz, [s.d.]. Disponível em: <https://chagas.fiocruz.br/>. Acesso em: 29 set. 2026.
- LUCENA, Carlos Eduardo de Souza et al. Socioeconomic determinants and the spatial distribution of neglected tropical diseases in the Brazilian Northeast. **Tropical Medicine & International Health**, Oxford, v. 25, n. 8, p. 980-992, ago. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1111/tmi.13420>.
- MARTINS-MELO, Francisco Rogerlândio et al. Underreporting of Chagas disease-related mortality in Brazil: a spatial analysis and probability survey. **PLOS Neglected Tropical Diseases**, San Francisco, v. 8, n. 2, e2684, p.1-10, fev. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0002684>.
- MS. Ministério da Saúde. Doenças de Chagas Aguda. Sistema de Informação de Agravos de Notificação - Sinan 2025. Disponível: <<https://www.gov.br/saude/pt-br/composicao/svsa/cnie/doenca-de-chagas>>. Acesso em 12/09/2026.
- MONSALVE-LARA, Jackeline *et al.* The risk of oral transmission in an area of a Chagas disease outbreak in the Brazilian northeast evaluated through entomological, socioeconomic and schooling indicators. **Acta Tropica**, v. 215, p. 105803, mar. 2021.
- NÓBREGA, Aglaêr A. *et al.* Oral Transmission of Chagas Disease by Consumption of Açaí Palm Fruit, Brazil. **Emerging Infectious Diseases**, v. 15, n. 4, p. 653–655, abr. 2009.
- OLIVERA, Mario J. *et al.* Addressing Chagas disease from a One Health perspective: risk factors, lessons learned and prevention of oral transmission outbreaks in Colombia. **Science in One Health**, v. 3, p. 100066, 2024.
- ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). **Integrating neglected tropical diseases into primary health care: a manual for health workers**. Genebra: World Health Organization, 2023. 112 p. ISBN 978-92-4-006800-1.
- PACHECO, Ana Silvia et al. Foodborne transmission of *Trypanosoma cruzi*: mechanisms, outbreaks, and prevention strategies in Latin America. **Food Control**, Oxford, v. 125, art. 107982, p. 1-12, jul. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.107982>.
- PARÁ (Estado). Decreto nº 326, de 20 de janeiro de 2012. Estabelece requisitos higiênico-sanitários para a manipulação de Açaí e Bacaba por batedores artesanais. **Diário Oficial do Estado do Pará**, Belém, PA, 24 jan. 2012.
- PEREIRA, Karen Signori *et al.* Chagas' Disease as a Foodborne Illness. **Journal of Food Protection**, v. 72, n. 2, p. 441–446, fev. 2009.

- RIBEIRO, Gilmar *et al.* On the juice? Trypanosoma cruzi vectorial-oral outbreak investigation in a semi-arid rural area of Brazil. **Parasites & Vectors**, v. 19, n. 1, p. 59, 29 dez. 2025.
- SIMÕES-NETO, Eudes Alves *et al.* Oral Chagas disease outbreak by bacaba juice ingestion: A century after Carlos Chagas' discovery, the disease is still hard to manage. **PLOS Neglected Tropical Diseases**, v. 18, n. 9, p. e0012225, 18 set. 2024.
- SANGENIS, Luiz Henrique Conde *et al.* Transmissão da doença de Chagas por consumo de carne de caça: revisão sistemática. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 19, n. 4, p. 803–811, dez. 2016.
- SANTOS, Márcio Aurélio *et al.* Ecoepidemiology of triatomines in the Brazilian Caatinga and the risk of oral Chagas disease transmission. **Acta Tropica**, Amsterdam, v. 214, art. 105780, p. 1-9, fev. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2020.105780>.
- SILVA, Rodrigo Medeiros da *et al.* Desafios da vigilância epidemiológica e subnotificação da doença de Chagas em municípios do Nordeste do Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 38, n. 5, e00124521, p. 1-14, maio 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/0102-311X00124521>.
- STEINDEL, Mário *et al.* Characterization of Trypanosoma cruzi isolated from humans, vectors, and animal reservoirs following an outbreak of acute human Chagas disease in Santa Catarina State, Brazil. **Diagnostic Microbiology and Infectious Disease**, v. 60, n. 1, p. 25–32, jan. 2008.
- USECHE, Y. M. *et al.* Orally transmitted Chagas disease outbreaks in Latin America: a comprehensive systematic review and public health implications. **Frontiers in Public Health**, v. 14, p. 1911186, 8 set. 2026.
- VASCONCELOS, Alan César de Souza; CARTÁGENES, Sabrina de Carvalho; SILVA, Thiago Freitas da. Açai e a transmissão da doença de Chagas: uma revisão. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 16, e532111638638, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i16.38638>.
- VASCONCELOS, Alan Cesar; CARTÁGENES, Sabrina De Carvalho; SILVA, Thiago Freitas Da. Açai e a transmissão da doença de Chagas: uma revisão. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 16, p. e532111638638, 16 dez. 2022.
- VELÁSQUEZ-ORTIZ, Natalia; RAMÍREZ, Juan David. Understanding the oral transmission of Trypanosoma cruzi as a veterinary and medical foodborne zoonosis. **Research in Veterinary Science**, v. 132, p. 448–461, out. 2020.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Chagas disease (American trypanosomiasis)**. Geneva: World Health Organization, 2026. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/questions-and-answers/item/chagas-disease>. Acesso em: 29 set. 2026.

CAPÍTULO IX

KOMBUCHA E KEFIR DE LEITE: UM OLHAR COMPARATIVO SOBRE MICRORGANISMOS E SEU POTENCIAL FUNCIONAL

KOMBUCHA AND MILK KEFIR: A COMPARATIVE LOOK AT MICROORGANISMS AND THEIR FUNCTIONAL POTENTIAL

DOI: 10.51859/ampla.cnc6385-9

Shirley Kettili Silva de Freitas ¹

Joana Cinthia da Silva Santos ¹

Camila Lessa Amorim de Oliveira ¹

Maria Clara Pestana Calsa ²

¹ Graduandas do curso de Nutrição. Centro Universitário Maurício de Nassau – UNINASSAU, Recife-Graças, Pernambuco, Brasil.

² Doutora em Ciências pelo Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo (CENA/USP). Professora do curso de Nutrição do Centro Universitário Maurício de Nassau – UNINASSAU, Recife-Graças, Pernambuco, Brasil.

RESUMO

Nas últimas décadas, é possível observar um aumento no interesse por alimentos e bebidas fermentadas, com destaque para o kefir de leite e a kombucha. Essas bebidas são conhecidas como bebidas fermentadas e sua busca se deve pela possível relação que elas têm com a saúde. Mas, apesar de serem duas bebidas fermentadas, elas têm processos fermentativos e matrizes diferentes. Portanto, o objetivo desse estudo foi revisar na literatura científica quais são as diferenças entre o kefir de leite e a kombucha, quais são as propriedades potencialmente funcionais dessas duas bebidas e qual a composição microbiológica de cada uma. A metodologia utilizada trata-se de uma revisão bibliográfica da literatura. A revisão foi feita utilizando as bases de dados PubMed, SciELO e CAPES, os descritores utilizados foram: “kombucha”, “kefir”, “microbiológicas” e “funcional”, foi utilizado o operador booleano AND para combinar os descritores. A literatura científica mostra que o kefir de leite é fermentado a partir de grãos e têm como predominantes as bactérias lácticas, enquanto a kombucha após a fermentação produz uma placa de celulose bacteriana, denominada SCOBY, onde predominam as bactérias acéticas. Em relação as propriedades funcionais, os estudos mostram que essas bebidas possuem efeitos antioxidantes, antimicrobianos, anti-inflamatório, imunomoduladores e metabólicos. Foram observados também efeito cardioprotetor, desintoxicante, protetor do fígado e ossos,

modulador da microbiota intestinal, hipocolesterolêmicas, antidiabética e anticancerígena. Apesar desses possíveis benefícios, mais estudos são necessários, como ensaios clínicos, pois as pesquisas recentes se limitam a estudos *in vitro* e alguns estudos com animais.

Palavras-chave: Bebidas fermentadas. Funcionais. Microrganismos. Ciência de alimentos.

ABSTRACT

In recent decades, There has been a growing interest in fermented foods and beverages, particularly milk kefir and kombucha. These beverages are known as fermented drinks, and the interest in them stems from their potential health benefits. However, although both are fermented beverages, they have different fermentation processes and matrices. Therefore, the objective of this study is to review the scientific literature to identify the differences between milk kefir and kombucha, the potential functional properties of these two beverages, and the microbiological composition of each. The methodology employed consists of a literature review. The review was conducted using the PubMed, SciELO, and CAPES databases; the search terms used were: “kombucha,” “kefir,” “microbiological,” and “functional,” and the Boolean operator “AND” was used to combine the search terms. The scientific literature shows that milk kefir is fermented from grains and is

predominantly composed of lactic acid bacteria, while kombucha, after fermentation, produces a bacterial cellulose mat, known as a SCOBY, in which acetic acid bacteria predominate. Regarding functional properties, studies show that these beverages have antioxidant, antimicrobial, anti-inflammatory, immunomodulatory, and metabolic effects. Cardioprotective, detoxifying, liver- and bone-protective, gut microbiota-modulating,

cholesterol-lowering, antidiabetic, and anticancer effects have also been observed. Despite these potential benefits, further studies are needed, such as clinical trials, as recent research is limited to in vitro studies and some animal studies.

Keywords: Fermented beverages. Functional beverages. Microorganisms. Food science.

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, tem-se observado um crescimento significativo do interesse por alimentos e bebidas fermentadas, impulsionado principalmente pela busca por hábitos alimentares mais saudáveis. Alguns estudos indicam que esses alimentos têm potencial para inibir atividade bacteriana, podendo atuar como conservante de alimentos; possuem atividade antioxidante, anti-inflamatória, antidiabética, imunomoduladora, entre outras. Esses efeitos se devem à ação combinada dos microrganismos probióticos e de compostos bioativos produzidos durante a fermentação (Lai *et al.*, 2025; Anantachoke, 2023; Bilac, 2023; Azizi, 2021). Dentre as bebidas fermentadas mais consumidas estão a kombucha e o kefir de leite, que vêm sendo estudadas por causa do seu potencial funcional.

A kombucha e o kefir de leite são reconhecidas como bebidas fermentadas obtidas a partir de matrizes diferentes. A matriz da kombucha é conhecida como SCOBY (*Symbiotic Culture of Bacteria and Yeast*) - que é uma placa de celulose, parecida com uma panqueca, formada por bactérias e leveduras (Anantachoke, 2023; Selvaraj; Gurumurthy, 2023). Já a matriz do kefir de leite é formada por grãos circulares, de tons claros composto por bactérias lácticas, ácido acético e leveduras, que estão unidas nesses grãos em uma matriz de polissacarídeos naturais (Magalhães *et al.*, 2023). Cada uma dessas bebidas apresenta processos fermentativos específicos, tendo como resultado características próprias.

Apesar da existência de diversos estudos sobre bebidas fermentadas, incluindo a kombucha e o kefir de leite (Pihurov *et al.*, 2022; Prados-Bo *et al.*, 2022), ainda há uma lacuna na literatura quanto a pesquisas que realizem uma comparação direta entre essas bebidas, especialmente em relação às suas propriedades funcionais e à composição microbiológica. A maioria dos estudos disponíveis abordam essas bebidas de forma isolada, sem uma análise conjunta para entender as semelhanças e diferenças que existem entre elas.

Portanto, o objetivo desse estudo é revisar na literatura científica quais são as diferenças entre o kefir de leite e a kombucha, quais são as propriedades potencialmente funcionais dessas duas bebidas e qual a composição microbiológica de cada uma.

2. METODOLOGIA

O presente estudo trata-se de uma revisão bibliográfica da literatura, que possui caráter qualitativo e tem o intuito de analisar o que a literatura científica discute sobre as propriedades funcionais da kombucha e kefir de leite e sua composição microbiológica.

Essa revisão foi feita com o objetivo de identificar evidências na literatura científica sobre as possíveis propriedades funcionais da kombucha e do kefir de leite, bem como sua composição microbiológica. Foram considerados os artigos publicados entre 2021 e 2026, de acordo com os critérios de inclusão estabelecidos para a pesquisa.

As buscas foram feitas nas bases de dados Portal de periódicos da CAPES, PubMed e SciELO. Foram utilizados os seguintes Descritores em Ciência da Saúde (DeCS): “kombucha”, “kefir”, “microbiológicas” e “funcional”. Para combinar os descritores e selecionar os artigos mais relevantes foi utilizado o operador booleano AND.

Como critérios de inclusão foram considerados artigos científicos publicados em inglês, português e espanhol, nos últimos 5 anos que abordassem o tema da pesquisa. Como se trata de uma revisão bibliográfica da literatura não foi preciso aprovação pelo comitê de ética.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. MATRIZ SIMBIÓTICA

O kefir é uma bebida fermentada, levemente gaseificada, produzida a partir de grãos que reúnem uma mistura de bactérias e leveduras que vivem em simbiose, a base para o kefir de leite é o leite de vaca, ou leite de outros mamíferos como o leite de cabra e ovelha (Saygili et al., 2022). Ele é originário do Cáucaso, na Rússia, e possui uma microflora variada composta por *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Acetobacter* e leveduras, juntos eles formam uma matriz de polissacarídeos chamada de kefiran. Tem uma consistência leitosa e sabor ácido. A coloração do kefir de leite varia dependendo do substrato utilizado, podendo ter uma coloração branca, pois o substrato utilizado é o leite de vaca (Figura 1). Os grãos de kefir são semelhantes a uma couve-flor (Oliveira, 2022; Maceno, 2022).

Figura 1 – Grãos de kefir de leite constituídos por uma matriz simbiótica de bactérias ácido-láticas, bactérias acéticas e leveduras responsáveis pelo processo fermentativo.



Fonte: Autoria própria (2026)

Já kombucha tem origem na Ásia e é feita a partir de chá preto ou verde, da planta *Camellia sinensis*, adoçado e no processo de fermentação é produzida uma placa de celulose bacteriana chamada de SCOBY (*Symbiotic Colony of Bacteria and Yeast*). A *camellia sinensis* é de origem asiática e amplamente cultivada para a produção de diferentes tipos de chá, como o chá verde, preto, branco, oolong e Pu-erh, sendo as diferenças entre eles relacionadas aos métodos de processamento empregados após a colheita (Mozumder; Lee; Hong, 2025). Como o chá verde é um dos mais utilizados para a produção de kombucha, vale ressaltar que ele é submetido a uma etapa onde ocorre uma inativação enzimática por tratamento térmico, o objetivo desse tratamento é reduzir a oxidação dos compostos fenólicos presentes nas folhas (Gonçalves Bortolini et al., 2021).

A placa de celulose da kombucha é composta por bactérias e leveduras (Crispino, 2024). Assim como o kefir de leite, a kombucha também é uma bebida fermentada, só que com uma formação de gás maior, ou seja, ela é mais gaseificada e sua matriz é bem diferente da matriz do kefir de leite, como mostrada na Figura 2.

Figura 2 – SCOBY (*Symbiotic Culture of Bacteria and Yeast*) utilizado na fermentação da kombucha, composto por uma colônia simbiótica de bactérias e leveduras.



Fonte: Autoria própria (2026)

Diferente do kefir, a kombucha demora um tempo maior para fermentar, levando até 14 dias, dependendo da temperatura do ambiente. As bactérias predominantes na kombucha são as bactérias acéticas, elas são responsáveis por converter etanol em ácido acético e glicose em ácido glucônico (Njieukam *et al.*, 2024). As principais leveduras que compõem a kombucha são *Saccharomyces cerevisiae*, *Schizosaccharomyces pombe*, *Brettanomyces bruxellensis*, entre outras. Já as bactérias acéticas incluem *Acetobacter aceti*, *Gluconacetobacter xylinum*, *Gluconobacter oxydans* e *Acetobacter pasteurianus*. Além das bactérias acéticas a kombucha também apresenta bactérias lácticas, só que em menor quantidade, como *Leuconostoc* sp., *Bifidobacterium* sp, *Bacillus coagulans* e *Lactobacillus nagelii* (Ojo, 2023).

As bactérias ácido-acéticas são tolerantes ao ambiente ácido da kombucha, Wang *et al.* (2024) em seu estudo identificou nove cepas pertencentes às espécies *Komagataeibacter rhaeticus*, *Acetobacter musti* e *Gluconobacter potus*, essas bactérias são gram-negativas aeróbicas e são ácido-acéticas, no seu estudo foi possível verificar que essas espécies tem capacidade de tolerar o pH baixo da kombucha, que varia de 2,5 a 4,2. A espécie *Komagataeibacter rhaeticus* é diretamente responsável pela produção da placa de celulose bacteriana que é formada na superfície da bebida fermentada. Essa tolerância a acidez é

importante para a manutenção das bactérias e leveduras características da kombucha, permitindo que elas permanecem ativas mesmo diante das alterações do ambiente.

3.2. PROPRIEDADES FUNCIONAIS

Durante o processo de fermentação tanto o kefir de leite quanto a kombucha apresentam propriedades funcionais importantes relacionadas à presença de compostos bioativos que são produzidos pelas bactérias. O estudo dos autores selecionados destaca efeitos antioxidantes, antimicrobianos, anti-inflamatório, imunomoduladores e metabólicos. A intensidade desses efeitos varia conforme o substrato utilizado, os microrganismos presentes e as condições de fermentação. Chong *et al* (2023) observaram que as duas bebidas promovem a desintoxicação e proteção do fígado e sangue, mas elas têm diferenças relacionadas ao tipo de ácido produzido, enquanto a kombucha apresenta maior produção de ácido acético, o kefir destaca-se pela produção de ácido lático.

Para a kombucha, Anantachoke *et al* (2023) associam as alterações físico-químicas com as propriedades funcionais descritas acima. Já o estudo de Antolak *et al* (2021), acrescenta que entre os compostos bioativos se destacam os polifenóis, vitaminas, minerais e proteínas como as bacteriocinas, que são proteínas usadas pela indústria contra as bactérias Gram-positivas. Além dessas propriedades, o estudo de Lee *et al* (2023) mostra que o consumo da kombucha possui efeito cardioprotetor e tem capacidade para eliminar radicais livres.

3.3. PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS

As análises físico-químicas são importantes pois avaliam as características fermentativas das bebidas. O pH e a acidez total titulável são importantes para verificar a produção de ácidos orgânicos durante a fermentação, já os sólidos solúveis totais indicam a quantidade de açúcares e outros compostos dissolvidos nas bebidas.

Os estudos selecionados para essa pesquisa mostraram que a kombucha e o kefir de leite apresentam alterações físico-químicas importante durante a fermentação, como a redução do pH e aumento da acidez total titulável.

Bilac *et al* (2023) observaram que durante a fermentação do kefir de leite, houve uma redução do pH acompanhada do aumento da acidez. Outra observação importante foi a intensa atividade antimicrobiana relacionada a produção de metabólitos fermentativos, inibindo microrganismos patogênicos como *Staphylococcus aureus*, *Salmonella entérica* e *Escherichia coli*. De maneira semelhante, Brescciani *et al* (2024) observaram redução do pH

(4,40) e acidez 0,87 g de ácido láctico/100g compatíveis com a legislação brasileira, além de mostrar redução no teor de lactose comparado com o leite não fermentado, o que evidenciou a atividade metabólica das bactérias lácticas.

Sobre a kombucha, Silva Júnior *et al.*, 2022 mostraram que a fermentação promove o consumo de açúcares e a formação de ácidos orgânicos, o que resulta na redução do pH e aumento da acidez da bebida. Kluz *et al* (2022) acrescenta que ocorre também uma redução progressiva dos sólidos solúveis totais, que se deve pela atividade metabólica do SCOBY e à produção de compostos antimicrobianos. Njieukam *et al.* (2024), além de observarem um aumento da acidez e redução da sacarose durante a fermentação, também viram que há uma formação de ácidos orgânicos como ácidos acéticos e ácido glucônico e compostos fenólicos provenientes do chá verde que conferem a bebida um potencial antioxidante relacionado a melhora do perfil lipídico, capacidade de reduzir a inflamação e elevada atividade antioxidante.

Esses estudos mostram que apesar do kefir de leite e a kombucha apresentarem comportamentos fermentativos semelhantes, como a redução do pH e aumento da acidez durante a fermentação, as alterações físico-químicas que ocorrem estão relacionadas às características de cada matriz e aos substratos utilizados pelos microrganismos para fermentarem as bebidas. No kefir de leite destaca-se o consumo da lactose e a produção de ácido láctico, já na kombucha, destaca-se o consumo da sacarose e a formação de ácidos orgânicos, como os ácidos acético e glucônico.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O kefir de leite e a kombucha possuem características físico-químicas, matrizes, bases para a produção e processos fermentativos diferentes. As características físico-químicas mostraram-se importantes durante a fermentação, principalmente pelas alterações no pH, acidez e nos açúcares das bebidas. As características físico-químicas também mostraram a importância da fermentação, principalmente pelas alterações no pH, na acidez e nos açúcares presentes nas bebidas. Além disso, as bactérias ácido-acéticas se destacam na kombucha por participarem do processo de fermentação e apresentarem adaptação ao ambiente ácido da bebida. Já as bactérias ácido lácticas se destacam no kefir de leite.

Sobre essas bebidas foi possível observar as suas possíveis propriedades funcionais, principalmente pela presença de microrganismos probióticos, compostos fenólicos, ácidos

orgânicos e metabólitos que são produzidos durante a fermentação. Os artigos selecionados mostraram associação dessas bebidas com atividades antioxidantes, antimicrobianas, anti-inflamatórias, imunomoduladoras e metabólicas, além de possíveis benefícios para a microbiota e para a saúde dos ossos e podem ter efeito cardioprotetor. Mas, essas propriedades variam conforme o tipo de substrato utilizado, as condições de fermentação e ao tipo de microrganismo.

Porém, apesar do aumento do consumo das bebidas e o interesse científico pelo estudo delas, ainda existem limitações na literatura, principalmente relacionada a comprovação clínica dos benefícios dessas duas bebidas, pois a maioria dos estudos trata-se de estudos *in vitro* e são necessários mais estudos, como ensaios clínicos, que podem trazer evidências mais sólidas.

REFERÊNCIAS

- ANANTACHOKE, Natthinee *et al.* Kombucha Beverages Produced from Fruits, Vegetables, and Plants: A Review on Their Pharmacological Activities and Health Benefits. **Foods**, v. 12, n. 9, p. 1818, jan. 2023. DOI: 10.3390/foods12091818.
- ANTOLAK, Hubert; PIECHOTA, Dominik; KUCHARSKA, Aleksandra. Kombucha Tea—A Double Power of Bioactive Compounds from Tea and Symbiotic Culture of Bacteria and Yeasts (SCOBY). **Antioxidants**, v. 10, n. 10, p. 1541, out. 2021. DOI: 10.3390/antiox10101541.
- AZIZI, Nor Farahin *et al.* Kefir and Its Biological Activities. **Foods**, v. 10, n. 6, p. 1210, jun. 2021. DOI: 10.3390/foods10061210.
- BILAC, Carla Azevedo *et al.* Physicochemical characterization and antibacterial activity of Brazilian artisanal milk kefir. **Scientia Plena**, v. 19, n. 9, 18 out. 2023. DOI: 10.14808/sci.plena.2023.091501.
- BRESCIANI, Laís *et al.* Kefir artesanal: análise dos atributos de qualidade em relação aos requisitos da legislação brasileira. **OBSERVATÓRIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA**, v. 22, n. 12, p. e8101–e8101, 6 dez. 2024. DOI: 10.55905/oelv22n12-057.
- CHONG, Ann Qi *et al.* Fermented Beverage Benefits: A Comprehensive Review and Comparison of Kombucha and Kefir Microbiome. **Microorganisms**, v. 11, n. 5, p. 1344, maio 2023. DOI: 10.3390/microorganisms11051344.
- CRISPINO, Ana Carolina S. *et al.* Development of flavored kombuchas with Amazonian fruits: bioactive compounds evaluation and antioxidant capacity. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 96, p. e20230356, 2024. DOI: 10.1590/0001-3765202420230356.

- GONÇALVES BORTOLINI, Débora *et al.* Processamento, composição química e aplicações na indústria alimentícia dos chás de *Camellia sinensis*: uma visão geral. **Food Chemistry**, X, v. 12, p. 100160, 30 dez. 2021. DOI: 10.1016/j.fochx.2021.100160.
- KLUZ, Maciej Ireneusz *et al.* Microbiological and Physicochemical Composition of Various Types of Homemade Kombucha Beverages Using Alternative Kinds of Sugars. **Foods**, v. 11, n. 10, p. 1523, jan. 2022. DOI: 10.3390/foods11101523.
- LAI, Jen-Chieh *et al.* Potential of Kefir-Derived Peptides, Probiotics, and Exopolysaccharides for Osteoporosis Management. **Current Osteoporosis Reports**, v. 23, n. 1, p. 18, 2025. DOI: 10.1007/s11914-025-00910-9.
- LEE, Yeon Ju *et al.* Antioxidant Properties of Kombucha Made with Tartary Buckwheat Tea and Burdock Tea. **Preventive Nutrition and Food Science**, v. 28, n. 3, p. 347–352, 30 set. 2023. DOI: 10.3746/pnf.2023.28.3.347.
- MACENO, Letícia Caroline *et al.* O USO DO KEFIR NA PREVENÇÃO E TRATAMENTO COMPLEMENTAR DE DOENÇAS. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 8, n. 9, p. 438–449, 30 set. 2022. DOI: 10.51891/rease.v8i9.6732.
- MAGALHÃES, Raquel da Silva *et al.* Estudo comparativo de ativação dos grãos de kefir sob temperatura ambiente para a produção de leite fermentado. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 78, n. 2, p. 73–84, 7 maio 2023. DOI: 10.14295/2238-6416.v78i2.933.
- MOZUMDER, N. H. M. Rubel; LEE, Jang-Eun; HONG, Young-Shick. A Comprehensive Understanding of *Camellia sinensis* Tea Metabolome: From Tea Plants to Processed Teas. **Annual Review of Food Science and Technology**, v. 16, p. 379–402, 2025. DOI: 10.1146/annurev-food-111523-121252.
- NJIEUKAM, Joel Armando *et al.* Microbiological, Functional, and Chemico-Physical Characterization of Artisanal Kombucha: An Interesting Reservoir of Microbial Diversity. **Foods**, v. 13, n. 12, p. 1947, jan. 2024. DOI: 10.3390/foods13121947.
- OJO, Abidemi Oluranti; DE SMIDT, Olga. Microbial Composition, Bioactive Compounds, Potential Benefits and Risks Associated with Kombucha: A Concise Review. **Fermentation**, v. 9, n. 5, p. 472, maio 2023. DOI: 10.3390/fermentation9050472.
- OLIVEIRA, Waleska Lima de *et al.* Impacto do probiótico kefir sobre a intolerância a lactose e na modulação da microbiota intestinal. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 14, p. e466111436775–e466111436775, 2 nov. 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i14.36775.
- PIHUROV, Marina *et al.* Tailoring the Optimized Fermentation Conditions of SCOBY-Based Membranes and Milk Kefir Grains to Promote Various Functional Properties. **Foods**, v. 11, n. 19, p. 3107, jan. 2022. DOI: 10.3390/foods11193107.

- PRADOS-BO, Andreu *et al.* Online information in Spanish on probiotics, yoghurt, kefir, kombucha, fibre and prebiotics: an analysis of the quality of information and the certainty of the evidence supporting health claims. **BMJ Open**, v. 12, 2022. DOI: 10.1136/bmjopen-2022-063316.
- SAYGILI, Derya *et al.* Rheological properties and microbiological characteristics of kefir produced from different milk types. **Food Science and Technology**, v. 42, p. e32520, 2022. DOI: 10.1590/fst.32520.
- SELVARAJ, Suriyapriya; GURUMURTHY, Kalaichelvan. An overview of probiotic health booster-kombucha tea. **Chinese Herbal Medicines**, v. 15, n. 1, p. 27–32, 1 jan. 2023. DOI: 10.1016/j.chmed.2022.06.010.
- WANG, Boying *et al.* Probiotic potential of acetic acid bacteria isolated from kombucha in New Zealand *in vitro*. **The Microbe**, v. 4, p. 100130, 1 set. 2024. DOI: 10.1016/j.microb.2024.100130.

CAPÍTULO X

BEBIDAS FERMENTADAS NÃO LÁCTEAS: ALTERNATIVA PARA INDIVÍDUOS COM INTOLERÂNCIA À LACTOSE E ALERGIA ÀS PROTEÍNAS DO LEITE

NON-DAIRY FERMENTED BEVERAGES: AN ALTERNATIVE FOR INDIVIDUALS WITH LACTOSE INTOLERANCE AND MILK PROTEIN ALLEGRY

DOI: 10.51859/amplla.cnc6385-10

Maria Juliana Muniz da Silva¹

Samantha Santos Richtrmoc¹

Antônio Gomes de Castro Neto²

Walter de Paula Pinto Neto³

José Carlos de Andrade Alves⁴

Ana Engracia Gonçalves Amaral Ribeiro⁵

Gabriel Dourado Ferreira Neto⁶

Neide Kazue Sakugawa Shinohara⁷

¹ Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos (PPGCTA/UFRPE).

² Docente do Departamento de Biofísica. Universidade Federal de Pernambuco – UFPE.

³ Docente do Centro Universitário Maurício de Nassau. Doutor em Ciências Biológicas pela UFPE.

⁴ Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE.

⁵ Bacharel em Zootecnia - Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

⁶ Licenciatura em Educação Física - Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

⁷ Docente do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos (PPGCTA/UFRPE).

RESUMO

O consumo de leite bovino e derivados pode estar associado a diferentes condições de restrições ao consumo, entre as quais se destacam a intolerância à lactose e alergia às proteínas do leite de vaca (APLV). Embora apresentem mecanismos distintos de reação, ambas podem resultar na redução ou exclusão de produtos lácteos da alimentação, evidenciando a necessidade de alternativas nutricionalmente adequadas e tecnologicamente viáveis. Nesse contexto, as bebidas fermentadas de matrizes não lácteas, como o kefir de água e a kombucha, têm despertado interesse científico e comercial devido às características resultantes de seus processos fermentativos de proteção à saúde. O estudo teve como objetivo revisar a literatura científica sobre o kefir de água e a kombucha, abordando as características bioquímicas, microbiológicas e os potenciais benefícios à saúde humana. Ambas as bebidas são produzidas por

consórcios microbianos, que atuam na biotransformação de substratos vegetais e açúcares, resultando na produção de ácidos orgânicos, compostos bioativos (polifenóis), além de conferir propriedades antimicrobianas e eubiose intestinal. Conclui-se que o kefir de água e a kombucha representam alternativas viáveis para indivíduos com restrições ao consumo de lácteos, embora ainda existam desafios tecnológicos voltados à padronização e à aceitação de mercado.

Palavras-chave: Bebidas fermentadas. Kombucha. Kefir de água.

ABSTRACT

The consumption of bovine milk and dairy products can be associated with various dietary restrictions, most notably lactose intolerance and cow's milk protein allergy (CMPA). Although they involve distinct reaction mechanisms, both conditions may

lead to the reduction or exclusion of dairy products from the diet, highlighting the need for alternatives that are both nutritionally adequate and technologically feasible. In this context, fermented beverages derived from non-dairy sources—such as water kefir and kombucha—have attracted scientific and commercial interest due to the health-promoting characteristics resulting from their fermentation processes. This study aimed to review the scientific literature on water kefir and kombucha, addressing their biochemical and microbiological characteristics as well as their potential benefits for human health. Both

beverages are produced by microbial consortia that biotransform plant-based substrates and sugars, resulting in the production of organic acids and bioactive compounds (such as polyphenols), while also conferring antimicrobial properties and promoting intestinal eubiosis. It is concluded that water kefir and kombucha represent viable alternatives for individuals with dairy restrictions, although technological challenges regarding standardization and market acceptance remain.

Keywords: Fermented drinks. Kombucha. Water kefir.

1. INTRODUÇÃO

O leite de vaca e seus derivados são considerados fontes essenciais de proteínas de alto valor biológico e minerais na nutrição humana. Entretanto, o consumo de produtos lácteos pode desencadear algumas reações adversas, como a intolerância à lactose e a alergia às proteínas do leite de vaca (APLV), o que pode limitar o consumo desses alimentos e, consequentemente, afetar a qualidade alimentar e nutricional dos indivíduos (Ahn *et al.*, 2023; Borralho & Marcos, 2025).

A lactose é o principal carboidrato presente no leite de vaca e sua digestão depende da ação da enzima lactase, responsável por sua hidrólise em monossacarídeos que, então, serão absorvidos. A redução da atividade dessa enzima pode afetar esse processo de absorção e influenciar no desenvolvimento da intolerância à lactose, no entanto as duas não devem ser confundidas e as causas dos sintomas devem ser consideradas separadamente. A intolerância à lactose está relacionada à manifestação de sintomas após o consumo de produtos lácteos, os quais podem variar entre os indivíduos (Zhao *et al.*, 2010). Diferentemente da intolerância à lactose, a alergia às proteínas do leite de vaca (APLV), constitui uma reação adversa de natureza imunológica desencadeada pela exposição a uma ou mais proteínas presentes no leite de vaca. Entre os principais componentes proteicos envolvidos encontram-se as caseínas α_1 , α_2 , β e κ -caseína e proteínas do soro α -lactoalbumina e β -lactoglobulina (Li *et al.*, 2025).

No cenário epidemiológico brasileiro, a intolerância à lactose e a APLV apresentam dados de prevalência que justificam a atenção junto à população intolerante (Brandão *et al.*, 2021). Estudos nacionais evidenciam que a não persistência da lactase atinge aproximadamente 57% dos indivíduos adultos brancos e mulatos, eleva-se para 80% na população negra e alcança quase 100% dos descendentes de asiáticos (Batista *et al.*, 2018).

Diante deste cenário, o kefir de água e a kombucha, bebidas probióticas oriundas do continente asiático, destacam-se como alternativas de bebidas fermentadas não lácteas com potencial funcional e tecnológico, por possibilitar a adição de ingredientes vegetais, associados à presença de compostos bioativos e à possibilidade de desenvolvimento de produtos com alto valor nutricional agregado.

Os grãos de kefir de água são formados por uma matriz polissacarídica (dextrana) de aspecto translúcido, no qual abriga uma comunidade microbiana simbiótica e diversificada composta predominantemente por bactérias ácido-láticas, bactérias ácido-acéticas e leveduras. Durante o processo fermentativo esses microrganismos metabolizam os açúcares disponíveis no meio, resultando na formação de metabólitos, como ácido lático, ácido acético, etanol e dióxido de carbono, além de compostos voláteis que contribuem para as características sensoriais e físico-químicas da bebida, incluindo sua acidez e efervescência (Alves *et al.*, 2021).

A kombucha, é uma bebida fermentada, tradicionalmente feita a partir da infusão das folhas derivadas da planta *Camellia sinensis*, acrescida de sacarose e inoculada com uma cultura simbiótica de bactérias e leveduras (SCOBY - *Symbiotic Culture of Bacteria and Yeasts*), (Abaci *et al.*, 2022; Antolak *et al.*, 2021). A bebida se caracteriza como uma bebida probiótica por conter microrganismos que interagem com a microbiota intestinal, promovendo alterações tanto em sua composição quanto em sua atividade metabólica. Essa interação contribui para o estabelecimento de um sistema intestinal mais equilibrado e diversificado, o qual está associado a efeitos benéficos à saúde como melhora da função digestiva, o fortalecimento da resposta imunológica e atenuação de processos inflamatórios (Costa *et al.*, 2023; Permatasari *et al.*, 2021).

Diante da demanda por alternativas alimentares para consumidores com intolerância à lactose e APLV, o desenvolvimento de bebidas fermentadas de matrizes não lácteas, se caracteriza como uma vertente promissora na ciência de alimentos e tem ganhado relevância tecnológica por possibilitar a utilização de substratos vegetais diversos. Nesse contexto, esta revisão tem como objetivo revisar e sintetizar a literatura científica sobre bebidas fermentadas de matrizes não lácteas, com ênfase no kefir de água e na kombucha, abordando suas principais características bioquímicas e microbiológicas, potenciais benefícios à saúde humana, panorama tecnológico e alternativas de consumo para população intolerante à lactose e com alergias às proteínas do leite de vaca.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. INTOLERÂNCIA À LACTOSE E ALERGIA ÀS PROTEÍNAS DO LEITE

O consumo de leite bovino e de seus derivados desempenha um papel importante na alimentação humana, atuando como uma fonte de proteínas de alto valor biológico, minerais como cálcio e fósforo, e alguns micronutrientes essenciais. Todavia, a ingestão de alimentos lácteos podem desencadear quadros clínicos adversos em uma parcela expressiva da população a condições fisiopatológicas como a intolerância à lactose e a alergia às proteínas do leite de vaca (APLV). Apesar dessa elevada prevalência, a disponibilidade de alimentos industrializados com rotulagem clara informando a presença de lactose ou de produtos isentos de alérgenos proteicos e de lactose ainda enfrenta entraves regulatórios e de mercado. Embora a indústria de laticínios tenha investido na hidrólise enzimática da lactose por β -galactosidase, como estratégia para a produção de leites e queijos “zero lactose”. Esses produtos permanecem inadequados para os portadores de APLV, isso ocorre porque a hidrólise da lactose atua especificamente sobre o carboidrato presente no leite, não promovendo a remoção ou alteração necessária das proteínas potencialmente alergênicas como as caseínas e as proteínas do soro do leite. (Zatta, Silva e Benetti, 2022)

Diante desse panorama, a busca por alternativas alimentares não lácteas, funcionais, veganas e *clean label* tem impulsionado a ciência e a engenharia de alimentos. O desenvolvimento de bebidas probióticas a partir dos extratos vegetais, cereais e infusões surge como uma resposta biotecnológica promissora, como destaque o kefir de água e a kombucha, pois representam uma fonte alternativa de enriquecimento nutricional, potencial funcionalidade probiótica e seguras para o consumo humano (Chen *et al.*, 2025; Fiorda *et al.*, 2017).

2.2. BEBIDAS FERMENTADAS NÃO LÁCTEAS

2.2.1. Kefir de água

O Kefir de água é uma bebida fermentada obtida a partir da inoculação de grãos de kefir em soluções aquosas açucaradas ou extratos vegetais (Figura 1). Os grãos consistem em uma matriz gelatinosa e translúcida composta pelo exopolissacarídeo dextrana, sintetizado principalmente por bactérias ácido-láticas (Fiorda *et al.*, 2017). Análises metagenômicas demonstraram a existência de um microbioma central no kefir, composto por bactérias ácido-

láticas (*Liquorilactobacillus*, *Lacticasei bacillus*, *Lentilactobacillus*, *Leuconostoc*, *Oenococcus*), bactérias ácido-acéticas (*Gluconobacter*, *Acetobacter*), bifidobactérias (*Bifidobacterium psychraerophilum*, *B. aquikefiri*, *B. crudilactis*) e leveduras (*Saccharomyces*, *Zygorulasporea*, *Pichia*, *Brettanomyces*). Essa comunidade microbiológica é altamente influenciada pela fonte de carbono e pelo tipo de substrato utilizado (Walsh *et al.*, 2025).

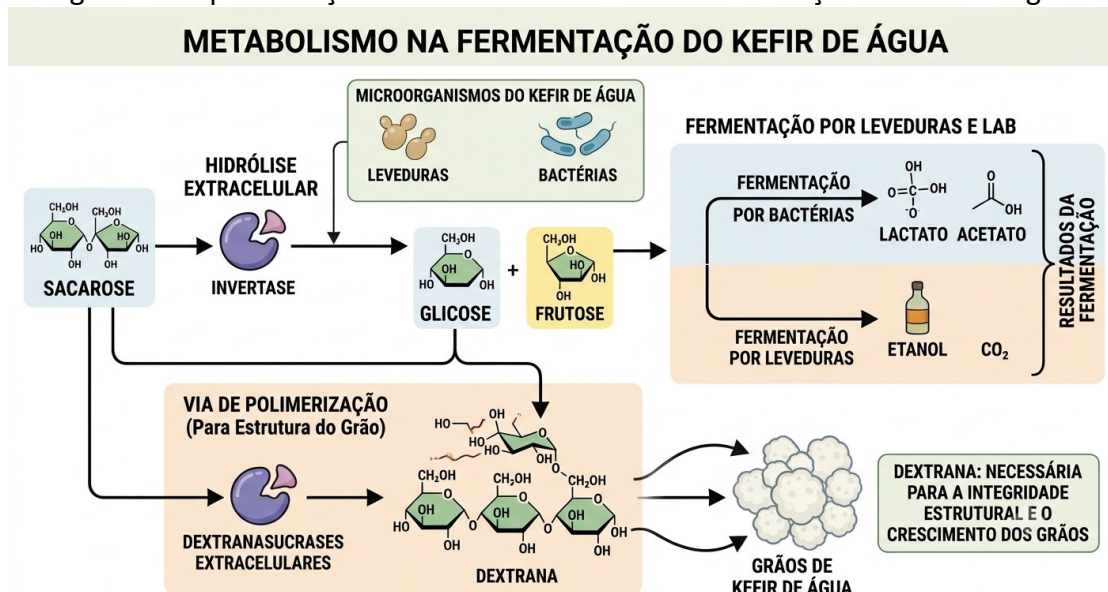
Figura 1 - Fermentação de Kefir de água.



Fonte: Autores, 2026.

Durante o processo fermentativo do kefir de água, ocorre uma cooperação metabólica, as leveduras liberam a enzima exógena invertase, responsável pela clivagem da sacarose em glicose e frutose (Gökırmaklı, Yüceer e Güzel-Seydim, 2023). A glicose livre é metabolizada pelas bactérias para a produção de ácido lático e ácido acético, enquanto as leveduras são responsáveis pela fermentação alcoólica, que tem como produtos etanol e dióxido de carbono (Figura 2). A cinética do bioprocesso é acompanhada por uma queda rápida no pH para valores entre 3,3 e 4,0 e por um aumento substancial na acidez titulável total. Além dos ácidos lático e acético, a fermentação acumula ácidos orgânicos secundários como succínico, málico e tartárico, bem como compostos aromáticos voláteis (ésteres como acetato de etila, lactato de etila, benzenoacetaldeído e álcool feniletílico), conferindo à bebida um perfil sensorial refrescante, frutado e efervescente (Wen *et al.*, 2024).

Figura 2 - Representação das vias metabólicas da fermentação do kefir de água.



Fonte: Gerada por Gemini (Google, 2026)

2.2.2. Kombucha

A kombucha (Figura 3) é uma bebida fermentada milenar de origem asiática produzida tradicionalmente a partir da infusão de folhas de *Camellia sinensis* (chá preto ou chá verde) adoçada com sacarose (Chen *et al.*, 2025). Seu processo fermentativo é conduzido por um consórcio simbiótico de bactérias e leveduras denominado SCOBY (*Symbiotic Culture of Bacteria and Yeast*), no qual os microrganismos coexistem e participam de uma série de transformações bioquímicas durante a fermentação. A atividade metabólica desse consórcio resulta na produção e transformação de diversos compostos, tais como ácidos orgânicos, vitaminas do complexo B, compostos fenólicos, aminoácidos, enzimas hidrolíticas e minerais (Kitwetcharoen *et al.*, 2023).

Figura 3: Fermentação de Kombucha

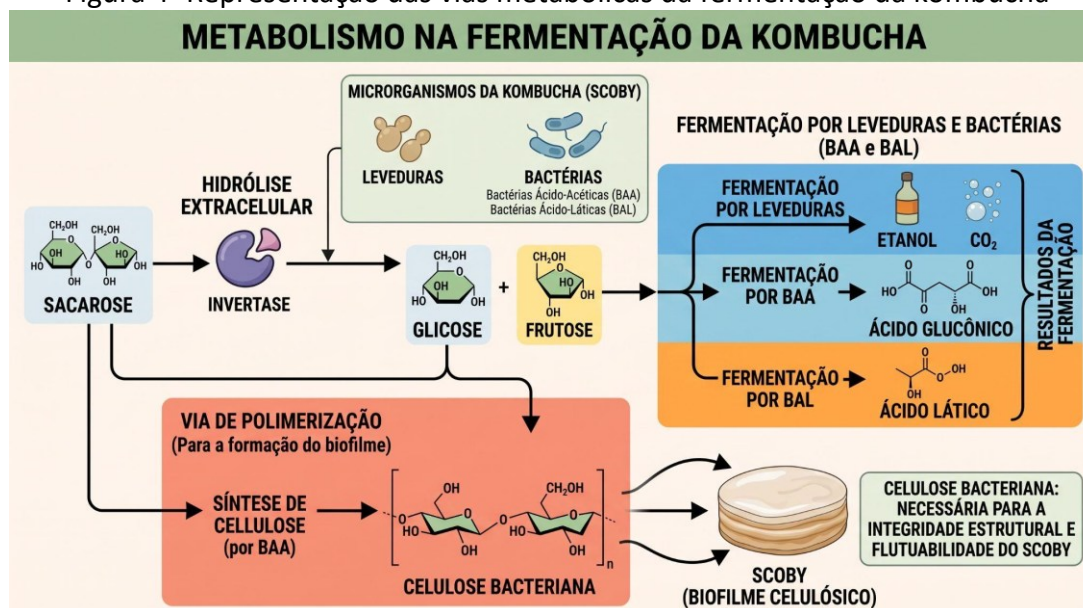


Fonte: Autores, 2026.

Durante a fermentação (Figura 4), as leveduras metabolizam os açúcares presentes no meio, produzindo principalmente etanol e dióxido de carbono (CO_2), enquanto as bactérias, especialmente as bactérias ácido-acéticas, utilizam o etanol e os outros substratos, contribuindo para a formação de ácidos orgânicos, como os ácidos acético e glucônico, além de outros metabólitos característicos da bebida (La Torre *et al.*, 2025; Chen *et al.*, 2025). Estudos de caracterização metagenômica, utilizando o sequenciamento de regiões do gene 16S rRNA e da região ITS, demonstram a predominância de bactérias ácido-acéticas, especialmente dos gêneros *Komagataeibacter*, *Acetobacter* e *Gluconobacter*. Entre as leveduras frequentemente identificadas encontram-se *Saccharomyces cerevisiae*, *Zygosaccharomyces bailii*, *Brettanomyces bruxellensis* (Chen *et al.*, 2025). A interação metabólica entre esses grupos microbianos é responsável por uma série de transformações durante a fermentação, influenciando a composição química, as características sensoriais e o potencial funcional da bebida. A kombucha também tem sido descrita na literatura como uma bebida probiótica por conter microrganismos benéficos que interagem com a microbiota intestinal, promovendo alterações tanto em sua composição quanto em sua atividade metabólica (Costa *et al.*, 2023). Dessa forma, a fermentação da kombucha não apenas modifica suas características sensoriais e físico-químicas, mas também promove alterações em seu perfil químico e microbiológico, contribuindo para o crescente interesse científico

acerca de seu potencial funcional e de sua apresentação no mercado para dietas com finalidades gastroprotetoras.

Figura 4- Representação das vias metabólicas da fermentação da kombucha



Fonte: Gerada por Gemini (Google, 2026)

2.3. CARACTERÍSTICAS NUTRICIONAIS E COMPOSTOS BIOATIVOS DO KEFIR DE ÁGUA E DA KOMBUCHA

O consumo de bebidas fermentadas não lácteas está associado a benefícios que vão além da nutrição básica e isenção de lactose e alérgenos, incluem efeitos sobre a eubiose intestinal, atividade antioxidante e ação antimicrobiana. O principal mecanismo de promoção da saúde reside no aporte de microrganismos probióticos viáveis (bactérias ácido-láticas, bactérias ácido-acéticas e leveduras em contagens superiores a 10^8 UFC/mL) e na entrega de metabólitos pós-bióticos (ácidos graxos de cadeia curta, ácidos orgânicos e peptídeos), segundo Alves *et al.* (2021); Brandão *et al.* (2021). A literatura sugere que ingestão regular dessas bebidas pode promover a modulação da microbiota intestinal em indivíduos portadores de intolerância à lactose e estresse gastrointestinal, pois podem estimular o crescimento seletivo de *Bifidobacterium* e *Lactobacillus* endógenos, que atuam no fortalecimento da barreira epitelial, reduzir a hiperalgesia e o desconforto abdominal (Oliveira *et al.*, 2022).

Além disso, a biotransformação microbiana durante a fermentação possibilita o aumento da concentração de fenóis totais e flavonoides totais, pois atua na clivagem de ligações esterificadas, convertendo polifenóis insolúveis e glicosilados em formas agliconas

livres e com maior biodisponibilidade. Estudos demonstraram que a Kombucha submetida à digestão gastrointestinal simulada é capaz de manter a estabilidade de catequinas e polifenóis na fase intestinal, assegurando poder protetor contra o estresse oxidativo celular (Królak *et al.*, 2026). Adicionalmente, ensaios de docking molecular revelaram que compostos fitoquímicos identificados por HR-LC/MS na kombucha apresentam forte afinidade de ligação a alvos proteicos de proliferação celular e câncer gástrico (como 4H9M e 2DQ7), evidenciando um promissor potencial antineoplásico *in silico* (Shalini *et al.*, 2024).

Outro efeito funcional de destacada relevância metabólica é o potencial de inibição de enzimas digestivas associadas à absorção de carboidratos e lipídios. Experimentos demonstraram que a Kombucha e sistemas fermentados combinados exibem capacidade inibitória acentuada (superando 70%) sobre as enzimas α -glicosidase e α -amilase pancreática, desacelerando a hidrólise do amido e a absorção intestinal de glicose, o que sugere uma importante aplicação no manejo complementar do diabetes mellitus tipo II e da hiperglicemia pós-prandial. Paralelamente, essas bebidas exercem inibição sobre a lipase pancreática, reduzindo a clivagem e assimilação de triacilgliceróis alimentares, contribuindo para o controle do peso corporal, atenuação do estresse metabólico e melhora do perfil lipídico (La Torre *et al.*, 2025).

A atividade antimicrobiana representa mais um benefício consolidado dessas bebidas fermentadas, pois a ação combinada do baixo pH, a presença de ácido acético, ácido lático e ácido clorogênico, e a síntese de bacteriocinas inibe eficazmente o crescimento e a proliferação de patógenos bacterianos e fúngicos de relevância médica e alimentar, tais como *Escherichia coli*, *Salmonella enterica*, *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa* e *Candida albicans* (Seesuriyachan *et al.*, 2025; Shalini *et al.*, 2024). Importante ressaltar que ensaios de citotoxicidade *in vitro* confirmam que os extratos fermentados por kefir de água não apresentam toxicidade sobre linhagens celulares normais do cólon humano, atestando a segurança biológica do consumo dessas matrizes (Seesuriyachan *et al.*, 2025).

2.4. POTENCIAL DAS BEBIDAS FERMENTADAS NÃO LÁCTEAS PARA INDIVÍDUOS COM RESTRIÇÕES AO CONSUMO DE LEITE

A restrição ou a exclusão de lácteos na alimentação a partir do diagnóstico clínico é a recomendação mais efetiva para os indivíduos portadores de intolerância à lactose e a alergia

à proteína do leite de vaca (Meyer *et al.*, 2023). Diante disso, torna-se relevante a busca por alternativas que atendam às necessidades desses indivíduos tanto nutricionalmente como para alternativa de consumo diário. Neste contexto, o kefir de água e a kombucha, constituem uma alternativa de interesse, especialmente por não apresentarem em sua formulação convencional leite ou proteínas lácteas.

Nesse contexto, o kefir de água destaca-se por sua adaptabilidade a diferentes matrizes, o que representa sua principal tendência de inovação no mercado. A adição de extratos vegetais, sucos de frutas e o aproveitamento de subprodutos agroindustriais, tem se mostrado uma estratégia eficaz para o enriquecimento nutricional da bebida, ampliar o seu potencial funcional, promover a sustentabilidade e agregar valor econômico a resíduos que seriam descartados. Além disso, essa versatilidade representa uma alternativa para consumidores com restrições alimentares, sejam elas motivadas por questões de saúde ou preferências alimentares (Richtrmoc *et al.*, 2026).

A kombucha, por sua vez, é tradicionalmente produzida a partir da infusão das folhas da *Camellia sinensis*, acrescida de sacarose e inoculada com uma cultura simbiótica de bactérias e leveduras. A presença de compostos bioativos provenientes do chá, confere potentes propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias, presença de polifenóis e rica em ácidos orgânicos, resultando em uma bebida com características de interesse funcional. As variedades de chá modulam significativamente o metabolismo microbiano durante a fermentação, os derivados da *Camellia sinensis* apresentam composições fenólicas distintas em função do grau de oxidação durante o processamento. O chá verde é caracterizado por um alto teor de catequinas: Epicatequina (EC), 3-galato de epicatequina (GEC), epigallocatequina (EGC) e 3-galato de epigallocatequina (GEGC), enquanto o chá oolong apresenta flavonóides parcialmente oxidados e uma mistura de catequinas e teaflavinas (Silva *et al.*, 2026). Em contrapartida, o chá preto é predominantemente composto por polifenóis mais extensivamente oxidados, incluindo teaflavinas e tearubiginas, formados durante o processo de oxidação enzimática (Chandran *et al.*, 2026). Assim, além de ser uma bebida funcional com potencial antioxidante, a kombucha se configura como uma alternativa viável para os indivíduos com restrições, agregando valor nutricional e diversidade à dieta desse público.

Além da restrição alergênica, o grande valor dessas bebidas reside na rica biotransformação impulsionada por seus consórcios microbianos, compostos por bactérias

ácido-lácticas, bactérias ácido-acéticas e leveduras. Durante o processo de fermentação, esses microrganismos podem produzir e transformar diferentes metabólitos de interesse nutricional e funcional, incluindo ácidos orgânicos como láctico, acético, glucurônico e glucônico, além de exopolissacarídeos e vitaminas do complexo B (Almeida *et al.*, 2025). Do ponto de vista da saúde intestinal, os metabólitos produzidos durante a fermentação têm sido associados à interação com a microbiota intestinal, favorecendo a modulação da eubiose. Os ácidos orgânicos e exopolissacarídeos gerados podem exercer diferentes efeitos sobre o ambiente gastrointestinal e sobre a interação entre os microrganismos e o hospedeiro. Além disso, estudos evidenciam que os metabólitos dessas bebidas ajudam a reforçar e modular positivamente a resposta imune sistêmica (Chen *et al.*, 2025; Almeida *et al.*, 2025).

2.5. DESAFIOS TECNOLÓGICOS E PERSPECTIVAS DE CONSUMO

Apesar das bebidas fermentadas não lácteas estarem em expansão dentro do mercado, ainda apresentam desafios relacionados à padronização dos processos fermentativos, à estabilidade e à segurança dos produtos. No caso do kefir de água, a composição dos grãos e dos substratos utilizados pode influenciar as características e a composição final da bebida, assim como ocorre na kombucha, em que os substratos utilizados também podem influenciar as características. A segurança microbiológica constitui um aspecto relevante para a produção e consumo dessas bebidas. Na kombucha, as condições de produção, manipulação e armazenamento, são importantes para a obtenção de produtos seguros para consumo (Cavicchia *et al.*, 2024).

Do ponto de vista tecnológico, o emprego do kefir de água em diferentes matrizes vegetais apresenta perspectivas para a modificação das características físico-químicas e sensoriais dos substratos, Ma *et al.* (2026) destacam que a fermentação com kefir de água pode promover biotransformações em matrizes vegetais, com alterações em características como sabor, adstringência e estabilidade coloidal. Entretanto, os autores também apontam desafios relacionados à complexidade das matrizes e à necessidade de estratégias que possibilitem maior controle no processo. No que se refere às perspectivas de consumo, estudos recentes indicam que a aceitação de bebidas fermentadas como a kombucha e o kefir está não apenas relacionada às características funcionais atribuídas, mas também às propriedades sensoriais e aos atributos percebidos pelos consumidores. Para a kombucha, uma revisão recente da literatura identificou que a maior parte dos estudos disponíveis está

concentrada na avaliação da aceitação e das características sensoriais, enquanto ainda são limitadas as evidências relacionadas à escolha do produto à disposição para compra e ao consumo, entre os fatores que podem influenciar destacam-se sabor, acidez, teor de açúcar, preço e familiaridade com o produto, rotulagem e atributos associados à naturalidade e à funcionalidade (Muñoz-Muñoz *et al.*, 2026). No caso do Kefir de água, Campos *et al.* (2026), observaram que a incorporação de diferentes concentrações com incorporação de bagaço de uva influenciou nas características da bebida e sua aceitação sensorial, enquanto os resultados demonstram que a diversificação das formulações mais concentradas foram inadequadas em razão da acidez excessiva e do sabor residual, esses resultados demonstram que a diversificação das formulações pode ampliar as possibilidades de desenvolvimento de bebidas fermentadas não lácteas.

Dessa forma, as perspectivas de consumo dessas bebidas estão associadas ao desenvolvimento de formulações capazes de conciliar características funcionais e fermentativas com atributos que adequam ao público consumidor. Entretanto, a expansão do consumo ainda requer estudos que avancem além da aceitação em condições experimentais, contemplando aspectos relacionados à intenção de compra, comportamento do consumidor e consumo, especialmente para compreender a consolidação dessas bebidas no mercado.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente revisão evidenciou que o kefir de água e a kombucha representam alternativas biotecnológicas altamente relevantes e funcionais, para indivíduos acometidos pela intolerância à lactose e pela alergia às proteínas do leite de vaca, a ação sinérgica de seus consórcios microbianos biotransforma substratos vegetais em metabólitos benéficos, resultando em ácidos orgânicos, compostos fenólicos com alta capacidade antioxidante, atividade antimicrobiana e modulação da microbiota intestinal. Apesar do forte potencial, a consolidação dessas bebidas ainda demanda superações tecnológicas, especialmente quanto à padronização dos bioprocessos, à estabilidade dos produtos e à elucidação do comportamento do consumidor frente a essas novas alternativas dietéticas.

REFERÊNCIAS

- ABACI, Nurten; SENOL DENIZ, Fatma Sezer; ORHAN, Ilkay Erdogan. Kombucha – An ancient fermented beverage with desired bioactivities: A narrowed review. **Food Chemistry: X**, v. 14, p. 100302, jun. 2022.
- AHN, S.-I.; KIM, M. S.; PARK, D. G.; HAN, B. K.; KIM, Y. J. Effects of probiotics administration on lactose intolerance in adulthood: A meta-analysis. **Journal of Dairy Science**, v. 106, n. 7, p. 4489–4501, 2023.
- ALMEIDA, Klinger Vinícius *et al.* Water Kefir: Review of Microbial Diversity, Potential Health Benefits, and Fermentation Process. **Processes**, v. 13, n. 3, p. 885, 17 mar. 2025.
- FIORDA, F. A.; PEREIRA, G. V. M.; THOMAZ-SOCCOL, V.; RAKSHIT, S. K.; PAGNONCELLI, M. G. B.; VANDENBERGHE, L. P. S.; SOCCOL, C. R. Microbiological, biochemical, and functional aspects of sugary kefir fermentation - a review. **Food Microbiology**, v. 66, p. 86–95, 2017.
- ALVES, V.; SCAPINI, T.; CAMARGO, A. F.; BONATTO, C.; STEFANSKI, F. S.; JESUS, E. P.; DINIZ, L. G. T.; BERTAN, L. C.; MALDONADO, R. R.; TREICHEL, H. Development of fermented beverage with water kefir in water-soluble coconut extract (*Cocos nucifera* L.) with inulin addition. **LWT - Food Science and Technology**, v. 145, p. 111364, 2021.
- ANTOLAK, Hubert; PIECHOTA, Dominik; KUCHARSKA, Aleksandra. Kombucha Tea—A Double Power of Bioactive Compounds from Tea and Symbiotic Culture of Bacteria and Yeasts (SCOBY). **Antioxidants**, v. 10, n. 10, p. 1541, 28 set. 2021.
- BATISTA, R. A. B.; ASSUNÇÃO, D. C. B.; PENAFORTE, F. R. O.; JAPUR, C. C. Lactose em alimentos industrializados: avaliação da disponibilidade da informação de quantidade. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 23, n. 12, p. 4119–4128, 2018.
- BORRALHO, Ana Isabel; MARCOS, Pedro. Lactose Intolerance and Malabsorption Revisited: Exploring the Impact and Solutions. **GE - Portuguese Journal of Gastroenterology**, v. 32, n. 5, p. 350–357, 21 abr. 2025.
- BRANDÃO, H. C. A. D. N. T. M.; BRANDÃO, W. A. P. L. N. T. M.; MENDONÇA, S. N. T. G.; FELSNER, M. L. Probiotic fermented rice extract beverage: an alternative food for lactose intolerants and people allergic to bovine milk and soy protein. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 24, e2020119, 2021.
- CAMPOS, A. C. M. O.; SIQUEIRA, A. E. B.; FIGUEIREDO, M. I. S.; SOARES, M. A.; PUERARI, C.; MORZELLE, M. C.; BRICENO, J. C. C.; BENTO, J. A. C. Valorization of wine industry by-products as a flavoring agent in water kefir: microbiological viability and functional properties. **Frontiers in Nutrition**, v. 13, p. 1856957, 2026. DOI: 10.3389/fnut.2026.1856957.
- CAVICCHIA, L. O. A.; ALMEIDA, M. E. F. Riscos, toxicidade e contaminação da bebida Kombucha: uma perspectiva sobre sua produção, armazenamento e consumo.

Segurança Alimentar e Nutricional, Campinas, v. 31, p. e024005, 2024. DOI: 10.20396/san.v31i00.8674256.

CHANDRAN, Akshay K. et al. Matrix-dependent modulation of chemical composition, volatile profile, and biological activity of kombucha beverages from different tea types. **Food Chemistry**, v. 514, p. 149160, jun. 2026.

CHEN, Anqi *et al.* Advancing kombucha fermentation: Microbial interactions, functional metabolites, and innovative optimization strategies. **Food Chemistry**, v. 494, p. 146121, dez. 2025.

COSTA, Mirian Aparecida De Campos *et al.* Effect of kombucha intake on the gut microbiota and obesity-related comorbidities: A systematic review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 63, n. 19, p. 3851–3866, 26 jul. 2023.

GÖKIRMAKLI, Ç.; YÜCEER, Y. K.; GUZEL-SEYDIM, Z. B. Chemical, microbial, and volatile changes of water kefir during fermentation with economic substrates. **European Food Research and Technology**, v. 249, n. 7, p. 1717–1728, 2023. DOI: 10.1007/s00217-023-04242-9.

KITWETCHAROEN, Haruthairat *et al.* Kombucha Healthy Drink—Recent Advances in Production, Chemical Composition and Health Benefits. **Fermentation**, v. 9, n. 1, p. 48, 6 jan. 2023.

KRÓLAK, K.; KORDIALIK-BOGACKA, E.; ŚCIESZKA, S.; DITRYCH, M.; JĘDRASIK, J.; ZIMMERMANN, B. F. Simulated gastrointestinal digestion of green tea kombucha: Bioaccessibility of epicatechins and impact on antioxidant potential. **LWT - Food Science and Technology**, v. 242, e119142, 2026.

LA TORRE, C.; PINO, R.; FAZIO, A.; PLASTINA, P.; LOIZZO, M. R. Synergistic Bioactive Potential of Combined Fermented Kombucha and Water Kefir. **Beverages**, v. 11, n. 3, p. 65, 2025.

LI, H.; WANG, S.; JI, W. Cow's milk protein allergy: A comprehensive review of epidemiology, pathogenesis, clinical manifestations, diagnostics, and management strategies. **Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition**, v. 34, n. 3, p. 1–15, 2025.

MA, Da *et al.* Biotransformation of Plant-Based Substrates by Water Kefir: Micro-Ecological Mechanisms and Sensory Quality Remodeling. **Fermentation**, v. 12, n. 9, p. 396, 23 ago. 2026.

MEYER, R. et al. World Allergy Organization (WAO) Diagnosis and Rationale for Action against Cow's Milk Allergy (DRACMA) Guideline update VII: milk elimination and reintroduction in the diagnostic process of cow's milk allergy. *World Allergy Organization Journal*, v. 16, n. 7, 100785, 2023.

MUÑOZ-MUÑOZ, Elena *et al.* Do We Know Who Drinks Kombucha and Why? A Systematic Scoping Review of Sensory Research, Consumer Choice and Market Adoption. **Beverages**, v. 12, n. 9, p. 114, 21 set. 2026.

- OLIVEIRA, W. L.; MENEZES, K. T.; FERREIRA, J. C. S.; FIGUEIREDO, R. S. Impacto do probiótico kefir sobre a intolerância a lactose e na modulação da microbiota intestinal. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 14, e466111436775, 2022.
- PERMATASARI, Happy Kurnia *et al.* Kombucha tea from seagrasses (*Caulerpa racemosa*) potential as a functional anti-ageing food: in vitro and in vivo study. **Heliyon**, v. 7, n. 9, p. e07944, set. 2021.
- RICHTERMOC, Samantha Santos *et al.* Kefir de leite e de água: diversidade microbiana, potencial funcional e inovações tecnológicas. In: PINTO NETO, Walter De Paula *et al.* (Eds.). **Inovações em alimentos e bebidas fermentadas**. 1. ed. [S.l.]: Amplia Editora, 2026. p. 76–88.
- SEESURIYACHAN, P.; WATTANUTCHARIYA, W.; TIPBUNJONG, C.; THERDTHATA, P.; TECHAPUN, C.; INSOMPHUN, C.; PANTI, N.; MOUKAMNERD, C. Fermentation of coffee cherry extractions using water kefir grains: Bioactive compounds, antibacterial activity, cytotoxicity, and sensory evaluation. **LWT - Food Science and Technology**, v. 222, e117539, 2025.
- SHALINI, T. S.; PRATHIVIRAJ, R.; SENTHILRAJA, P. Metagenomic analysis and bioactive profiling of kombucha fermentation: Bioactive antioxidant, antibacterial activities, and molecular docking insights into gastric cancer therapeutics. **Toxicology Research**, v. 13, n. 6, tfae224, 2024.
- SILVA, Maria Juliana Muniz Da *et al.* Contribuições das variedades de *Camellia sinensis* para a produção de kombucha. In: PINTO NETO, Walter De Paula *et al.* (Eds.). **Inovações em alimentos e bebidas fermentadas**. 1. ed. [S.l.]: Amplia Editora, 2026. p. 89–100.
- WALSH, L. H.; BLASE, S.; WALSH, A. M.; COTTER, P. D. Shotgun metagenomics of 69 water kefir samples reveals core microbiomes, novel species, and distinct community states. **Communications Biology**, v. 8, e7808, 2025.
- WEN, S.; DONG, N.; ZHANG, Y.; YANG, B.; WANG, B.; DAI, Y.; LIN, X.; DONG, L.; ZHANG, S. Metabolic profiling of wort fermented with water kefir grains and its effect on wort quality. **Food Bioscience**, v. 59, e104181, 2024.
- ZATTA, I. J.; SILVA, L. P.; BENETTI, F. Novas perspectivas de produtos dietéticos indicados aos portadores de intolerância à lactose: uma revisão sistemática. **Perspectiva**, v. 46, n. 173, p. 159–174, 2022.
- ZHAO, J. *et al.* Lactose intolerance in patients with chronic functional diarrhoea: the role of small intestinal bacterial overgrowth. **Alimentary Pharmacology & Therapeutics**, v. 31, p. 892–900, 2010.

CAPÍTULO XI

DISBIOSE INDUZIDA POR FÁRMACOS E SUAS REPERCUSSÕES NO EIXO INTESTINO-CÉREBRO: ESTRATÉGIAS NUTRICIONAIS PARA MODULAÇÃO DA MICROBIOTA INTESTINAL

DRUG-INDUCED DYSBIOSIS AND ITS IMPACT ON THE GUT-BRAIN AXIS: NUTRITIONAL STRATEGIES FOR MODULATING THE GUT MICROBIOTA

DOI: 10.51859/ampla.cnc6385-11

Ketily Paula Costa Silva ¹

Rayza Karoline dos Santos Silva ¹

Maria Vitória Ferreira da Silva ¹

Thays Maria Costa de Lucena ²

Michelle Maria Barreto de Souza ²

Walter de Paula Pinto Neto ²

¹ Graduandas em Nutrição do Centro Universitário Maurício de Nassau – Recife

² Professores do Centro Universitário Maurício de Nassau – Recife

RESUMO

A microbiota intestinal desempenha papel fundamental na manutenção da homeostase do organismo, participando de processos metabólicos, imunológicos e da comunicação entre o intestino e o cérebro. A alteração da composição e diversidade desses microrganismos, denominada disbiose, pode ser influenciada por diferentes fatores, incluindo o uso de medicamentos. Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo analisar a disbiose induzida por fármacos e suas repercussões no eixo intestino-cérebro, destacando estratégias nutricionais para a modulação da microbiota intestinal. Entre os principais medicamentos associados a alterações da microbiota destacam-se os antibióticos, os anti-inflamatórios não esteroidais e os inibidores da bomba de prótons, que podem reduzir a diversidade microbiana, favorecer a proliferação de microrganismos oportunistas e comprometer a homeostase intestinal. Essas alterações podem estar relacionadas a processos inflamatórios e à comunicação entre o intestino e o sistema nervoso central, sendo associadas a alterações neurológicas e transtornos como ansiedade e depressão. Como estratégias de modulação, destacam-se a adoção de uma alimentação rica em fibras, frutas, verduras e legumes, além do uso de prebióticos, probióticos e

simbióticos. Essas estratégias apresentam potencial para favorecer o equilíbrio da microbiota intestinal, contribuindo para a manutenção da integridade intestinal e para a saúde do organismo, especialmente diante das alterações provocadas pelo uso de determinados fármacos.

Palavras-chave: Disbiose. Eixo Intestino-Cérebro. Fármacos. Microbiota. Modulação.

ABSTRACT

The gut microbiota plays a fundamental role in maintaining the body's homeostasis by participating in metabolic and immunological processes, as well as in communication between the gut and the brain. Changes in the composition and diversity of these microorganisms, known as dysbiosis, can be influenced by various factors, including the use of medications. In this context, the present study aims to analyze drug-induced dysbiosis and its effects on the gut-brain axis, highlighting nutritional strategies for modulating the gut microbiota. Among the main medications associated with changes in the microbiota are antibiotics, nonsteroidal anti-inflammatory drugs, and proton pump inhibitors, which can reduce microbial diversity, promote the proliferation of opportunistic microorganisms, and compromise



intestinal homeostasis. These changes may be related to inflammatory processes and communication between the gut and the central nervous system, and are associated with neurological changes and disorders such as anxiety and depression. Key modulation strategies include adopting a diet rich in fiber, fruits, and vegetables, as well as the use of prebiotics, probiotics, and

synbiotics. These strategies have the potential to promote a balanced gut microbiota, contributing to the maintenance of intestinal integrity and overall health, especially in the face of changes caused by the use of certain medications.

Keywords: Drugs. Dysbiosis. Gut-Brain Axis. Microbiota. Modulation.

1. INTRODUÇÃO

A relação entre a saúde humana e o intestino é reconhecida há muito tempo, as investigações sobre os impactos significativos da microbiota intestinal na saúde e nas doenças humanas têm atraído ainda mais atenção de pesquisadores (Abonahas et al., 2022). O trato gastrointestinal (TGI) humano abriga a comunidade microbiana mais diversa do corpo, incluindo bactérias, vírus, fungos e outros microrganismos (Hoegenauer; Hammer; Mahnert, 2022).

A microbiota intestinal, composta por diversos microrganismos, desempenha papel essencial na manutenção da saúde, influenciando funções metabólicas e imunológicas. Alterações em sua composição, conhecidas como disbiose, estão associadas ao desenvolvimento de doenças, e um dos fatores que impactam esse equilíbrio, é o uso de medicamentos, especialmente no TGI (Candido et al., 2024).

O uso excessivo de antibióticos elimina bactérias benéficas e favorece a proliferação de patógenos, além de contribuir para a resistência bacteriana. No entanto, outros fármacos, como anti-inflamatórios não esteroidais e inibidores da bomba de prótons, também podem alterar a microbiota intestinal, reduzindo sua diversidade e promovendo desequilíbrios (Ferreira et al., 2025).

Essas alterações podem ocorrer mesmo em curto prazo e persistir ao longo do tempo, estando associadas à inflamação e aumento da permeabilidade intestinal, disfunções metabólicas e maior risco de doenças (Mello et al., 2024). Diante desse cenário, torna-se fundamental compreender os mecanismos que interligam o intestino a outros sistemas do organismo, com destaque para o eixo intestino-cérebro.

O eixo intestino-cérebro é definido como uma conexão bidirecional que envolve o sistema nervoso central, o sistema endócrino, sistema digestório e o sistema imunológico, estando interligado ao sistema nervoso entérico. Trata-se de uma complexa rede de comunicação responsável pela troca de informações entre o intestino e o cérebro (Chen; Xu;

Chen, 2021). Essa interconexão permite que a microbiota intestinal exerça influência direta sobre as conexões neurais, uma vez que grande parte dos neurotransmissores é produzida no intestino, como a serotonina, dopamina, norepinefrina e histamina. Além disso, essa interação também influencia a motilidade intestinal, a secreção gástrica e a regulação hormonal (Bordin et al., 2023). Nesse contexto, os desequilíbrios na composição microbiana intestinal podem estar associados a transtornos psiquiátricos, como ansiedade e depressão (Carlos et al., 2026).

Considerando que diversos fármacos podem alterar a composição da microbiota intestinal, torna-se relevante compreender como essas alterações podem impactar o eixo intestino-cérebro e, conseqüentemente, a saúde neurológica. Assim, o objetivo deste estudo é analisar a disbiose induzida por fármacos e suas repercussões no eixo intestino-cérebro, destacando estratégias nutricionais capazes de modular a microbiota intestinal e contribuir para a manutenção da saúde neurológica.

2. EVOLUÇÃO DA MICROBIOTA

A formação da microbiota intestinal ocorre desde o nascimento, sendo influenciada por eventos precoces, especialmente o tipo de parto e as práticas alimentares adotadas nos primeiros estágios da vida, que contribuem para a colonização microbiana inicial (Laursen, 2021). À medida que as crianças avançam para a adolescência, ocorrem novas modificações na composição da microbiota intestinal devido a mudanças hormonais e outras mudanças puberais (Korpela et al., 2022). Na vida adulta, a microbiota intestinal estabelece um estado relativamente estável, refletindo um equilíbrio delicado influenciado por exposições ambientais, especialmente por hábitos alimentares e composição genética (Hou et al., 2022).

Com o envelhecimento, a interação entre o organismo hospedeiro e a microbiota intestinal passa por mudanças significativas, caracterizadas pela redução da diversidade microbiana e por alterações em sua composição. Essas modificações têm sido associadas ao aumento da ocorrência de diversas condições de saúde comuns na população idosa, sugerindo que a microbiota intestinal pode desempenhar um papel relevante no desenvolvimento de doenças relacionadas ao processo de envelhecimento (Ghosh; Shanahan; O'toole, 2022).

3. FUNCIONAMENTO DA MICROBIOTA E SUAS PRINCIPAIS FUNÇÕES

A microbiota intestinal é composta por trilhões de microrganismos, incluindo bactérias, fungos e vírus, que vivem em simbiose com o organismo humano e contribuem para a homeostase intestinal e sistêmica (Mousa; Chehadeh; Husband, 2022). Entre suas principais funções destacam-se a digestão de componentes alimentares não absorvidos, a produção de metabólitos benéficos, como os ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), e a síntese de vitaminas do complexo B e vitamina K (Lukáčová et al., 2023).

A microbiota também participa do desenvolvimento e da maturação das células imunológicas, da manutenção da integridade da barreira intestinal e da prevenção da colonização por patógenos, atuando como mecanismo natural de defesa (Wan; Zuo, 2022). Além disso, seus metabólitos influenciam funções neurológicas, metabólicas e inflamatórias, inclusive por meio do eixo intestino-cérebro, de modo que alterações em sua composição e diversidade, caracterizadas como disbiose, podem comprometer funções fisiológicas e favorecer o desenvolvimento de doenças (Mousa; Chehadeh; Husband, 2022).

4. INTERAÇÃO DA MICROBIOTA E OS FÁRMACOS

A interação entre a microbiota intestinal e os fármacos é bidirecional e relevante tanto para a eficácia terapêutica quanto para a ocorrência de efeitos adversos (Wan; Zuo, 2022). Por um lado, a microbiota possui uma série de enzimas capazes de biotransformar diversos fármacos e compostos xenobióticos, alterando sua absorção, biodisponibilidade, eficácia e toxicidade, o que explica, em parte, respostas diferentes ao mesmo tratamento; esse campo de estudo é denominado farmacomicrobiômica (Dikeocha et al., 2022; Chen et al., 2022). A microbiota pode, ainda, interferir na eficácia e na toxicidade dos medicamentos por meio da modulação do sistema imunológico (Gronich et al., 2025).

Por outro lado, além da dieta, os medicamentos de pequenas moléculas foram recentemente identificados como importantes modificadores da composição da microbiota, podendo reduzir sua diversidade, diminuir bactérias benéficas e favorecer a proliferação de microrganismos potencialmente patogênicos, o que compromete a homeostase intestinal e favorece a disbiose (Lindell; Zimmermann-Kogadeeva; Patil, 2022).

5. PRINCIPAIS FÁRMACOS QUE INDUZEM A DISBIOSE

Diversas classes de medicamentos podem favorecer a disbiose. Entre estes, os antibióticos são considerados os principais responsáveis por eliminarem, não apenas microrganismos patogênicos, mas também bactérias benéficas essenciais à homeostase intestinal, enquanto os anti-inflamatórios não esteroidais (AINEs) e os inibidores da bomba de prótons (IBPs) também estão associados à redução da diversidade microbiana, a processos inflamatórios, ao aumento da permeabilidade intestinal e à proliferação de microrganismos oportunistas (Candido et al., 2024; Ferreira et al., 2025; Mello et al., 2024). A Tabela 1 resume as principais alterações associadas a cada classe de fármacos.

Tabela 1 – Principais alterações na microbiota intestinal associadas ao uso de diferentes classes de fármacos

Fármacos	Alteração	Referência
Antibióticos	O estudo aponta que o uso de antibióticos, mesmo durante um período relativamente curto, pode provocar alterações prolongadas na composição da microbiota intestinal. Entre essas mudanças estão a redução da diversidade de bactérias presentes no intestino e o aumento da resistência aos antibióticos, podendo essas alterações permanecer por meses ou até anos após o fim do tratamento. Além disso, destaca que os antibióticos não atingem exclusivamente as bactérias prejudiciais, podendo afetar também os microrganismos benéficos da microbiota.	Jernberg (2007)
Anti-inflamatórios não esteroidais (AINEs)	O trabalho investiga a relação entre o uso de medicamentos e a composição da microbiota intestinal em 155 adultos, associando o uso de AINEs e alterações na composição da microbiota intestinal, demonstrando que diferentes medicamentos dessa classe estavam relacionados a perfis bacterianos distintos. Os achados sugerem que o tipo de AINE utilizado pode influenciar alterações na microbiota.	Rogers e Aronoff (2016)
Inibidores da bomba de prótons (IBPs)	Revisão que aponta que o uso prolongado de IBPs pode alterar o pH gastrointestinal e a composição da microbiota, estando associado à redução da diversidade microbiana, disbiose e maior risco de supercrescimento bacteriano e infecções gastrointestinais.	Morris e Nighot (2023)

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

5.1. CONSEQUÊNCIAS CLÍNICAS A LONGO PRAZO DO USO DE ANTIBIÓTICOS

O uso prolongado ou indiscriminado de antibióticos pode provocar alterações persistentes na microbiota, com repercussões metabólicas, imunológicas e neurológicas, incluindo efeitos sobre o eixo intestino-cérebro (Sittipo et al., 2022).



Observa-se na Tabela 2, estudos de suporte referentes ao uso de antibióticos e suas causas com relação a microbiota intestinal.

Tabela 2 – Síntese dos métodos analisados sobre a utilização de antibióticos na microbiota intestinal em adultos

Tipo de estudo e amostra	Resultados	Referência
Pesquisa de campo com vinte e um participantes (de 18 a 80 anos).	Foram encontrados 356 táxons microbianos distintos entre as 21 amostras analisadas, com uma média de 143 táxons por indivíduo. Conforme esperado, a microbiota intestinal apresentou predominância de quatro filos bacterianos: Firmicutes (65%), Bacteroidetes (28%), Proteobacterias (5%) e Actinobactérias (2%).	Panda et al. (2014)
Pesquisa de campo feita com 48 voluntários.	Entre os participantes da pesquisa, 45% relataram já ter apresentado algum tipo de resistência bacteriana.	Caldas et al. (2022)
Revisão bibliográfica.	A expectativa de que os antibióticos fossem eficazes contra o vírus foi apontada como a principal crença identificada. Essa percepção pode favorecer o uso inadequado dos medicamentos. Além disso, a necessidade de adotar medidas para evitar o desenvolvimento de resistência bacteriana pode aumentar a percepção de vulnerabilidade da população diante dessas infecções.	Andrade et al. (2022)
Revisão bibliográfica.	Em relação à automedicação, os autores destacam que essa prática constitui um dos fatores que podem contribuir para o crescimento da resistência bacteriana aos antibióticos. No contexto brasileiro, estima-se que aproximadamente 35% dos medicamentos adquiridos sejam utilizados por meio da automedicação.	Oliveira et al. (2020)
Revisão bibliográfica.	O <i>S. aureus</i> apresenta elevada capacidade de desenvolver resistência. Apesar de essa característica ser conhecida há bastante tempo, desde a identificação das primeiras estratégias utilizadas para combatê-lo até o momento atual, ainda são limitados os avanços obtidos nesse sentido.	Cussolim et al. (2020)

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Entre as principais consequências clínicas destacam-se a ansiedade e a depressão, uma vez que a redução de bactérias benéficas e a perda de diversidade microbiana podem alterar a produção de neurotransmissores, como serotonina e dopamina, e favorecer processos inflamatórios que afetam o funcionamento cerebral (He et al., 2023; Sittipo et al., 2022).

5.1.1. Ansiedade

A ansiedade é uma das condições frequentemente associadas à disbiose intestinal, cujo desequilíbrio pode interferir na produção de neurotransmissores e favorecer processos inflamatórios no sistema nervoso central (Sittipo et al., 2022). O padrão alimentar também exerce papel relevante. Segundo Nicoletti e Zanachi (2025), uma alimentação desequilibrada,

associada a deficiências de nutrientes como vitamina B12, triptofano, magnésio e zinco, relaciona-se à adesão e à resposta ao tratamento psicoterápico.

5.1.2. Depressão

Na depressão, a perda da diversidade microbiana induzida por antibióticos pode comprometer a produção de metabólitos e neurotransmissores envolvidos na regulação do humor, como serotonina e dopamina, e favorecer mecanismos inflamatórios, afetando regiões cerebrais como o córtex frontal e o hipocampo (Vitorino; França; Oliveira, 2025). Assim, a manutenção do equilíbrio da microbiota intestinal é relevante para a saúde mental e a qualidade de vida (Sittipo et al., 2022; Ferreira et al., 2025).

6. ESTRATÉGIAS NUTRICIONAIS PARA MODULAÇÃO DA MICROBIOTA

A modulação da microbiota permite restabelecer o equilíbrio dos microrganismos e a integridade da parede intestinal por meio de alterações no padrão alimentar e a utilização de abordagens, tais como: probióticos, prebióticos, simbióticos, paraprobióticos, pós-bióticos, produtos derivados de microrganismos e transplante de microbiota fecal (Pires et al., 2024).

O padrão alimentar exerce impacto significativo, de modo que uma dieta pobre em fibras e rica em gorduras saturadas, açúcares e alimentos ultraprocessados pode desequilibrar os componentes da microbiota intestinal, aumentando o número de bactérias patogênicas e contribuindo para o desenvolvimento de diversas patologias, tais como a obesidade. Entretanto, o consumo de fibras e de alimentos probióticos é importante para a proliferação e fortalecimento dos microrganismos benéficos para a saúde intestinal (Nabhan et al., 2025).

Os probióticos são uma das estratégias mais utilizadas na modulação, visto que eles podem selecionar o crescimento de microrganismos específicos por meio da produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), toxinas e da competição por sítios de adesão e colonização de microrganismos patogênicos (Liu; Wang; Wu, 2022).

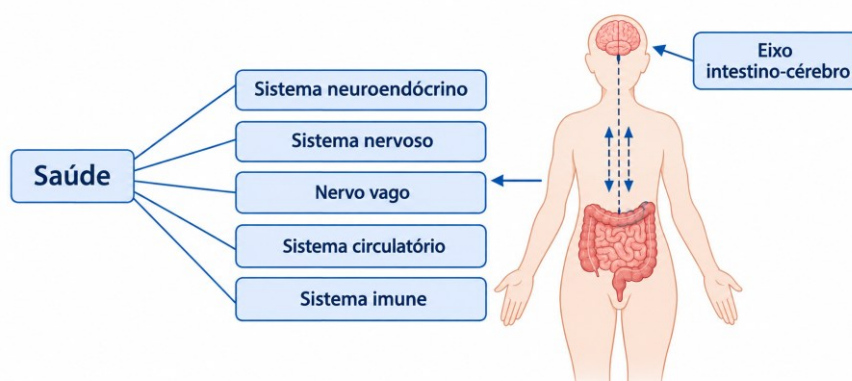
Os prebióticos também desempenham papel importante na modulação da microbiota. Eles consistem em substratos não digeríveis seletivamente utilizados por microrganismos benéficos, como os frutooligossacarídeos (FOS), os galactooligossacarídeos (GOS) e a inulina, encontrados em alimentos como alho, cebola, banana, chicória e aspargos. Sua fermentação resulta na produção de AGCC, especialmente acetato, propionato e butirato, associados à integridade da barreira intestinal, à modulação da resposta imunológica e à redução de

processos inflamatórios. Assim, o consumo de fibras, prebióticos e probióticos contribui para o equilíbrio da microbiota e para a prevenção dos efeitos da disbiose (Saxami et al., 2023; Fusco et al., 2023).

7. INFLUÊNCIA DA DISBIOSE INTESTINAL NO EIXO INTESTINO - CÉREBRO

O eixo intestino-cérebro (Figura 1) permite a troca de informações entre o sistema digestivo e o sistema nervoso central através da sinalização de moléculas secretadas no intestino. Essa comunicação ocorre por vias neurais, endócrinas e imunológicas, destacando-se a participação do nervo vago, do sistema nervoso entérico e dos metabólitos produzidos pela microbiota intestinal. Essas moléculas desempenham papel significativo na modulação da fisiologia cerebral, atuando em processos como envelhecimento, homeostase e maturação. Ademais, a microbiota produz neurotransmissores como ácido gama-aminobutírico (GABA), serotonina e dopamina, de modo que alterações em sua composição podem impactar negativamente a atividade neuronal e cognitiva do cérebro (Kandpal et al., 2022).

Figura 1 – Interconexão do eixo intestino-cérebro e sistemas envolvidos na manutenção da saúde



Fonte: Adaptado de Pinto Neto et al. (2025).

Segundo Kandpal et al. (2022), o desequilíbrio da microbiota intestinal pode resultar em neuroinflamação, elevando os metabólitos bacterianos e citocinas pró-inflamatórias no intestino e na barreira hematoencefálica. Essas alterações desempenham um papel significativo no desenvolvimento de doenças neurodegenerativas, tais como Alzheimer, Parkinson, Esclerose Múltipla e Esclerose Lateral Amiotrófica (Kandpal et al., 2022).

8. DESAFIOS E PERSPECTIVAS

Apesar dos avanços no conhecimento sobre a interação entre microbiota intestinal e fármacos, ainda existem desafios relacionados à compreensão dos mecanismos envolvidos na disbiose e de seus impactos a longo prazo. A grande variabilidade da microbiota entre os indivíduos, influenciada por fatores genéticos, ambientais e alimentares, dificulta a padronização dos estudos e a aplicação clínica dos resultados (Wan; Zuo, 2022).

Entre as perspectivas terapêuticas mais promissoras destaca-se o transplante de microbiota fecal (TMF), técnica que consiste na transferência de microrganismos intestinais de um doador saudável para um indivíduo com disbiose. Essa abordagem pode contribuir para a restauração mais rápida do equilíbrio microbiano, especialmente quando há necessidade de intervenção terapêutica urgente (Mendonça et al., 2022), embora ainda existem desafios relacionados à segurança, à padronização e à eficácia a longo prazo (Sahle et al., 2024; Yadegar et al., 2024).

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise da literatura evidencia uma interação complexa entre os fármacos e a microbiota gastrointestinal, destacando que, além de seus efeitos terapêuticos, determinados medicamentos podem alterar sua composição, diversidade e função. Antibióticos, anti-inflamatórios não esteroidais e inibidores da bomba de prótons estão associados a alterações na microbiota, podendo favorecer a disbiose e repercutir sobre o eixo intestino-cérebro, que participa de processos metabólicos, imunológicos e da comunicação entre intestino e cérebro.

Nesse contexto, a nutrição exerce papel relevante na modulação da microbiota, uma vez que uma alimentação rica em fibras, frutas, verduras, legumes e alimentos fermentados favorece a manutenção de microrganismos benéficos, enquanto o consumo excessivo de ultraprocessados, açúcares e gorduras saturadas pode contribuir para o desequilíbrio microbiano. Estratégias como o uso de prebióticos, probióticos e simbióticos apresentam potencial para auxiliar na manutenção da homeostase intestinal (Pires et al., 2024). Assim, compreender a interação entre fármacos, alimentação, microbiota e eixo intestino-cérebro é fundamental para ampliar as possibilidades de prevenção e manejo da disbiose, contribuindo para o desenvolvimento de estratégias nutricionais e terapêuticas mais integradas e individualizadas.

REFERÊNCIAS

- ABONAHAS, H. H. *et al.* Confie no seu intestino: o microbioma intestinal humano na saúde e na doença. In: SAYYED, RZ; KHAN, Mahejibin (Orgs.). **Eixo microbioma-intestino-cérebro: implicações na saúde**. Singapura: Springer Nature, 2022, p. 53–96. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-981-16-1626-6_3>. Acesso em: 18 abr. 2026.
- ANDRADE, Graça; GALVÃO, Andreia; GONÇALVES, Margarida; GRILO, Ana; COELHO, André. Conhecimentos, crenças e consumo de antibióticos na Europa: uma revisão de âmbito. **Saúde & Tecnologia**, [S.L.], p. 18-29, 30 nov. 2022. Saúde & Tecnologia. <http://dx.doi.org/10.25758/SET.641>.
- BORDIN, AC *et al.* O Eixo Intestino-Cérebro: Revisão de Literatura. **ULAKES Journal of Medicine**, v. 4, 2023. Disponível em: <<https://revistas.unilago.edu.br/index.php/ulakes/article/view/937>>. Acesso em: 18 abr. 2026.
- CALDAS, Alison Freire; OLIVEIRA, Carlos Silva de; SILVA, Diego Pereira da. Resistência bacteriana decorrente do uso indiscriminado de antibióticos. **Scire Salutis**, [S.L.], v. 12, n. 1, p. 1-7, 28 set. 2021. . <http://dx.doi.org/10.6008/cbpc2236-9600.2022.001.0001>.
- CANDIDO, G. Z. *et al.* A influência dos fármacos sobre a microbiota gastrointestinal humana: uma revisão de literatura. **Revista Brasileira de Implantologia e Ciências da Saúde**, v. 6, n. 9, p. 1382–1404, 2024. Disponível em: <<https://bjih.emnuvens.com.br/bjih/article/view/3488>>. Acesso em: 20 abr. 2026.
- CARLOS, M. E. de C. S. *et al.* Microbiota intestinal e saúde mental: uma revisão integrativa dos impactos e mecanismos. **Revista Contemporânea**, v. 2, p. e10236, 2026. Disponível em: <<https://ojs.revistacontemporanea.com/ojs/index.php/home/article/view/10236>>. Acesso em: 18 abr. 2026.
- CHEN, H. Q. *et al.* Farmacomicrobiômica: explorando as interações droga-microbiota no tratamento anti-hipertensivo. **Frontiers in Medicine**, v. 8, 19 jan. 2022. Acesso em: 20 set. 2026.
- CHEN, Y.; XU, J.; CHEN, Y. Regulação de neurotransmissores pela microbiota intestinal e efeitos na cognição em distúrbios neurológicos. **Nutrients**, v. 13, n. 6, p. 2099, 2021. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2072-6643/13/6/2099>>. Acesso em: 18 abr. 2026.
- CUSSOLIM, Phylipe Adrian; SALVI JUNIOR, Ademir; MELO, André Luiz de; MELO, Adriana de. Mecanismos de resistência do *Staphylococcus aureus* a antibióticos. **Revista Faculdades do Saber**, [S.L.], v. 6, n. 12, p. 831-843, 10 jan. 2021.
- DIKEOCHA, I. J. *et al.* Pharmacomicrobiomics: Influence of gut microbiota on drug and xenobiotic metabolism. **The FASEB Journal**, v. 36, n. 6, p. e22350, 2022. Disponível em: <<https://faseb.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1096/fj.202101986R>>. Acesso em: 4 jun. 2026.

- FERREIRA, Y. L. *et al.* Impactos dos antibióticos na microbiota intestinal humana. **Revista Acadêmica de Iniciação Científica**, v. 2, p. 44–57, 2025. Disponível em: <<https://wyden.periodicoscientificos.com.br/index.php/raic/article/view/888>>. Acesso em: 19 abr. 2026.
- FUSCO, W. *et al.* Bactérias produtoras de ácidos graxos de cadeia curta: componentes-chave da microbiota intestinal humana. **Nutrients**, v. 15, n. 9, p. 2211, 2023. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2072-6643/15/9/2211>>. Acesso em: 4 jun. 2026.
- GHOSH, T. S.; SHANAHAN, F.; O'TOOLE, P. W. O microbioma intestinal como modulador do envelhecimento saudável. **Nature Reviews Gastroenterologia e Hepatologia**, v. 9, p. 565–584, 2022. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/s41575-022-00605-x>>. Acesso em: 7 jun. 2026.
- GRONICH, N. *et al.* Farmacomicrobiomics. *Clinical Pharmacology & Therapeutics*, v. 118, n. 6, p. 1366–1377, dez. 2025. Acesso em: 20 set. 2026.
- HE, M. *et al.* Disbiose da microbiota intestinal induzida por antibióticos altera o metabolismo do hospedeiro. **Molecular Omics**, v. 19, n. 4, p. 330–339, 2023. Disponível em: <<https://academic.oup.com/molecular-omics/article/19/4/330/8277170>>. Acesso em: 4 jun. 2026.
- HOEGENAUER, C.; HAMMER, H. F.; MAHNERT, A. Archaea metanogênica no trato gastrointestinal humano. **Nature Reviews Gastroenterologia e Hepatologia**, v. 12, p. 805–813, 2022. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/s41575-022-00673-z>>. Acesso em: 20 abr. 2026.
- HOU, K. *et al.* Microbiota na saúde e nas doenças. **Transdução de Sinal e Terapia Alvo**, v. 7, n. 1, p. 135, 2022. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/s41392-022-00974-4>>. Acesso em: 7 jun. 2026.
- JERNBERG, Cecilia; LÖFMARK, Sonja; EDLUND, Charlotta; JANSSEN, Janet K. Long-term ecological impacts of antibiotic administration on the human intestinal microbiota. **The Isme Journal**, [S.L.], v. 1, n. 1, p. 56-66, 1 maio 2007. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1038/ismej.2007.3>.
- KANDPAL, M. *et al.* Disbiose da microbiota intestinal na perspectiva do eixo intestino-cérebro: papel na provocação de distúrbios neurológicos. **Metabolites**, v. 12, n. 11, p. 1064, 2022. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9692419/>>. Acesso em: 1 jun. 2026.
- KORPELA, K. *et al.* A microbiota intestinal desenvolve um perfil adulto de maneira específica ao sexo durante a puberdade. **Scientific Reports**, v. 11, n. 1, p. 23297, 2021. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/s41598-021-02375-z>>. Acesso em: 5 jun. 2026.
- LAURSEN, M. F. Desenvolvimento da microbiota intestinal: influência da dieta da infância à primeira infância. **Annals of Nutrition and Metabolism**, v. 77, n. Supl. 3, p. 21–34, 2021. Disponível em: <<https://karger.com/article/doi/10.1159/000517912>>. Acesso em: 7 jun. 2026.

- LINDELL, A. E.; ZIMMERMANN-KOGADEEVA, M.; PATIL, K.R. Interações multimodais de medicamentos, compostos naturais e poluentes com a microbiota intestinal. **Nature Reviews Microbiologia**, v. 7, p. 431–443, 2022. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/s41579-022-00681-5>>. Acesso em: 4 jun. 2026.
- LIU, Y.; WANG, J.; WU, C. Modulação da microbiota intestinal e do sistema imunológico por probióticos, prebióticos e pós-bióticos. **Frontiers in Nutrition**, v. 8, p. 634897, 2022. Disponível em: <<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnut.2021.634897/full>>. Acesso em: 6 jun. 2026.
- LUKÁČOVÁ, I. *et al.* A microbiota intestinal, sua relação com o sistema imunológico e possibilidades de sua modulação. **Epidemiologie, Mikrobiologie, Immunologie: Casopis Společnosti Pro Epidemiologii a Mikrobiologii Ceske Lekarske Společnosti JE Purkyne**, v. 1, p. 40–53, 2023. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37185024/>>. Acesso em: 4 jun. 2026.
- MELLO, D. S. F. de *et al.* Anti-inflamatórios não esteroidais (AINEs) x: uma simbiose ou disbiose intestinal? **Revista de Medicina**, v. 5, 2024. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/revistadc/article/view/210041>>. Acesso em: 17 abr. 2026.
- MENDONÇA, A. A. *et al.* Journey of the Probiotic Bacteria: Survival of the Fittest. **Microorganisms**, v. 11, n. 1, p. 95, 30 dez. 2022. Acesso em: 20 set. 2026.
- MORRIS, N.; NIGHOT, M. Compreendendo os riscos à saúde e as preocupações emergentes associadas ao uso prolongado de inibidores da bomba de prótons. **Boletim do Centro Nacional de Pesquisa**, v. 47, n. 1, p. 134, 4º conjunto. 2023. Acesso em: 19 set. 2026.
- MOUSA, W. K.; CHEHADEH, F.; HUSBAND, S. Recent Advances in Understanding the Structure and Function of the Human Microbiome. **Frontiers in Microbiology**, v. 13, 2022. Disponível em: <<https://www.frontiersin.org/journals/microbiology/articles/10.3389/fmicb.2022.825338/full>>. Acesso em: 5 jun. 2026.
- NABHAN, G. C. H. *et al.* Efeitos de diferentes padrões alimentares sobre a microbiota intestinal. **Revista Brasileira de Revisão de Saúde**, v. 8, n. 2, p. e78884, 2025. Disponível em: <<https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJHR/article/view/78884>>. Acesso em: 7 jun. 2026.
- NICOLETTI, L. R.; ZANACHI, J. A. A relevância da alimentação no tratamento psicológico dos transtornos de ansiedade e depressão. **Unifunec Científica Multidisciplinar**, v. 14, n. 16, p. 1–12, 30 set. 2025. Acesso em: 20 set. 2026.
- OLIVEIRA, Marcelo; PEREIRA, Kedina Damiana Silva; ZAMBERLAM, Cláudia Raquel. Resistência bacteriana pelo uso indiscriminado de antibióticos: uma questão de saúde pública. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, [S.L.], v. 6, n. 11, p. 183–201, 12 dez. 2020. DOI: [10.29327/4426668](https://doi.org/10.29327/4426668).

- PANDA, Suchita; KHADER, Ismail El; CASELLAS, Francesc; VIVANCOS, Josefa López; CORS, Montserrat García; SANTIAGO, Alba; CUENCA, Silvia; GUARNER, Francisco; MANICHANH, Chaysavanh. Short-Term Effect of Antibiotics on Human Gut Microbiota. **Plos One**, [S.L.], v. 9, n. 4, p. 95476, 18 abr. 2014. Public Library of Science (PLOS). <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0095476>.
- PINTO NETO, W. de P. *et al.* Symbiotic honey beverages: A matrix which tells a story of survival and protection of human health from a gastronomic and industrial perspective. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, v. 40, p. 101183, jun. 2025. Acesso em: 18 set. 2026.
- PIRES, L. *et al.* Explorando avanços terapêuticos: uma revisão abrangente dos moduladores da microbiota intestinal. **Antibióticos**, v. 13, n. 8, p. 720, 2024. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2079-6382/13/8/720>>. Acesso em: 4 jun. 2026.
- QIN, Y. *et al.* Efeitos combinados da genética do hospedeiro e da dieta na microbiota intestinal humana e na incidência de doenças em uma única coorte populacional. **Nature Genetics**, v. 54, n. 2, p. 134–142, 2022. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/s41588-021-00991-z>>. Acesso em: 7 jun. 2026.
- ROGERS, M.A.M.; ARONOFF, D.M. The influence of non-steroidal anti-inflammatory drugs on the gut microbiome. **Clinical Microbiology and Infection**, [S.L.], v. 22, n. 2, p. 1-9, fev. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cmi.2015.10.003>.
- SAHLE, Z. *et al.* Transplante de microbiota fecal e terapias de próxima geração: uma revisão sobre o direcionamento da disbiose em distúrbios metabólicos e além. **SAGE Open Medicine**, v. 12, p. 20503121241257486, 2024. Disponível em: <<https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/20503121241257486>>. Acesso em: 5 jun. 2026.
- SAXAMI, G. *et al.* O eixo intestino-órgão dentro do corpo humano: disbiose intestinal e o papel dos prebióticos. **Vida**, v. 13, n. 10, p. 2023, 2023. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2075-1729/13/10/2023>>. Acesso em: 3 jun. 2026.
- SITTIPO, P. *et al.* A função da microbiota intestinal em distúrbios neurológicos relacionados à imunidade: uma revisão. **Journal of Neuroinflammation**, v. 19, n. 1, p. 154, 2022. Disponível em: <<https://jneuroinflammation.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12974-022-02510-1>>. Acesso em: 4 jun. 2026.
- VITORINO, H. S. V; FRANÇA, K. M. C. de; OLIVEIRA, M. de S. A INFLUÊNCIA DA MICROBIOTA INTESTINAL NA SAÚDE MENTAL: CORRELAÇÃO ENTRE DESEQUILÍBRIO INTESTINAL, ANSIEDADE E DEPRESSÃO. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 11, n. 11, p. 7305–7315, 1 nov. 2025. Acesso em: 18 set. 2026.
- WAN, Y.; ZUO, T. Interações entre drogas e o microbioma intestinal. **Relatório de Gastroenterologia**, v. 10, p. goac009, 2022. Disponível em: <<https://academic.oup.com/gastro/article/doi/10.1093/gastro/goac009/6565278>>. Acesso em: 4 jun. 2026.

YADEGAR, A. *et al.* Transplante de microbiota fecal: desafios atuais e perspectivas futuras. **Clinical Microbiology Reviews**, v. 37, n. 2, p. e00060-22, 2024. Disponível em: <<https://journals.asm.org/doi/10.1128/cmr.00060-22>>. Acesso em: 4 jun. 2026.

CAPÍTULO XII

BREVES CONSIDERAÇÕES SOBRE O CONSUMO ALIMENTAR E MODULAÇÃO DA MICROBIOTA INTESTINAL NA PROMOÇÃO DA LONGEVIDADE

BRIEF CONSIDERATIONS ON DIETARY INTAKE AND MODULATION OF THE GUT MICROBIOTA IN PROMOTING LONGEVITY

DOI: 10.51859/amplla.cnc6385-12

Renata Batista Fallé Moreira ¹

Luan Araújo Ramos ¹

Eric Roberto Correia de Lima De Souza Farias ¹

Thays Maria Costa de Lucena ²

Michelle Maria Barreto de Souza ²

Ana Cristina Silveira Martins ²

Walter de Paula Pinto Neto ²

¹ Graduandos do curso de Nutrição. Universidade Maurício de Nassau Recife/PE – Campus Graças

² Professores do Centro Universitário Maurício de Nassau Recife/PE

RESUMO

O processo de envelhecimento está associado ao declínio metabólico e ao surgimento de doenças crônicas pelo estado de inflamação crônica de baixo grau que altera a estrutura microbiana. Enquanto a dieta ocidental (rica em gorduras saturadas e açúcares) induz processos inflamatórios, a dieta mediterrânea (rica em fibras e alimentos de origem vegetal) favorece vias anti-inflamatórias benéficas à saúde. Diante disso, o objetivo do presente estudo é analisar a relação entre os padrões alimentares e a modulação da microbiota intestinal, bem como suas possíveis implicações para a longevidade. No cólon, a fermentação de fibras gera ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) como o butirato, essenciais para a integridade celular e proteção contra patógenos. Essa comunidade mantém uma relação bidirecional com a dieta. Os padrões mediterrâneo, vegetariano e vegano, abundantes em fibras e polifenóis, elevam microrganismos produtores de AGCC e ligantes de triptofano, exercendo forte ação anti-inflamatória e metabólica. Em oposição, a dieta ocidental, rica em ultraprocessados, açúcares e carnes vermelhas, reduz a diversidade benéfica, debilita a barreira intestinal e induz a formação de metabólitos prejudiciais, elevando os riscos cardiovasculares e inflamatório. Esse processo desregula o eixo intestino-músculo, prejudicando a

função musculoesquelética e elevando o risco de fragilidade e sarcopenia. A disbiose decorrente do envelhecimento deteriora a barreira mucosa, resultando em um intestino permeável que possibilita a translocação de compostos microbianos. Diante disso, modular a microbiota e combater a disbiose representam estratégias terapêuticas essenciais para restaurar as defesas imunes, preservar a integridade tecidual e promover uma longevidade saudável.

Palavras-chave: Disbiose. Inflamação crônica. Longevidade. Microbiota intestinal.

ABSTRACT

The aging process is associated with metabolic decline and the onset of chronic diseases due to a state of low-grade chronic inflammation that alters the microbial structure. While the Western diet (rich in saturated fats and sugars) induces inflammatory processes, the Mediterranean diet (rich in fiber and plant-based foods) promotes anti-inflammatory pathways that are beneficial to health. Given this, the objective of the present study is to analyze the relationship between dietary patterns and the modulation of the gut microbiota, as well as its possible implications for longevity. In the colon, the fermentation of fiber generates

short-chain fatty acids (SCFAs) such as butyrate, which are essential for cellular integrity and protection against pathogens. This microbial community maintains a bidirectional relationship with the diet. The Mediterranean, vegetarian, and vegan diets, rich in fiber and polyphenols, increase the abundance of SCFA-producing microorganisms and tryptophan-binding bacteria, exerting strong anti-inflammatory and metabolic effects. In contrast, the Western diet, rich in ultra-processed foods, sugars, and red meat, reduces beneficial diversity, weakens the intestinal barrier, and induces the formation of harmful metabolites, increasing cardiovascular and inflammatory risks.

This process dysregulates the gut-muscle axis, impairing musculoskeletal function and increasing the risk of frailty and sarcopenia. Dysbiosis resulting from aging deteriorates the mucosal barrier, leading to a leaky gut that allows for the translocation of microbial compounds. Given this, modulating the microbiota and combating dysbiosis are essential therapeutic strategies for restoring immune defenses, preserving tissue integrity, and promoting healthy longevity.

Keywords: Chronic inflammation. Dysbiosis. Gut microbiota. Longevity.

1. INTRODUÇÃO

A microbiota intestinal corresponde ao conjunto de microrganismos que habitam o trato gastrointestinal (Ferenc et al., 2024). Desde o nascimento até a velhice, sua composição é influenciada por fatores genéticos, ambientais e estilo de vida. Além de ser importante no funcionamento do trato gastrointestinal, a comunidade microbiana realiza um papel fundamental no controle de várias funções fisiológicas, metabólicas, neurológicas e imunológicas (Schoultz et al., 2025).

Os microrganismos presentes no intestino possuem a capacidade de influenciar a expressão gênica em células da mucosa intestinal e, conseqüentemente, interferir nas funções do trato gastrointestinal. De modo geral, a microbiota intestinal é composta predominantemente por bactérias não patogênicas que exercem efeitos benéficos à saúde do hospedeiro, embora também existam, em menor proporção, bactérias potencialmente patogênicas (Ferenc et al., 2024).

O envelhecimento é um dos principais fatores associados ao declínio metabólico e na progressão de doenças crônicas não transmissíveis, como diabetes mellitus tipo 2, doenças cardiovasculares e obesidade (Rodrigues et al., 2025). Esse processo está relacionado a um estado de inflamação crônica de baixo grau, conhecido como *inflammaging*, que se associa a uma mudança da estrutura da microbiota intestinal (Zeppa et al., 2022). Ao mesmo tempo, a modulação da microbiota pode ter uma influência de forma direta nesses processos metabólicos e inflamatórios, impactando na longevidade (Rodrigues et al., 2025).

Algumas estratégias podem ser adotadas visando a melhora da saúde e a longevidade, como por exemplo uma dieta equilibrada, prática de atividade física e condições adequadas

de vida. Esses fatores acabam exercendo uma influência tanto na biodiversidade quanto na funcionalidade da microbiota, sendo um componente vital para a manutenção da homeostase do organismo. No entanto, alterações fisiológicas e exposições ambientais, com o passar do tempo, podem comprometer esse equilíbrio, levando a um quadro de disbiose. Por outro lado, uma microbiota equilibrada está associada à promoção da saúde e ao aumento da longevidade (Zeppa et al., 2022)

Nesse contexto, a alimentação destaca-se como um dos principais fatores capazes de influenciar a colonização e a composição da microbiota intestinal. Os hábitos alimentares adotados ao longo da vida exercem forte influência sobre essa comunidade microbiana, podendo favorecer ou prejudicar o equilíbrio do ecossistema intestinal (Conlon; Bird, 2015). Ou seja, um padrão alimentar voltado a dieta ocidental, geralmente ricas em gorduras saturadas, carnes vermelhas e açúcares refinados, tem sido associado ao desenvolvimento de disbiose e processos inflamatórios no intestino. Em contrapartida, uma dieta mediterrânea rica em fibras, cereais e oleaginosas e dietas baseadas em alimentos de origem vegetal, contribuem para o equilíbrio da microbiota intestinal, favorecendo a ativação de vias metabólicas e anti-inflamatórias, promovendo benefícios à saúde (Randeni; Bordiga; Xu, 2024).

Diante da crescente incidência de doenças crônicas não transmissíveis (DCNTs) e da influência do padrão alimentar sobre a composição da microbiota intestinal, torna-se relevante preencher uma lacuna sobre a compreensão de como diferentes hábitos alimentares podem modular essa comunidade microbiana, impactar a saúde do indivíduo e o envelhecimento. Dessa forma, o presente estudo tem como objetivo analisar a relação entre padrões alimentares e a modulação da microbiota intestinal, bem como suas possíveis implicações para a longevidade.

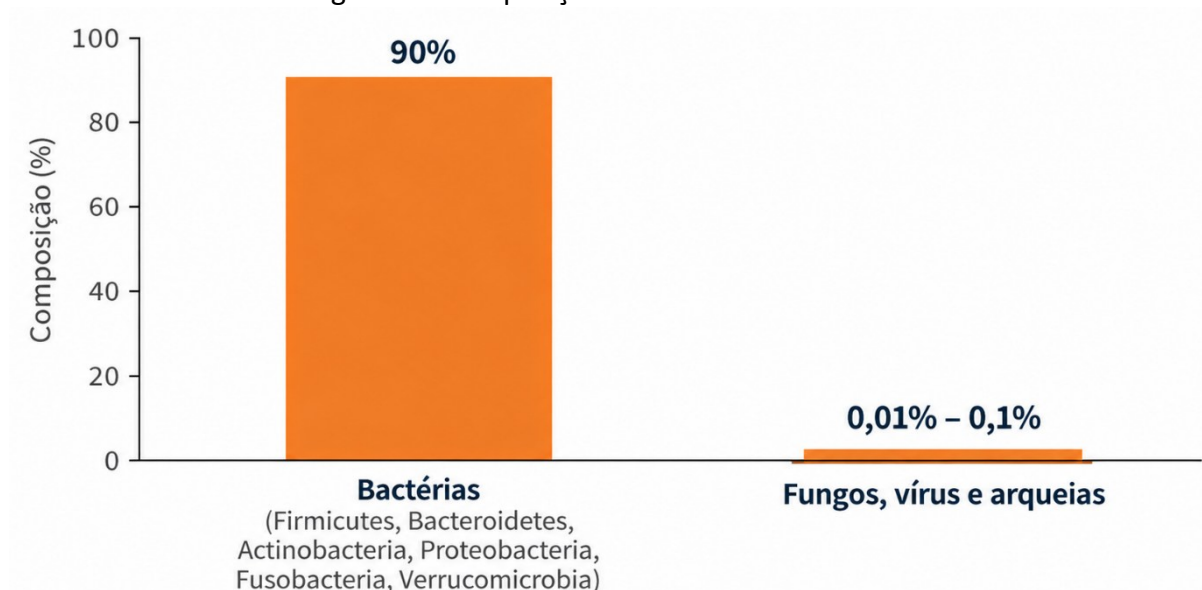
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. MICROBIOTA INTESTINAL: COMPOSIÇÕES E FUNÇÕES

O trato gastrointestinal é onde está concentrado o maior número e diferentes tipos de bactérias que colonizam o corpo humano. No mesmo sentido, as bactérias são classificadas de acordo com filos, ordens, classes, famílias, gêneros e espécies. Os principais filos microbianos intestinais são: Firmicutes, Bacteroidetes, Actinobacteria, Proteobacteria, Fusobacteria e Verrucomicrobia, sendo representado por mais de 160 espécies e, em especial,

os dois filos Firmicutes e Bacteroidetes constituindo 90% da microbiota intestinal (Rinninella et al., 2019) (Figura 1). Além das bactérias, a microbiota intestinal é composta por fungos, vírus e arqueias. Embora os fungos representem 0,01% a 0,1% do microbioma intestinal, suas células são dez vezes mais largas e cem vezes maiores em volumes em comparação as células bacterianas, contendo ainda maiores genomas, maior variabilidade genética e funções metabólicas e imunorreguladoras únicas (Huang et al., 2024). Nesse mesmo contexto, o microbioma intestinal é composta por diversas comunidades fúngicas com pelo menos 66 gêneros e 180 espécies, sendo as principais os filos Ascomycota e Basidiomycota e gêneros *Saccharomyces cerevisiae* e *Candida albicans* sendo encontrados de forma abundante no intestino humano (Raimondi et al., 2019; Zhang et al., 2021). Em condições de equilíbrio, a comunidade fúngica intestinal demonstra estabilidade e interações simbióticas com o hospedeiro, realizando papel vital na modulação da imunidade e na modulação da homeostase intestinal. As interações entre fungos, bactérias e o sistema imunológico são essenciais para esse equilíbrio, sendo os fungos mediando respostas imunes ao ativar as células Th17 (Huang et al., 2024). Um exemplo é a *Candida albicans*, que em indivíduos saudáveis vai induzir a produção da Imunoglobulina G antifúngica, protegendo contra patógenos (Doron et al., 2021). No entanto, fatores como dieta, uso de antimicrobianos e idade podem romper esse equilíbrio, levando ao surgimento de quadros como disbiose e ao desenvolvimento de doenças inflamatórias intestinais, câncer colorretal e doenças hepáticas (Huang et al., 2024).

Figura 1 – Composição da microbiota intestinal

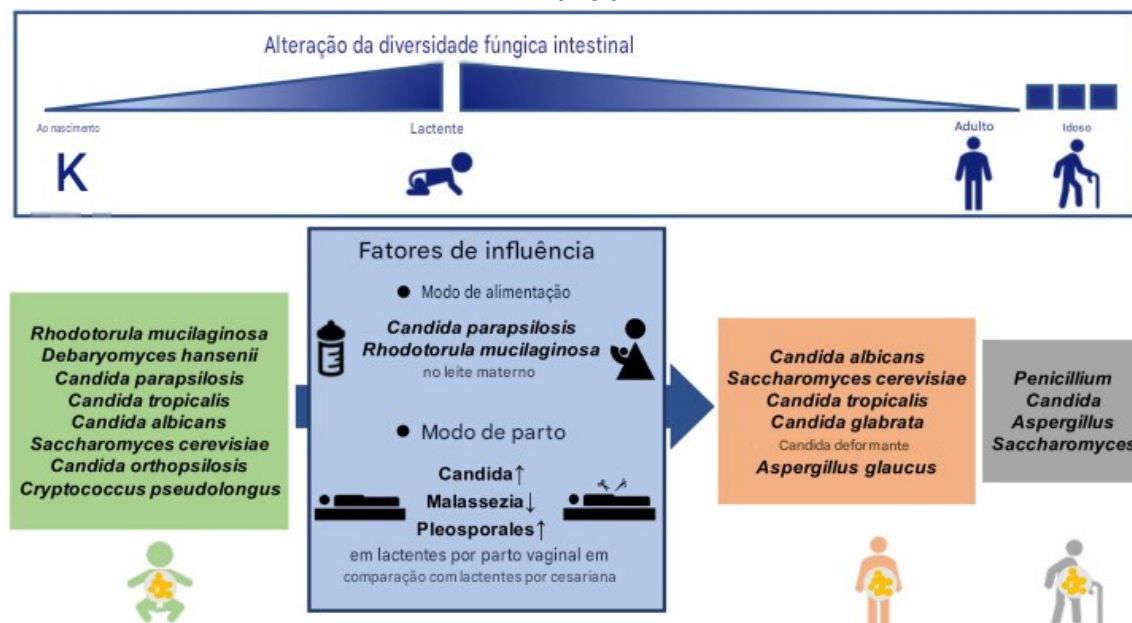


Fonte: Autoria própria.

No intestino grosso, precisamente no cólon, estão localizados a maioria dos microrganismos existentes no organismo. Isso se justifica pelo fato de ser uma região privilegiada para acontecer a fermentação, onde os microrganismos vão usar os nutrientes oriundos da digestão dos alimentos (Gonçalves, 2014). A fermentação realizada pela microbiota intestinal vai resultar na produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), sendo os principais são o acetato, propionato e butirato, a partir da degradação de polissacarídeos não digeríveis como por exemplo as fibras alimentares e amidos resistentes (Verma, 2024). Dentre os três, o butirato se destaca pelo seu maior impacto fisiológico, sendo essencial para geração de energia dos colonócitos, reduzindo a entrada de patógenos nocivos e mantendo um ambiente intestinal anaeróbico, sendo hostil para patógenos aeróbicos, como por exemplo *Salmonella* e *E. coli* (Venegas et al., 2019; Rivera Chávez et al., 2016). Além disso, a composição da microbiota intestinal e a produção de AGCC irão se modificar ao longo das diferentes fases da vida em conjunto com as mudanças no padrão alimentar (Selma Royo et al., 2019; Garcia Mantrana et al., 2018). No começo da vida, a microbiota se desenvolve de uma condição administrada pela Enterobacteriaceae e evolui para ser administrado pela Bifidobacteriaceae. Na fase final do aleitamento materno, verifica-se um aumento na abundância de firmicutese (Odamaki et al., 2016; Tsukuda et al., 2021) e, na idade adulta, a microbiota se altera novamente e a abundância de Enterobacteriaceae aumenta. Essas modificações da microbiota correspondem diretamente na produção e diversidade dos AGCC,

ênfatizando a relaão entre dieta, microbiota e saúde em diferentes fases da vida (Tsukuda et al., 2021; Ghosh et al., 2022) (Figura 2).

Figura 2 – Microbioma intestinal ao longo da vida e os fatores que influenciam na primeira infância.



Fonte: Zhang et al. (2021).

2.2. PADRÕES ALIMENTARES E MODULAÇÃO DA MICROBIOTA INTESTINAL

A relação entre dieta e microbiota intestinal é bidirecional: a alimentação molda a composição e a atividade microbiana, enquanto a microbiota influencia a forma como os nutrientes são metabolizados (Zhang et al., 2021), o que torna os padrões alimentares importantes moduladores da inflamação e da saúde (Bolte et al., 2021). A dieta mediterrânea é o padrão alimentar à base de plantas com maior respaldo científico (Randeni; Bordiga; Xu, 2024), e sua adesão aumenta gêneros produtores de AGCC associados à redução da inflamação, como *Bifidobacterium*, *Faecalibacterium prausnitzii*, *Roseburia* e *Prevotella* (Merra et al., 2020), além de elevar a proporção de *Prevotella* em relação a *Bacteroides*, reflexo do maior consumo de fibras e amido resistente (Potrykus et al., 2021). Esse padrão também favorece a conversão microbiana do triptofano em ligantes do receptor de hidrocarbonetos arílicos (AhR), que estimulam a secreção de GLP-1 pelas células enteroendócrinas (Ghiboub et al., 2020). A redução desses compostos está associada à síndrome metabólica e à disfunção da barreira intestinal (Abdalqadir et al., 2022).

Em contrapartida, a dieta ocidental, rica em proteínas animais, carboidratos refinados, açúcares e ultraprocessados e pobre em fibras, prejudica a microbiota intestinal (Leeming et al., 2019; Cronin et al., 2021). Esse padrão aumenta *Bacteroides*, *Alistipes* e *Bilophila* e reduz *Lactobacillus*, *Roseburia* e *Eubacterium rectale*, comprometendo a diversidade microbiana (García-Montero et al., 2021). O alto consumo de carne vermelha favorece a produção bacteriana de trimetilamina N-óxido (TMAO) a partir da L-carnitina e da fosfatidilcolina, composto associado ao aumento do risco cardiovascular (Koeth et al., 2018), enquanto aditivos como emulsificantes e adoçantes artificiais enfraquecem a barreira intestinal e favorecem doenças inflamatórias, distúrbios metabólicos e obesidade (Narula et al., 2021; Randeni; Bordiga; Xu, 2024). Além disso, a baixa ingestão de grãos integrais, frutas e vegetais reduz a produção de AGCC, intensificando a inflamação (Randeni; Bordiga; Xu, 2024).

As dietas vegetarianas e veganas compartilham com a dieta mediterrânea o alto teor de fibras, ácidos graxos insaturados e polifenóis, e associam-se a maior diversidade microbiana e maior abundância de bactérias produtoras de AGCC, como *Faecalibacterium prausnitzii*, *Eubacterium rectale* e *Akkermansia*, favorecendo um ambiente intestinal anti-inflamatório e a redução do risco cardiovascular (Djekic et al., 2020; Van Soest et al., 2020). Assim, o padrão alimentar é uma das principais estratégias modificáveis para modular a microbiota: dietas ricas em fibras, polifenóis e alimentos minimamente processados reduzem a inflamação sistêmica e fortalecem a barreira intestinal, favorecendo o envelhecimento saudável e a longevidade (Potrykus et al., 2021; Merra et al., 2020).

2.3. MICROBIOTA INTESTINAL E ENVELHECIMENTO

Com o envelhecimento, o sistema imunológico e a microbiota intestinal passam por alterações significativas em sua composição e função (Bosco; Noti, 2021). O declínio imunológico associado à idade, denominado imunossenescência, envolve redução da produção de células imunes, involução do timo e comprometimento da função de linfócitos, neutrófilos, macrófagos e células NK (Calder et al., 2022), resultando em menor capacidade de combater infecções e em pior resposta vacinal (Zareian et al., 2019). Esse processo é acompanhado pelo *inflammaging*, modulada por fatores ambientais, metabólicos, pela dieta e pela microbiota intestinal (Crooke et al., 2019).

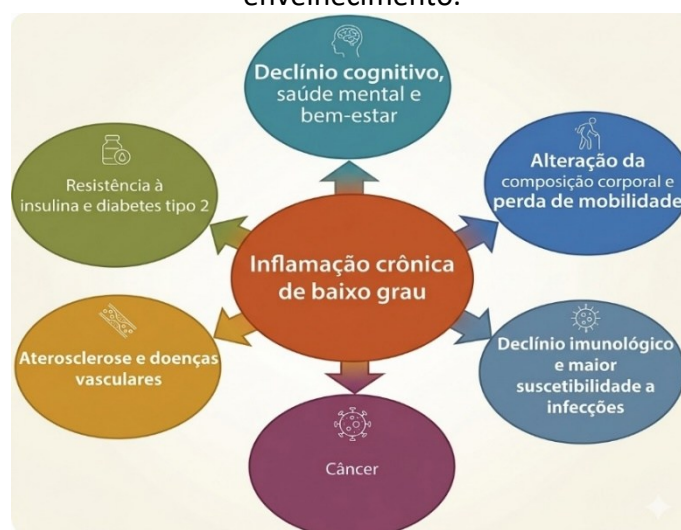
O *inflammaging* caracteriza-se pela elevação de citocinas pró-inflamatórias, como a IL-6, e da proteína C-reativa (PCR), mesmo na ausência de doença aparente (Franceschi, 2008;

Fülöp; Larbi; Witkowski, 2019). Uma de suas principais causas é o acúmulo de células senescentes, decorrente da menor eficiência da vigilância imunológica em eliminá-las. Essas células secretam de forma contínua moléculas pró-inflamatórias e pró-tumorais, o chamado fenótipo secretor associado a senescência (Burton; Stolzing, 2018), que contribui para o maior risco de doenças crônicas em idosos (Figura 3).

Embora relativamente estável na vida adulta, a microbiota está submetida, com o envelhecimento, a alterações de composição e função associadas à redução da diversidade microbiana (Badal et al., 2020). Como o microbioma participa do funcionamento adequado do sistema imunológico, o combate à disbiose relacionada à idade representa uma estratégia promissora para prevenir o declínio das respostas imunes (Bosco; Noti, 2021), sobretudo em idosos frágeis ou com pior estado nutricional, nos quais esse declínio é mais acentuado (Gao et al., 2024; Calder et al., 2022).

A microbiota também influencia a massa e a função do músculo esquelético por meio do eixo intestino-músculo, mediado por metabólitos como os AGCC. A disbiose associada à inflamação crônica de baixo grau contribui para a fragilidade e a perda de funcionalidade muscular, de modo que a modulação da microbiota representa uma via promissora de intervenção para reduzir o risco de sarcopenia e promover a longevidade (Tseng; Wu, 2025).

Figura 3 – Papel central da inflamação crônica de baixo grau nas condições crônicas do envelhecimento.



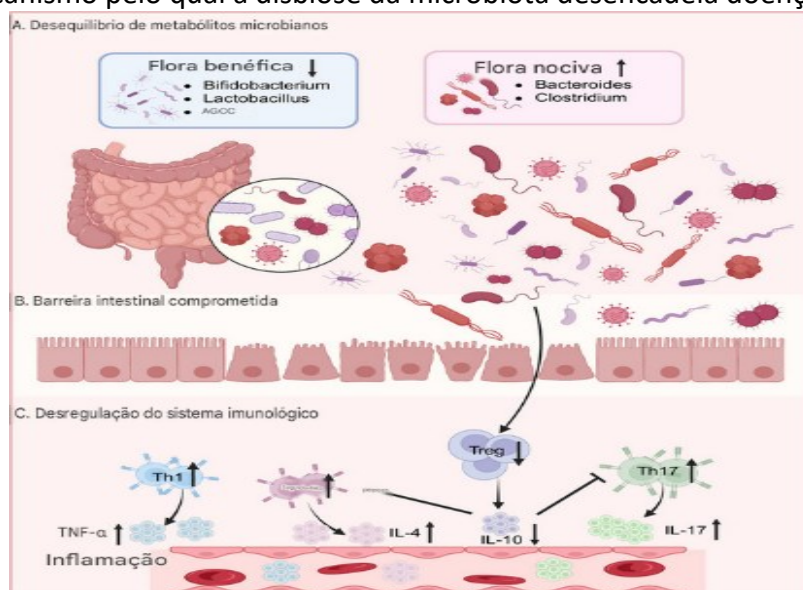
Fonte: Calder et al. (2022).

2.4. DISBIOSE INTESTINAL E SUAS IMPLICAÇÕES PARA A SAÚDE

Disbiose é definido como um desequilíbrio da microbiota intestinal, sendo a base patológica de várias doenças. Os principais meios patogênicos são a deterioração da função da barreira da mucosa intestinal, o surgimento da inflamação, a desregulação imunológica e desequilíbrios metabólicos (Shen et al., 2025). Nesse contexto, o intestino humano possui uma permeabilidade permitindo que os nutrientes passem ao mesmo tempo que mantem sua função de barreira com o objetivo de evitar que elementos nocivos saiam do intestino e se espalhem pelo corpo. Com isso, quando a microbiota se desregula acaba levando ao crescimento da permeabilidade intestinal, denominado “intestino permeável” provocando o desenvolvimento de doenças gastrointestinais e sistêmicas (Shen et al., 2025). Com o avanço da idade, a microbiota intestinal sofre alterações em sua composição tendendo a um perfil pró-inflamatório e a perda de microrganismos comensais benéficos (Claesson et al., 2012; Rampelli et al., 2013).

Essas alterações aumentam a permeabilidade intestinal e a exposição sistêmica aos Padrões Moleculares Associados a Patógenos (PAMPs) microbianos prolongando a inflamação (Thevaranjan et al., 2017; Biragyn; Ferrucci, 2018). Ao gerar essa disbiose, isso vai prejudicar a integridade da barreira intestinal ocasionando um aumento da permeabilidade e gerando a translocação de compostos microbianos, como por exemplo os lipopolissacarídeos (LPS) via circulação (Li et al., 2022; Biragyn; Ferrucci, 2018). Os LPS e derivados microbianos irão impulsionar os receptores TLR, gerando a produção de citocinas sistêmicas como TNF- α , IL-6 e IL-1 β proporcionando um estado pró-inflamatório crônico específico do *inflammaging* (Li et al., 2022; Ferrucci; Fabbri, 2018). Nisso, a disbiose vai comprometer a função das células imunológicas, diminuindo a capacidade das células mieloides de destruir células senescentes ou apoptóticas aumentando ainda mais a inflamação (Karpuzoglu; Holladay; Gogal, 2025). O aumento de proteobactérias, frequentemente associado à disbiose, está relacionado ao desenvolvimento de doenças crônicas como diabetes, doenças cardiovasculares e Doença Hepática Esteatótica Associada à disfunção metabólica (DHEADM). Isso ocorre porque bactérias desse filo estimulam a produção de LPS, ativando o sistema imunológico e intensificando processos inflamatórios crônicos, comprometendo a saúde do hospedeiro e acelerando o envelhecimento (Belkaid; Hand, 2014; Jacobson; Choudhury; Fischbach, 2018; Tsai et al., 2019) (Figura 4).

Figura 4 – Mecanismo pelo qual a disbiose da microbiota desencadeia doenças inflamatórias



Fonte: Shen et al. (2025).

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A literatura analisada evidencia que a alimentação exerce importante influência sobre a composição e a funcionalidade da microbiota intestinal, podendo contribuir para a saúde ao longo do envelhecimento. Padrões alimentares ricos em fibras e alimentos de origem vegetal favorecem microrganismos e metabólitos associados à integridade da barreira intestinal e à modulação da inflamação, enquanto padrões alimentares ocidentais podem favorecer a disbiose e processos pró-inflamatórios.

Nesse contexto, a manutenção de uma microbiota intestinal equilibrada, por meio de hábitos alimentares adequados, apresenta-se como uma estratégia relevante para a promoção do envelhecimento saudável. Entretanto, são necessários mais estudos para compreender a complexa interação entre dieta, microbiota, inflamação e longevidade e estabelecer estratégias nutricionais mais específicas.

REFERÊNCIAS

- ABDALQADIR, Nyan; ADELI, Khosrow. GLP-1 and GLP-2 orchestrate intestine integrity, gut microbiota, and immune system crosstalk. **Microorganisms**, v. 10, n. 10, p. 2061, 2022. DOI: 10.3390/microorganisms10102061.
- BADAL, Varsha D. et al. The gut microbiome, aging, and longevity: a systematic review. **Nutrients**, v. 12, n. 12, p. 3759, 2020. DOI: 10.3390/nu12123759.
- BELKAID, Yasmine; HAND, Timothy W. Role of the microbiota in immunity and inflammation. **Cell**, v. 157, n. 1, p. 121–141, 2014. DOI: 10.1016/j.cell.2014.03.011.

- BIRAGYN, Arya; FERRUCCI, Luigi. Gut dysbiosis: a potential link between increased cancer risk in ageing and inflammaging. **The Lancet Oncology**, v. 19, n. 6, p. 295–304, 2018. DOI: 10.1016/S1470-2045(18)30095-0.
- BOLTE, Laura A. et al. Long-term dietary patterns are associated with pro-inflammatory and anti-inflammatory features of the gut microbiome. **Gut**, v. 70, n. 7, p. 1287–1298, 2021. DOI: 10.1136/gutjnl-2020-322670.
- BOSCO, Nabil; NOTI, Mario. The aging gut microbiome and its impact on host immunity. **Genes & Immunity**, v. 22, n. 5–6, p. 289–303, 2021. DOI: 10.1038/s41435-021-00126-8.
- BURTON, Dominick G. A.; STOLZING, Alexandra. Cellular senescence: immunosurveillance and future immunotherapy. **Ageing Research Reviews**, v. 43, p. 17–25, 2018. DOI: 10.1016/j.arr.2018.02.001.
- CALDER, Philip C. et al. Nutrition, immunosenescence, and infectious disease: an overview of the scientific evidence on micronutrients and on modulation of the gut microbiota. **Advances in Nutrition**, v. 13, n. 5, p. 1–26, 2022. DOI: 10.1093/advances/nmac052.
- CLAESSON, Marcus J. et al. Gut microbiota composition correlates with diet and health in the elderly. **Nature**, v. 488, n. 7410, p. 178–184, 2012. DOI: 10.1038/nature11319.
- CONLON, Michael; BIRD, Anthony. The impact of diet and lifestyle on gut microbiota and human health. **Nutrients**, v. 7, n. 1, p. 17–44, 2015. DOI: 10.3390/nu7010017.
- CRONIN, Peter et al. Dietary fibre modulates the gut microbiota. **Nutrients**, v. 13, n. 5, p. 1655, 2021. DOI: 10.3390/nu13051655.
- CROOKE, Stephen N. et al. Immunosenescence: a systems-level overview of immune cell biology and strategies for improving vaccine responses. **Experimental Gerontology**, v. 124, p. 110632, 2019. DOI: 10.1016/j.exger.2019.110632.
- DJEKIC, Demir et al. Effects of a vegetarian diet on cardiometabolic risk factors, gut microbiota, and plasma metabolome in subjects with ischemic heart disease: a randomized, crossover study. **Journal of the American Heart Association**, v. 9, n. 18, e016518, 2020. DOI: 10.1161/JAHA.120.016518.
- DORON, Itai et al. Human gut mycobiota tune immunity via CARD9-dependent induction of anti-fungal IgG antibodies. **Cell**, v. 184, n. 4, p. 1017–1031.e14, 2021. DOI: 10.1016/j.cell.2021.01.016.
- FERENC, Katarzyna et al. Modulation of the gut microbiota by nutrition and its relationship to epigenetics. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 25, n. 2, p. 1228, 2024. DOI: 10.3390/ijms25021228.
- FERRUCCI, Luigi; FABBRI, Elisa. Inflammaging: chronic inflammation in ageing, cardiovascular disease, and frailty. **Nature Reviews Cardiology**, v. 15, n. 9, p. 505–522, 2018. DOI: 10.1038/s41569-018-0064-2.

- FRANCESCHI, Claudio. Inflamação crônica como uma característica importante dos idosos: pode ser prevenida ou curada? **Nutrition Reviews**, v. 65, p. 173–176, 2008. DOI: 10.1111/j.1753-4887.2007.tb00358.x.
- FÜLÖP, Tamàs; LARBI, Anis; WITKOWSKI, Jacek M. Human inflammaging. **Gerontology**, v. 65, n. 5, p. 495–504, 2019. DOI: 10.1159/000497375.
- GAO, Haoyu et al. Age-associated changes in innate and adaptive immunity: role of the gut microbiota. **Frontiers in Immunology**, v. 15, p. 1421062, 2024. DOI: 10.3389/fimmu.2024.1421062.
- GARCIA-MANTRANA, Izaskun et al. Shifts on gut microbiota associated to Mediterranean diet adherence and specific dietary intakes on general adult population. **Frontiers in Microbiology**, v. 9, p. 890, 2018. DOI: 10.3389/fmicb.2018.00890.
- GARCÍA-MONTERO, Cielo et al. Nutritional components in Western diet versus Mediterranean diet at the gut microbiota–immune system interplay: implications for health and disease. **Nutrients**, v. 13, n. 2, p. 699, 2021. DOI: 10.3390/nu13020699.
- GHIBOUB, Mohammed et al. Nutritional therapy to modulate tryptophan metabolism and aryl hydrocarbon-receptor signaling activation in human diseases. **Nutrients**, v. 12, n. 9, p. 2846, 2020. DOI: 10.3390/nu12092846.
- GHOSH, Tarini Shankar; SHANAHAN, Fergus; O'TOOLE, Paul W. The gut microbiome as a modulator of healthy ageing. **Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology**, v. 19, n. 9, p. 565–584, 2022. DOI: 10.1038/s41575-022-00605-x.
- GONÇALVES, Mara Andreia Pereira. *Microbiota – implicações na imunidade e no metabolismo*. 2014. 53 f. Universidade Fernando Pessoa, Instituto de Ciências Farmacêuticas, 2014. Acesso em: 15 maio 2026.
- HUANG, Hui et al. The mycobiome as integral part of the gut microbiome: crucial role of symbiotic fungi in health and disease. **Gut Microbes**, v. 16, n. 1, p. 2440111, 2024. DOI: 10.1080/19490976.2024.2440111.
- JACOBSON, Amy N.; CHOUDHURY, Biswa P.; FISCHBACH, Michael A. The biosynthesis of lipooligosaccharide from *Bacteroides thetaiotaomicron*. **mBio**, v. 9, n. 2, p. 1–14, 2018. DOI: 10.1128/mBio.02289-17.
- KARPUZOGLU, Ebru; HOLLADAY, Steven D.; GOGAL JR., Robert M. Inflammaging: triggers, molecular mechanisms, immunological consequences, sex differences, and cutaneous manifestations. **Frontiers in Immunology**, v. 16, p. 1–19, 2025. DOI: 10.3389/fimmu.2025.1704203.
- KOETH, Robert A. et al. L-Carnitine in omnivorous diets induces an atherogenic gut microbial pathway in humans. **Journal of Clinical Investigation**, v. 129, n. 1, p. 373–387, 2019. DOI: 10.1172/JCI94601.

- LEEMING, Emily R. et al. Effect of diet on the gut microbiota: rethinking intervention duration. **Nutrients**, v. 11, n. 12, p. 2862, 2019. DOI: 10.3390/nu11122862.
- LI, Jie et al. Gut microbiota dysbiosis as an inflammaging condition that regulates obesity-related retinopathy and nephropathy. **Frontiers in Microbiology**, v. 13, p. 1040846, 2022. DOI: 10.3389/fmicb.2022.1040846.
- MERRA, Giuseppe et al. Influence of Mediterranean diet on human gut microbiota. **Nutrients**, v. 13, n. 1, p. 7, 2021. DOI: 10.3390/nu13010007.
- NARULA, Neeraj et al. Association of ultra-processed food intake with risk of inflammatory bowel disease: prospective cohort study. **BMJ**, v. 374, p. n1554, 2021. DOI: 10.1136/bmj.n1554.
- ODAMAKI, Toshitaka et al. Age-related changes in gut microbiota composition from newborn to centenarian: a cross-sectional study. **BMC Microbiology**, v. 16, n. 1, p. 90, 2016. DOI: 10.1186/s12866-016-0708-5.
- POTRYKUS, Marta et al. Intestinal microbiota as a contributor to chronic inflammation and its potential modifications. **Nutrients**, v. 13, n. 11, p. 3839, 2021. DOI: 10.3390/nu13113839.
- RAIMONDI, Stefano et al. Longitudinal survey of fungi in the human gut: ITS profiling, phenotyping, and colonization. **Frontiers in Microbiology**, v. 10, p. 1575, 2019. DOI: 10.3389/fmicb.2019.01575.
- RAMPELLI, Simone et al. Functional metagenomic profiling of intestinal microbiome in extreme ageing. **Ageing**, v. 5, n. 12, p. 902–912, 2013. DOI: 10.18632/aging.100623.
- RANDENI, Nidesha; BORDIGA, Matteo; XU, Baojun. A comprehensive review of the triangular relationship among diet–gut microbiota–inflammation. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 25, n. 17, p. 9366, 2024. DOI: 10.3390/ijms25179366.
- RINNINELLA, Emanuele et al. What is the healthy gut microbiota composition? A changing ecosystem across age, environment, diet, and diseases. **Microorganisms**, v. 7, n. 1, p. 14, 2019. DOI: 10.3390/microorganisms7010014.
- RIVERA-CHÁVEZ, Fabian et al. Depletion of butyrate-producing Clostridia from the gut microbiota drives an aerobic luminal expansion of Salmonella. **Cell Host & Microbe**, v. 19, n. 4, p. 443–454, 2016. DOI: 10.1016/j.chom.2016.03.004.
- RODRIGUES MALTA, Matheus et al. Longevidade e nutrição: estratégias dietéticas para o envelhecimento saudável e prevenção de doenças crônicas. **Revista Remecs**, v. 10, n. 16, p. 217–227, 2025. DOI: 10.24281/remecs2025.10.16.217.
- SCHOULTZ, Ida et al. Gut microbiota development across the lifespan: disease links and health-promoting interventions. **Journal of Internal Medicine**, v. 297, n. 6, p. 560–583, 2025. DOI: 10.1111/joim.20089.

- SELMA-ROYO, Marta et al. Shaping microbiota during the first 1000 days of life. **Advances in Experimental Medicine and Biology**, p. 3–24, 2019. DOI: 10.1007/5584_2018_312.
- SHEN, Yao et al. Gut microbiota dysbiosis: pathogenesis, diseases, prevention, and therapy. **MedComm**, v. 6, n. 5, p. 1–40, 2025. DOI: 10.1002/mco2.70168.
- THEVARANJAN, Netusha et al. Age-associated microbial dysbiosis promotes intestinal permeability, systemic inflammation, and macrophage dysfunction. **Cell Host & Microbe**, v. 21, n. 4, p. 455–466, 2017. DOI: 10.1016/j.chom.2017.03.002.
- TSAI, Yu-Ling et al. Probiotics, prebiotics and amelioration of diseases. **Journal of Biomedical Science**, v. 26, n. 1, p. 1–8, 2019. DOI: 10.1186/s12929-018-0493-6.
- TSENG, Ching-Hung; WU, Chun-Ying. From dysbiosis to longevity: a narrative review into the gut microbiome's impact on aging. **Journal of Biomedical Science**, v. 32, n. 1, p. 1–22, 2025. DOI: 10.1186/s12929-025-01179-x.
- TSUKUDA, Naoki et al. Key bacterial taxa and metabolic pathways affecting gut short-chain fatty acid profiles in early life. **The ISME Journal**, v. 15, n. 9, p. 2574–2590, 2021. DOI: 10.1038/s41396-021-00937-7.
- VAN SOEST, Annick P. M. et al. Associations between pro- and anti-inflammatory gastro-intestinal microbiota, diet, and cognitive functioning in Dutch healthy older adults: the NU-AGE study. **Nutrients**, v. 12, n. 11, p. 3471, 2020. DOI: 10.3390/nu12113471.
- VENEGAS, Daniela P. et al. Short chain fatty acids (SCFAs)-mediated gut epithelial and immune regulation and its relevance for inflammatory bowel diseases. **Frontiers in Immunology**, v. 10, p. 277, 2019. DOI: 10.3389/fimmu.2019.00277.
- VERMA, Anjali et al. Short-chain fatty acid (SCFA) as a connecting link between microbiota and gut-lung axis: a potential therapeutic intervention to improve lung health. **ACS Omega**, v. 9, n. 13, p. 14648–14671, 2024. DOI: 10.1021/acsomega.3c05846.
- ZAREIAN, Nahid et al. Triggering of Toll-like receptors in old individuals: relevance for vaccination. **Current Pharmaceutical Design**, v. 25, n. 39, p. 4163–4167, 2019. DOI: 10.2174/1381612825666191111155800.
- ZEPPA, Sabrina Donati et al. Interventions on gut microbiota for healthy aging. **Cells**, v. 12, n. 1, p. 34, 2023. DOI: 10.3390/cells12010034.
- ZHANG, Li et al. The role of gut mycobiome in health and diseases. **Therapeutic Advances in Gastroenterology**, v. 14, p. 17562848211047130, 2021. DOI: 10.1177/17562848211047130.
- ZHANG, Man et al. Bidirectional interaction of nobiletin and gut microbiota in mice fed with a high-fat diet. **Food & Function**, v. 12, n. 8, p. 3516–3526, 2021. DOI: 10.1039/D1FO00126D.

CAPÍTULO XIII

MECANISMOS FISIOLÓGICOS DOS ANÁLOGOS DO PEPTÍDEO SEMELHANTE AO GLUCAGON-1 (GLP 1) E SUAS IMPLICAÇÕES NO COMPORTAMENTO ALIMENTAR

PHYSIOLOGICAL MECHANISMS OF GLUCAGON-LIKE PEPTIDE-1 (GLP1) ANALOGUES AND THEIR IMPLICATIONS FOR EATING BEHAVIOR

DOI: 10.51859/ampla.cnc6385-13

Brunna Macêdo Torres¹

Maria Beatriz Cadena Gusmão¹

Malena Izabelle Teixeira Trindade¹

Michelle Maria Barreto de Souza²

¹ Discente do curso de Nutrição. Centro Universitário Maurício de Nassau.

² Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal da Paraíba - UFPB.

RESUMO

A obesidade e o Diabetes Mellitus Tipo 2 (DM2) constituem desafios globais de saúde pública associados à elevada morbimortalidade. O sistema incretínico, mediado principalmente pelo peptídeo semelhante ao glucagon tipo 1 (GLP-1), regula a homeostase glicêmica e o comportamento alimentar. Produzido pelas células L intestinais, o GLP-1 estimula a secreção de insulina de forma dependente da glicose, inibe o glucagon, retarda o esvaziamento gástrico e promove saciedade, atuando também no sistema nervoso central. Sua meia-vida curta motivou o desenvolvimento de agonistas do receptor de GLP-1 (arGLP-1), como semaglutida, liraglutida, dulaglutida e exenatida, que mimetizam o hormônio endógeno com maior estabilidade. Esta revisão narrativa da literatura, baseada em estudos fisiológicos, ensaios clínicos randomizados (programas STEP, SCALE, LEADER e SUSTAIN-6) e revisões sistemáticas, sintetiza os mecanismos e efeitos desses fármacos. Os arGLP-1 ligam-se aos receptores pancreáticos, gastrointestinais e cerebrais, melhorando o controle glicêmico, com redução de HbA1c entre 1,0% e 1,8% e baixo risco de hipoglicemia. Promovem perda de peso clinicamente significativa (5–17%), decorrente do aumento da saciedade, redução da fome e modulação de circuitos de recompensa. Também reduzem o consumo de alimentos altamente palatáveis e a alimentação

emocional e impulsiva. Ensaios cardiovasculares demonstraram redução de eventos maiores, como infarto e acidente vascular cerebral, contribuindo para melhores desfechos clínicos e qualidade de vida dos pacientes. Assim, os arGLP-1 oferecem abordagem multidimensional, integrando aspectos metabólicos, comportamentais e cardiovasculares, consolidando-se como estratégia terapêutica central no manejo contemporâneo do DM2 e da obesidade.

Palavras-chave: Homeostase glicêmica. Receptor do peptídeo semelhante ao glucagon-1. Sistema incretínico. Controle hedônico da alimentação. Modulação de circuitos dopaminérgicos.

ABSTRACT

Obesity and type 2 diabetes mellitus (T2DM) are global public health challenges associated with high morbidity and mortality. The incretin system, mediated primarily by glucagon-like peptide-1 (GLP-1), regulates glycemic homeostasis and eating behavior. Produced by intestinal L cells, GLP-1 stimulates glucose-dependent insulin secretion, inhibits glucagon, slows gastric emptying, and promotes satiety, while also acting on the central nervous system. Its short half-life has driven the development of GLP-1 receptor agonists (GLP-1RAs), such as semaglutide, liraglutide, dulaglutide, and exenatide, which mimic the endogenous

hormone with greater stability. This narrative literature review, based on physiological studies, randomized clinical trials (the STEP, SCALE, LEADER, and SUSTAIN-6 programs), and systematic reviews, summarizes the mechanisms and effects of these drugs. arGLP-1s bind to pancreatic, gastrointestinal, and brain receptors, improving glycemic control with a reduction in HbA1c of 1.0% to 1.8% and a low risk of hypoglycemia. They promote clinically significant weight loss (5–17%), resulting from increased satiety, reduced hunger, and modulation of reward circuits. They also reduce the consumption of highly palatable foods and emotional and impulsive eating. Cardiovascular

trials have demonstrated a reduction in major events, such as heart attacks and strokes, contributing to better clinical outcomes and quality of life for patients. Thus, GLP-1 receptor agonists offer a multidimensional approach, integrating metabolic, behavioral, and cardiovascular aspects, and have established themselves as a central therapeutic strategy in the contemporary management of type 2 diabetes and obesity.

Keywords: Glucose homeostasis. Glucagon-like peptide-1 receptor. Incretin system. Hedonic control of eating. Modulation of dopaminergic circuits.

1. INTRODUÇÃO

A obesidade e o Diabetes Mellitus Tipo 2 (DM2) figuram entre os principais desafios de saúde pública da atualidade, com prevalência crescente em escala global e forte associação a complicações cardiovasculares, metabólicas e à elevação da morbimortalidade (Who,2025). Diante desse cenário, a compreensão dos mecanismos fisiológicos que regulam a homeostase glicêmica e o comportamento alimentar tornou-se central para o desenvolvimento de estratégias terapêuticas mais eficazes (Neumiller, 2009).

Nesse contexto, o sistema incretínico, em particular, o peptídeo semelhante ao glucagon tipo 1 (GLP-1), desempenha papel de destaque. Produzido pelas células L intestinais, o GLP-1 atua de forma multidimensional: estimula a secreção de insulina de maneira glicose-dependente, inibe o glucagon, retarda o esvaziamento gástrico e promove saciedade, além de exercer efeitos diretos sobre áreas cerebrais envolvidas no controle homeostático e hedônico da alimentação (Klausen et al.,2022). Contudo, sua meia-vida extremamente curta, decorrente da rápida degradação pela enzima DPP-4, limitou por muito tempo seu potencial terapêutico direto, o que impulsionou o desenvolvimento de agonistas sintéticos do receptor de GLP-1 (arGLP-1) com maior estabilidade e ação prolongada (Abbasi,2026).

Embora os efeitos metabólicos dos arGLP-1 sobre o controle glicêmico já estejam bem estabelecidos na literatura, suas implicações sobre o comportamento alimentar, incluindo a modulação de circuitos de recompensa, a redução da alimentação emocional e impulsiva e o impacto sobre preferências alimentares, ainda demandam uma síntese integrada que articule os achados fisiológicos aos resultados de ensaios clínicos de grande porte (Alfaris et al., 2024).

Diante disso, este capítulo tem como objetivo revisar, de forma narrativa, os mecanismos fisiológicos dos agonistas do receptor de GLP-1 e suas implicações no comportamento alimentar, com base em estudos fisiológicos, ensaios clínicos randomizados (programas STEP, SCALE, LEADER e SUSTAIN-6) e revisões sistemáticas. O texto está organizado em três seções principais: a primeira aborda a fisiologia do sistema incretínico e os mecanismos de ação dos arGLP-1; a segunda discute seus efeitos sobre o controle glicêmico, o peso corporal e o comportamento alimentar; e a terceira explora os aspectos neuromoduladores, o impacto em fatores emocionais e sociais, e as perspectivas terapêuticas futuras dessa classe farmacológica.

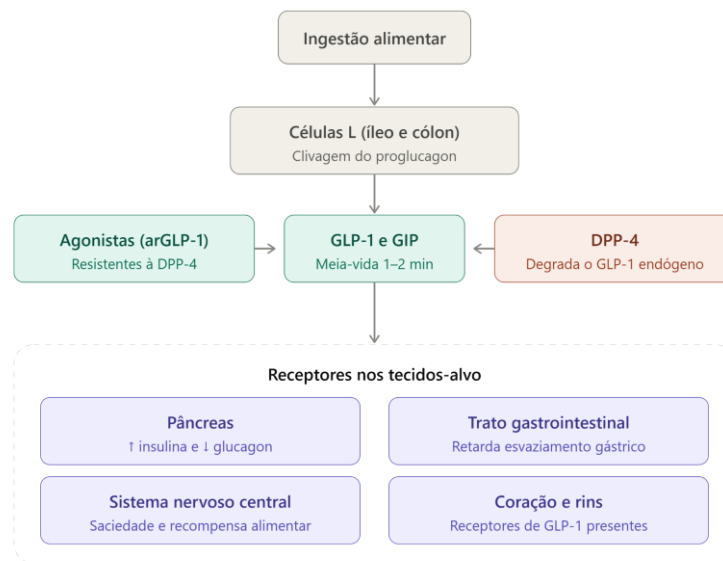
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. FISIOLOGIA DO SISTEMA INCRETÍNICO, GLP-1 E MECANISMOS DE AÇÃO DOS AGONISTAS DO RECEPTOR DE GLP-1

O sistema incretínico regula a homeostase glicêmica por meio dos hormônios GIP e GLP-1, liberados pelo trato gastrointestinal em resposta à ingestão alimentar (Klausen et al., 2022). O GLP-1, produzido pela clivagem do proglucagon e secretado pelas células L do íleo distal e cólon, estimula a secreção de insulina de forma dependente da glicose, inibe o glucagon, retarda o esvaziamento gástrico e promove saciedade, atuando também no sistema nervoso central. Sua meia-vida endógena extremamente curta (1–2 minutos), decorrente da degradação pela DPP-4, motivou o desenvolvimento de análogos sintéticos resistentes a essa enzima (Kuthati; Davuluri; Wong, 2025).

Os agonistas do receptor de GLP-1 (arGLP-1), como semaglutida, liraglutida, dulaglutida e exenatida, mimetizam o hormônio endógeno e ligam-se seletivamente aos receptores presentes no pâncreas, trato gastrointestinal, coração, rins e sistema nervoso central. No pâncreas, aumentam a secreção de insulina e inibem o glucagon de modo glicose-dependente; no trato gastrointestinal, retardam o esvaziamento gástrico; e no sistema nervoso central, modulam apetite e recompensa alimentar (Seino; Fukushima; Yabe, 2010).

Figura 1: Eixo incretínico GLP-1/GIP: liberação pelas células L intestinais, degradação pela DPP-4, resistência dos agonistas de GLP-1 (arGLP-1) a essa degradação, e atuação sobre receptores no pâncreas, trato gastrointestinal, sistema nervoso central, coração e rins.



Fonte: Autoria própria.

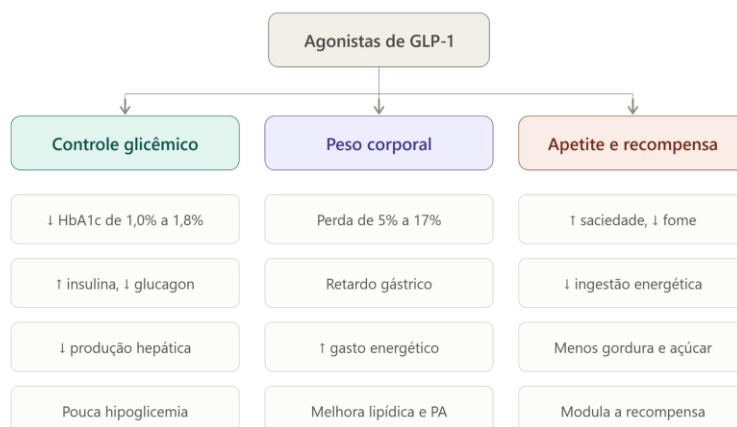
2.2. EFEITOS DOS AGONISTAS DO GLP-1 NO CONTROLE GLICÊMICO, PESO CORPORAL E COMPORTAMENTO ALIMENTAR

No Diabetes Mellitus Tipo 2, os arGLP-1 melhoram o controle glicêmico ao estimular a insulina de forma dependente da glicose e inibir o glucagon, reduzindo a produção hepática de glicose, com baixo risco de hipoglicemia e potencial de preservação da função das células beta (Mariam et al., 2024). Esses ensaios clínicos demonstram reduções de HbA1c entre 1,0% e 1,8%.

Um diferencial relevante é a promoção de perda de peso clinicamente significativa (5–17% em programas como STEP e SCALE), decorrente do retardo do esvaziamento gástrico, da ação central sobre o apetite e de possíveis efeitos no gasto energético (Alfaris et al., 2024). Esses resultados associam-se a melhorias no perfil metabólico, lipídico e pressórico.

No comportamento alimentar, os arGLP-1 aumentam a saciedade, reduzem a fome e a ingestão energética total, e alteram preferências alimentares, com menor consumo de alimentos ricos em gorduras e açúcares, pela modulação de circuitos de recompensa (Park et al., 2025). Revisões sistemáticas de ensaios clínicos randomizados confirmam essas mudanças em adultos com obesidade.

Figura 2: Principais efeitos terapêuticos dos agonistas de receptor de GLP-1 (arGLP-1) sobre controle glicêmico, peso corporal, apetite e recompensa alimentar.



Fonte: Autoria própria.

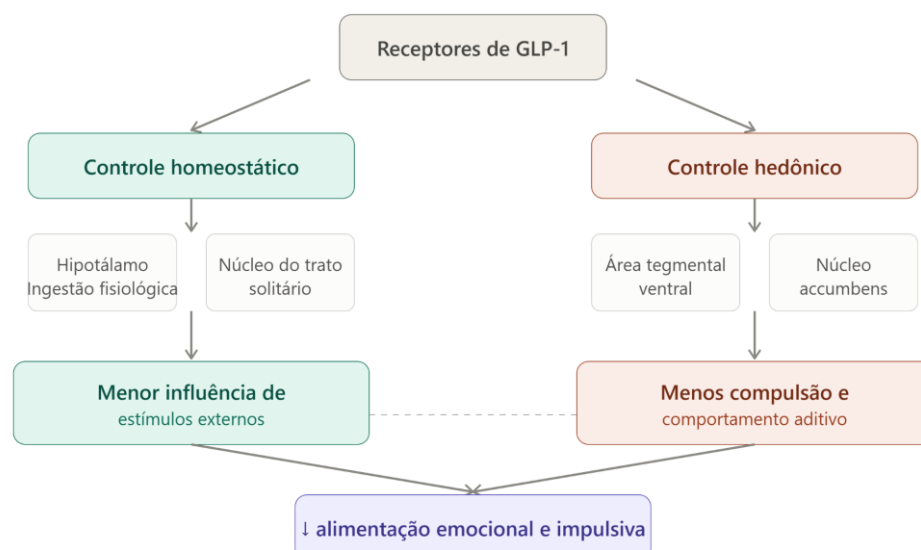
2.3. ASPECTOS NEUROMODULADORES, IMPACTO EM FATORES EMOCIONAIS E SOCIAIS, AVANÇOS TERAPÊUTICOS E PERSPECTIVAS FUTURAS

Os receptores de GLP-1 estão expressos em regiões cerebrais envolvidas no controle homeostático e hedônico da alimentação (hipotálamo, núcleo do trato solitário, área tegmental ventral e núcleo accumbens) (Tongta et al., 2025). Essa ação neuromoduladora reduz o comportamento alimentar impulsivo e a alimentação emocional (induzida por ansiedade, estresse ou tristeza), favorece maior alinhamento entre a ingestão e as necessidades fisiológicas e diminui a influência de estímulos externos. Evidências sugerem ainda modulação de circuitos dopaminérgicos relacionados a comportamentos compulsivos e aditivos, com potencial aplicação no manejo de obesidade associada a transtornos alimentares (Marquez-Meneses et al., 2025).

Os arGLP-1 representam avanço terapêutico integrado no controle glicêmico, redução de peso e modulação do comportamento alimentar (Aldawsari et al., 2023). Novas formulações (semaglutida oral e subcutânea semanal melhoram a adesão, enquanto agonistas dual (GLP-1/GIP, como tirzepatida) e triplos têm demonstrado perdas de peso superiores a 20% (Makkena, HB., 2026). Ensaios de desfechos cardiovasculares (LEADER e SUSTAIN-6) evidenciaram redução de eventos cardiovasculares maiores, consolidando esses fármacos também como agentes cardioprotetores. O contínuo desenvolvimento dessa classe

amplia sua aplicabilidade clínica, posicionando-os como estratégia central no manejo contemporâneo do DM2 e da obesidade (Neumiller, 2009).

Figura 3: Ação dos receptores de GLP-1 sobre os circuitos homeostático e hedônico de controle alimentar, com redução da alimentação emocional e impulsiva.



Fonte: Autoria própria.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os achados reunidos nesta revisão reforçam que o eixo incretínico, e o GLP-1 em particular, ocupa posição central na regulação integrada entre metabolismo glicêmico e comportamento alimentar. Mais do que hormônios coadjuvantes da secreção de insulina, os agonistas do receptor de GLP-1 revelam-se moduladores de circuitos fisiológicos e neurais que conectam saciedade, recompensa e regulação emocional da ingesta, o que explica a amplitude de seus efeitos clínicos observada nos programas STEP, SCALE, LEADER e SUSTAIN-6.

Essa atuação multidimensional distingue os arGLP-1 de terapias hipoglicemiantes convencionais. Ao mesmo tempo em que promovem controle glicêmico robusto e seguro, produzem perda ponderal clinicamente significativa e sustentada, decorrente não apenas de mecanismos periféricos, como o retardo do esvaziamento gástrico, mas também de sua ação sobre áreas cerebrais ligadas ao controle hedônico da alimentação. A redução da alimentação impulsiva e emocional evidenciada na literatura sugere que esses fármacos atuam sobre determinantes comportamentais da obesidade frequentemente negligenciados pelas abordagens terapêuticas tradicionais.

Os desfechos cardiovasculares favoráveis observados nos grandes ensaios ampliam ainda mais o alcance clínico dessa classe, deslocando-a de uma função estritamente antidiabética para a de estratégia integrada de redução de risco cardiometabólico. Nesse sentido, os resultados discutidos ao longo deste capítulo sustentam a compreensão dos arGLP-1 como ferramenta terapêutica multifuncional, e não apenas como mais uma opção farmacológica no manejo do DM2 e da obesidade.

O avanço de formulações mais convenientes e de moléculas com ação dupla e tripla (GLP-1/GIP e além) indica que essa classe farmacológica segue em expansão, com potencial de redefinir o manejo clínico da obesidade e suas comorbidades nos próximos anos. Compreender seus mecanismos de ação em profundidade, inclusive os de natureza comportamental e neuromoduladora explorados nesta revisão, é, portanto, condição necessária para o uso racional e a otimização terapêutica dessa classe emergente.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à UNINASSAU, pela estrutura oferecida ao longo do curso, e à professora orientadora Michelle Maria Barreto de Souza, pela orientação e acompanhamento na construção deste capítulo.

REFERÊNCIAS

- ABBASI, Mehrnaz; SUN, Kai; HUGGINS, Kevin W.; *et al.* Advances in GLP-1 receptor agonists delivery systems for obesity and diabetes. **Acta Pharmaceutica Sinica B**, v. 16, n. 5, p. 2682–2710, 2026. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2211383526000729>>. Acesso em: 21 set. 2026.
- ALDAWSARI, M. et al. The efficacy of GLP-1 analogues on appetite parameters, gastric emptying, food preference and taste among adults with obesity: systematic review of randomized controlled trials. **Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity**, v. 16, p. 575–595, mar. 2023. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.2147/dmso.s387116>. Acesso em: 15 mar. 2026.
- ALFARIS, N. et al. GLP-1 single, dual, and triple receptor agonists for treating type 2 diabetes and obesity: a narrative review. **eClinicalMedicine**, v. 75, p. 102782, set. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.eclinm.2024.102782>. Acesso em: 15 mar. 2026.
- KLAUSEN, M. K. et al. The role of glucagon-like peptide 1 (GLP-1) in addictive disorders. **British Journal of Pharmacology**, v. 179, n. 4, p. 625–641, fev. 2022. Disponível

em:<https://bpspubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/bph.15677>. Acesso em: 20 mar. 2026.

KUTHATI, Yaswanth; DAVULURI, Venkata Naga Goutham; WONG, Chih-Shung. Therapeutic Effects of GLP-1 Receptor Agonists and DPP-4 Inhibitors in Neuropathic Pain: Mechanisms and Clinical Implications. **Biomolecules**, v. 15, n. 5, p. 622, 2025. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2218-273X/15/5/622>>. Acesso em: 21 set. 2026.

MAKKENA, Hima Bindu. Comparative Gynecological Safety of the Dual GIP/GLP-1 Receptor Agonist Tirzepatide vs. the GLP-1 Receptor Agonist Semaglutide: A Real-World Pharmacovigilance Analysis (2022–2025). **Cureus**, 2026. Disponível em: <<https://www.cureus.com/articles/453816-comparative-gynecological-safety-of-the-dual-gipglp-1-receptor-agonist-tirzepatide-vs-the-glp-1-receptor-agonist-semaglutide-a-real-world-pharmacovigilance-analysis-2022-2025>>. Acesso em: 21 set. 2026.

MARIAM, Z.; NIAZI, SK. Agonistas do peptídeo semelhante ao glucagon: uma revisão prospectiva. **Endocrinology, Diabetes & Metabolism**, v. 7, n. 1, p. e462, jan. 2024. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/edm2.462>. Acesso em: 10 mai. 2026.

MARQUEZ-MENESES, Juan David; OLAYA-BONILLA, Santiago Arturo; BARRERA-CARREÑO, Samuel; *et al.* GLP-1 Analogues in the Neurobiology of Addiction: Translational Insights and Therapeutic Perspectives. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 26, n. 11, p. 5338, 2025. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/1422-0067/26/11/5338>>. Acesso em: 21 set. 2026.

NEUMILLER, J. J. Differential chemistry (structure), mechanism of action, and pharmacology of GLP-1 receptor agonists and DPP-4 inhibitors. **Journal of the American Pharmacists Association: JAPhA**, v. 49, supl. 1, p. S16–S29, 2009. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19801361/>. Acesso em: 20 mar. 2026.

PARK, J. S.; KIM, K. S.; CHOI, H. J. Glucagon-Like Peptide-1 and Hypothalamic Regulation of Satiation: Cognitive and Neural Insights from Human and Animal Studies. **Diabetes & Metabolism Journal**, v. 49, n. 3, p. 333–347, 1 maio 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.4093/dmj.2025.0106>. Acesso: 12 mai. 2026.

SEINO, Y.; FUKUSHIMA, M.; YABE, D. GIP e GLP-1, os dois hormônios incretinas: semelhanças e diferenças. **Journal of Diabetes Investigation**, v. 1, n. 1–2, p. 8–23, fev. 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.2040-1124.2010.00022.x>. Acesso em: 20 mar. 2026.

TONGTA, Sujitra; SUNGKAWORN, Titiwat; PATHOMTHONGTAWEECHAI, Nutthapoom. Neurobiological Mechanisms and Therapeutic Potential of Glucagon-like Peptide-1 Receptor Agonists in Binge Eating Disorder: A Narrative Review. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 26, n. 22, p. 10974, 2025. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/1422-0067/26/22/10974>>. Acesso em: 21 set. 2026.

World Health Organization. **Obesity and overweight.** Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>. Acesso em: 20 mar. 2026.

ESTRATÉGIAS NUTRICIONAIS NA PREVENÇÃO DA PERDA DE MASSA MUSCULAR EM PACIENTES EM USO DE TIRZEPATIDA

NUTRITIONAL STRATEGIES FOR PREVENTING MUSCLE MASS LOSS IN PATIENTS USING TIRZEPATIDE

DOI: 10.51859/amplla.cnc6385-14

Maria Clara Lacerda Batista Vaz ¹
Marília Martins da Silva ¹
Michelle Maria Barreto de Souza ²

¹ Discentes do curso de Nutrição. Centro Universitário Maurício de Nassau

² Doutora em Ciência e Tecnologia dos Alimentos e Docente do curso de Nutrição. Centro Universitário Maurício de Nassau.

RESUMO

A tirzepatida é um agonista duplo dos receptores de GIP e GLP-1, utilizado no controle glicêmico e na redução do peso corporal. Apesar de sua eficácia, a perda de peso pode envolver também a redução de massa magra, especialmente quando há diminuição da ingestão alimentar e proteica, efeitos gastrointestinais e baixa prática de exercícios físicos. Sendo assim, este trabalho tem como objetivo analisar as principais estratégias nutricionais e comportamentais para a preservação da massa magra em indivíduos em tratamento com tirzepatida, com ênfase na ingestão proteica, suplementação nutricional e exercício físico. Realizou-se uma revisão bibliográfica de caráter descritivo, com artigos publicados entre 2016 e 2026, pesquisados nas bases PubMed, SciELO, Google Acadêmico e ResearchGate, a partir de descritores relacionados à tirzepatida, massa muscular, sarcopenia, composição corporal, ingestão proteica e treinamento resistido. Os estudos analisados indicam que a perda de peso associada à tirzepatida pode incluir redução de massa magra e que a diminuição da ingestão alimentar pode dificultar o alcance das necessidades proteicas, aumentando o risco de perda muscular. A adequação da ingestão de proteínas, o uso de suplementação nutricional quando necessário e o consumo de proteínas de alto valor biológico, como as do soro do leite, destacam-se como estratégias relevantes que, associadas ao exercício físico, especialmente ao treinamento resistido, podem favorecer a manutenção da massa muscular. Assim, a preservação da massa magra durante o tratamento

com tirzepatida depende de uma abordagem integrada, envolvendo adequada ingestão proteica, acompanhamento nutricional e prática regular de exercícios.

Palavras-chave: Tirzepatida. Massa muscular. Estratégias nutricionais. Ingestão proteica. Agonistas de receptores de GIP/GLP-1.

ABSTRACT

Tirzepatide is a dual agonist of GIP and GLP-1 receptors used for glycemic control and body weight reduction. Despite its efficacy, weight loss may also involve a reduction in lean mass, particularly when accompanied by decreased food and protein intake, gastrointestinal adverse effects, and low levels of physical activity. Therefore, this study aimed to analyze the main nutritional and behavioral strategies for preserving lean mass in individuals undergoing tirzepatide treatment, with an emphasis on protein intake, nutritional supplementation, and physical exercise. A descriptive literature review was conducted, including articles published between 2016 and 2026 and retrieved from the PubMed, SciELO, Google Scholar, and ResearchGate databases, using descriptors related to tirzepatide, muscle mass, sarcopenia, body composition, protein intake, and resistance training. The studies analyzed indicate that weight loss associated with tirzepatide may include a reduction in lean mass and that reduced food intake may make it difficult to meet protein requirements, increasing the risk of muscle loss. Adequate protein intake, the use of nutritional supplementation when necessary, and the

consumption of high-biological-value proteins, such as whey protein, stand out as relevant strategies that, combined with physical exercise, particularly resistance training, may contribute to maintaining muscle mass. Thus, preserving lean mass during tirzepatide treatment requires an integrated approach involving adequate protein intake,

nutritional monitoring, and regular physical exercise.

Keywords: Tirzepatide. Muscle mass. Nutritional strategies. Protein intake. GIP/GLP-1 receptor agonists.

1. INTRODUÇÃO

O excesso de peso e a obesidade representam hoje um dos principais problemas de saúde pública no país, figurando entre as principais causas evitáveis de morte, atrás apenas do tabagismo (Análise temporal, 2024). Segundo o Sistema de Vigilância de Fatores de Risco e Proteção para Doenças Crônicas por Inquérito Telefônico (Vigitel) 2025, divulgado pelo Ministério da Saúde, mais de 60% dos adultos brasileiros apresentam excesso de peso em 2024, sendo que a obesidade sozinha atinge cerca de 26% dessa população, número que dobrou em relação a 2006 (Sbem, 2026).

Esse crescimento vem apresentando uma tendência contínua nas últimas décadas e se destaca sobretudo entre os indivíduos mais jovens, de 18 a 24 anos, indicando que o problema vem surgindo cada vez mais cedo na população (Act, 2026). Sob a perspectiva do avanço da obesidade e de suas complicações associadas, como diabetes e hipertensão, cresce a relevância de investigar alternativas terapêuticas eficazes, entre elas os agonistas duplos dos receptores de GIP/GLP-1, como a tirzepatida.

A tirzepatida (Mounjaro®) representa uma inovação terapêutica relevante no tratamento do diabetes mellitus tipo 2 e da obesidade ao atuar como agonista duplo dos receptores do polipeptídeo insulínico dependente de glicose (GIP) e do peptídeo semelhante ao glucagon tipo 1 (GLP-1) (Rocha et al., 2024). Esse mecanismo é chamado “efeito incretina”, uma via de ação pela qual hormônios intestinais modulam a secreção de insulina após a ingestão alimentar. O GLP-1 e o GIP são hormônios peptídicos secretados por células enteroendócrinas em resposta ao consumo de nutrientes e desempenham papel crucial no metabolismo pós-prandial, melhorando a liberação de insulina estimulada pela glicose no pâncreas (Sokary; Bawadi, 2025).

Embora haja recomendação para o uso desse medicamento pela *American Diabetes Association* (ADA) e autorização pela *European Medicines Agency* (EMA), além de diversos estudos científicos que demonstram sua eficácia no tratamento do diabetes mellitus tipo 2 e

na redução do peso corporal, seus múltiplos mecanismos de ação, como a estimulação da liberação de insulina de maneira dependente da glicose, a redução da secreção de glucagon e a modulação das vias centrais relacionadas ao controle do apetite, da saciedade e da recompensa alimentar, têm contribuído para sua ampla utilização no tratamento dessas condições. Entretanto, o uso do medicamento durante o processo de emagrecimento tem sido associado à redução da massa magra, incluindo a massa muscular esquelética, em indivíduos com sobrepeso ou obesidade, o que evidencia a importância de estratégias que contribuam para a preservação da massa muscular durante a perda de peso (Nunes et al., 2022).

A tirzepatida tem se provado muito eficaz na perda de peso em pacientes obesos e com sobrepeso, mas, apesar de a perda de massa gorda ser majoritária durante o processo, ocorre consequentemente a redução de massa magra. Devido aos seus mecanismos de saciedade e redução do apetite, os pacientes em tratamento têm dificuldade de atingir a quantidade mínima de seus macro e micronutrientes, além de apresentarem sintomas colaterais comuns do medicamento, como náuseas, vômitos e diarreia, que favorecem o desbalanceamento energético-proteico do indivíduo (Arslan et al., 2026). Sendo assim, o presente estudo busca investigar as principais estratégias nutricionais que podem contribuir para a preservação da massa muscular e para a prevenção de sua perda em pacientes em uso de tirzepatida.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. OBESIDADE: DEFINIÇÃO E PANORAMA EPIDEMIOLÓGICO

A obesidade é reconhecida como uma pandemia global, com projeções da *World Obesity Federation* indicando que o número de adultos vivendo com obesidade no mundo deve ultrapassar 1,13 bilhão até 2030 (World Obesity Federation, 2025). O Brasil acompanha essa tendência de forma acentuada: estudo baseado em dados do Vigitel projeta que cerca de 68,1% dos adultos brasileiros estarão com sobrepeso ou obesidade, sendo 29,6% em quadro de obesidade propriamente dita, percentual que representa quase o triplo da prevalência registrada em 2006 (Estivaleti et al., 2022).

A obesidade é definida pelo acúmulo excessivo de tecido adiposo no organismo, estabelecendo-se como um agravante para diversas condições crônicas e complicações à

saúde, como doenças cardiovasculares, diabetes tipo 2, determinados tipos de neoplasias e alterações osteoarticulares (Campos et al., 2025). Sua origem é complexa e multifatorial, envolvendo fatores genéticos, ambientais, comportamentais e fisiológicos. Segundo os dados mais recentes do Vigitel, divulgados pelo Ministério da Saúde em janeiro de 2026, a prevalência de excesso de peso na população adulta brasileira atingiu 62,6% em 2024, enquanto a obesidade isoladamente alcançou 25,7%, o que representa aproximadamente um quarto da população adulta do país (Sbem, 2026).

Nesse cenário, as estratégias convencionais, fundamentadas principalmente na mudança dos hábitos alimentares e na prática regular de exercícios físicos, têm se mostrado insuficientes para o controle da obesidade em nível populacional. Diante disso, ganham destaque os medicamentos capazes de atuar nos mecanismos fisiológicos relacionados ao controle do apetite, da glicemia e do peso corporal, entre eles a tirzepatida, fármaco de ação incretínica que atua simultaneamente sobre os receptores de GIP e GLP-1.

2.2. TIRZEPATIDA: DEFINIÇÃO, FORMULAÇÃO E MECANISMOS HORMONAIS DO GIP E DO GLP-1

A tirzepatida representa um importante avanço na farmacoterapia metabólica por ser o primeiro agonista duplo dos receptores do GIP e do GLP-1 (Nauck; Meier, 2019). Seu desenvolvimento farmacológico baseia-se na intensificação do efeito incretina, mecanismo fisiológico responsável pelo aumento da secreção de insulina após a ingestão oral de nutrientes, o qual pode ser responsável por até 70% da resposta insulínica à glicose oral, demonstrando a relevância metabólica desses hormônios intestinais (Nauck; Meier, 2019).

O GIP e o GLP-1 são hormônios incretínicos produzidos por células enteroendócrinas do intestino delgado em resposta à ingestão alimentar (Liu et al., 2024). Ambos participam da regulação glicêmica, mediante estímulo da liberação de insulina dependente dos níveis glicêmicos, além de promoverem ações metabólicas em tecidos centrais e periféricos. O GIP é secretado pelas células K, enquanto o GLP-1 é produzido pelas células L intestinais. O GLP-1 atua como importante regulador da glicemia, promovendo aumento da secreção de insulina pelas células β pancreáticas, inibição da secreção de glucagon e retardo do esvaziamento gástrico; além disso, exerce efeitos anorexígenos no sistema nervoso central ao estimular neurônios relacionados à saciedade no hipotálamo, reduzindo a ingestão alimentar e favorecendo a perda de peso corporal (Liu et al., 2024). Já o GIP apresenta potente ação insulínica e exerce efeitos relevantes sobre o tecido adiposo, aumentando a captação de

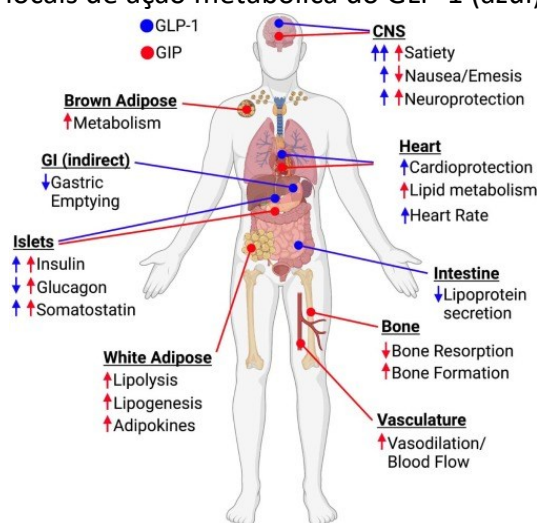
glicose pelos adipócitos, favorecendo o armazenamento lipídico fisiológico e contribuindo para a melhora da sensibilidade à insulina (Liu et al., 2024).

A tirzepatida foi estruturalmente desenvolvida para mimetizar de forma conjunta os efeitos do GIP e do GLP-1, demonstrando elevada afinidade pelos receptores hormonais incretínicos e resistência à degradação pela enzima dipeptidil peptidase-4 (DPP-4), fator que prolonga sua meia-vida plasmática e viabiliza a aplicação subcutânea semanal. Segundo Willard et al. (2020), a adição da farmacologia do GIP à terapia baseada em GLP-1 promove melhora adicional do controle glicêmico por meio de ações combinadas nas células β pancreáticas, melhora da função do tecido adiposo branco e intensificação do efeito anorexígeno mediado pelo sistema nervoso central.

2.3. FISIOPATOLOGIA DA AÇÃO DA TIRZEPATIDA NO ORGANISMO

O diabetes mellitus tipo 2 caracteriza-se por resistência à insulina, disfunção progressiva das células β pancreáticas e comprometimento do sistema incretínico. Em indivíduos com DM2, observa-se redução do efeito incretina, contribuindo para hiperglicemia persistente, aumento da produção hepática de glicose e alterações no metabolismo lipídico (Nauck; Meier, 2019). Nesse contexto, a tirzepatida exerce ação restauradora e intensificadora nas vias incretínicas fisiológicas, mediante a estimulação concomitante dos receptores de GIP e GLP-1. A Figura 1 sintetiza os principais locais de ação metabólica desses hormônios.

Figura 1 – Principais locais de ação metabólica do GLP-1 (azul) e do GIP (vermelho)



Fonte: Campbell et al. (2023).

2.3.1. Atuação no pâncreas

No pâncreas, ambos os hormônios estimulam a secreção de insulina dependente da glicose por meio do aumento intracelular de AMP cíclico (cAMP) e cálcio, potencializando a exocitose dos grânulos de insulina pelas células β pancreáticas (Liu et al., 2024). Paralelamente, o GLP-1 promove supressão da secreção de glucagon em estados de hiperglicemia, reduzindo a gliconeogênese hepática e melhorando o controle glicêmico.

2.3.2. Atuação no sistema nervoso central

A tirzepatida também exerce efeitos importantes sobre o sistema nervoso central. Os receptores de GIP e GLP-1 estão presentes em regiões hipotalâmicas relacionadas ao controle do apetite, especialmente no núcleo arqueado. A ativação dessas vias estimula neurônios anorexígenos POMC/CART e reduz a atividade de neurônios orexígenos NPY/AgRP, promovendo aumento da saciedade e redução da ingestão alimentar (Liu et al., 2024).

2.3.3. Atuação no estômago

O retardo do esvaziamento gástrico decorre principalmente da ação do GLP-1 sobre o trato gastrointestinal, promovendo redução da motilidade antral e aumento do tônus pilórico (Liu et al., 2024). A tirzepatida, por atuar como agonista dos receptores de GLP-1, exerce efeitos sobre receptores presentes no trato gastrointestinal, no nervo vago e no sistema nervoso central, reduzindo os estímulos de contração gástrica responsáveis pelo peristaltismo. Como consequência, ocorre lentificação do trânsito do quimo para o duodeno, promovendo esvaziamento gástrico desacelerado e maior sensação de saciedade prolongada.

Além de reduzir os picos glicêmicos pós-prandiais (Nauck; Meier, 2019), a lentificação da motilidade gástrica está associada aos efeitos adversos gastrointestinais mais frequentes durante o tratamento, como náuseas, vômitos e diarreia.

2.3.4. Atuação no tecido adiposo

No tecido adiposo, o GIP exerce importante função metabólica ao aumentar a expressão da lipase lipoproteica e favorecer a captação de triglicerídeos pelos adipócitos. Associado aos efeitos do GLP-1, ocorre melhora da sensibilidade à insulina, aumento da utilização de glicose e redução do acúmulo ectópico de gordura visceral (Liu et al., 2024).

2.3.5. Atuação no fígado

No fígado, a melhora da sensibilidade insulínica e o aumento da adiponectina reduzem a produção hepática de glicose e favorecem a β -oxidação de ácidos graxos, contribuindo para a melhora da esteatose hepática e do perfil lipídico circulante (Liu et al., 2024).

2.4. FISIOLOGIA DO EMAGRECIMENTO

Paralelamente, os agonistas dos receptores de GLP-1 passaram a ocupar um papel relevante no tratamento contra a obesidade. No entanto, seus benefícios dependem do uso adequado, com acompanhamento e indicação clínica corretos, o que nem sempre tem ocorrido no cenário atual, marcado pela popularização e uso indiscriminado dessas medicações. Revisões sistemáticas recentes demonstram heterogeneidade nos achados sobre o impacto dessas medicações na composição corporal: enquanto alguns estudos apontam que a massa magra pode representar entre 40% e 60% do peso total perdido, outros relatam reduções de 15% ou menos (Neeland et al., 2024).

O peso corporal é modulado por sinais endócrinos periféricos produzidos e liberados pelo trato gastrointestinal, pâncreas e tecido adiposo, integrados principalmente na região hipotalâmica, para regular a ingestão de alimentos e o gasto energético (Sumithran et al., 2011). Vários hormônios, peptídeos e nutrientes estão envolvidos nesse processo homeostático de regulação do peso corporal, passando por alterações após a perda de peso (Sumithran et al., 2011). Entre os principais fatores destacam-se a leptina, cuja produção é controlada pela insulina e que promove a redução do consumo alimentar, o aumento da atuação do sistema nervoso simpático e do gasto energético, e a grelina, que promove a sensação de fome e o acúmulo de tecido adiposo (Romero; Zanesco, 2006). Os agonistas do receptor de GLP-1 aumentam a sensibilidade à insulina e reduzem os níveis de insulina em jejum.

No entanto, sob restrição calórica, essas alterações podem, paradoxalmente, reduzir a sinalização anabólica, prejudicando a síntese proteica (Šantić et al., 2026). A termogênese adaptativa é definida como uma diminuição no gasto energético de repouso (GER) além do que é previsto a partir de mudanças na massa e na composição corporal, e a adaptação metabólica é resultante dessa termogênese adaptativa. A redução de peso é acompanhada da diminuição do GER, que se ajusta para a massa livre de gordura (Ostendorf et al., 2018).

2.5. DÉFICIT ENERGÉTICO INDUZIDO POR UM FÁRMACO

O emagrecimento promovido pela tirzepatida decorre da atuação combinada dos mecanismos centrais e periféricos já descritos, isto é, da supressão do apetite por meio da ativação de vias hipotalâmicas e do retardo do esvaziamento gástrico. A convergência desses mecanismos resulta em ingestão calórica consistentemente inferior ao gasto energético total do indivíduo, instalando um déficit energético crônico e sustentado, mecanismo fisiológico central para a perda de peso observada com o uso do fármaco. Contudo, esse déficit, isoladamente, não discrimina a origem do tecido mobilizado para suprir a demanda energética, podendo recair tanto sobre reservas de tecido adiposo quanto sobre massa muscular esquelética, aspecto que é aprofundado na seção seguinte.

2.6. DÉFICIT PROTEICO INDUZIDO POR UM FÁRMACO

A ingestão adequada de proteína dietética é um determinante central da massa e da força muscular. Um parecer conjunto do *American College of Lifestyle Medicine*, da *American Society for Nutrition*, da *Obesity Medicine Association* e da *The Obesity Society* recomenda que indivíduos que iniciam terapia com agonistas do receptor de GLP-1 (GLP-1RA), particularmente em contexto de restrição calórica, mantenham uma ingestão proteica diária entre 1,2 e 1,6 g/kg de peso corporal ajustado, evitando valores inferiores a 0,4–0,5 g/kg/dia, que favorecem atrofia muscular e comprometimento funcional, assim como ingestões prolongadas iguais ou superiores a 2 g/kg/dia, associadas a potenciais efeitos adversos (Mozaffarian et al., 2025).

Na prática clínica, contudo, essa meta raramente é atingida: apenas 43% dos usuários de GLP-1RA alcançam a ingestão mínima recomendada de 1,2 g/kg/dia, e a média observada em uma coorte foi de 77,3 g/dia, valor consideravelmente abaixo das necessidades estimadas (Johnson et al., 2025). Esse déficit torna-se especialmente crítico quando a ingestão calórica total diminui sem acompanhamento nutricional adequado, situação em que a oferta proteica pode cair abaixo do necessário para sustentar a síntese proteica muscular, particularmente em idosos e em indivíduos que já apresentam consumo proteico insuficiente (Mozaffarian et al., 2025; Johnson et al., 2025; Christensen et al., 2024).

Essa lacuna nutricional torna-se especialmente crítica quando se considera que o tecido muscular esquelético, para além de sua função motora, atua como um órgão metabólico ativo. Ele constitui o principal reservatório de aminoácidos do organismo,

mobilizado em situações de maior demanda metabólica, e participa da regulação da homeostase glicêmica e da modulação das respostas imune e inflamatória, por meio da liberação de mioquinas. Em contextos de estresse fisiológico extremo, como infecções crônicas ou processos inflamatórios sistêmicos, essa reserva proteica e imunomoduladora torna-se determinante para a recuperação do organismo, o que reforça a relevância clínica da preservação da massa muscular em pacientes sob risco de déficit proteico induzido por GLP-1RA.

2.7. ESTRATÉGIAS NUTRICIONAIS VOLTADAS PARA A PREVENÇÃO DA PERDA DE MASSA MAGRA

A utilização da tirzepatida tem se destacado no controle glicêmico e na perda de peso, porém seu uso pode causar efeitos gastrointestinais como náuseas, vômitos, diarreia, constipação e redução do apetite, o que pode comprometer a ingestão nutricional. A menor ingestão reduz a disponibilidade de aminoácidos necessários à síntese proteica, favorecendo o catabolismo e a degradação da massa muscular. Assim, embora a perda de peso seja um objetivo terapêutico, a preservação da massa magra torna-se fundamental. Nesse contexto, estratégias nutricionais voltadas à preservação muscular, incluindo adequada ingestão proteica, suplementação quando indicada e aporte de nutrientes envolvidos na síntese proteica, mostram-se essenciais para minimizar os efeitos do catabolismo e promover melhores desfechos (Braga et al., 2026). A Figura 2 ilustra o tratamento da obesidade com medicamentos incretínicos, com foco na redução da adiposidade e na preservação da massa muscular.

Figura 2 – Tratamento da obesidade com medicamentos incretínicos: redução da adiposidade, controle das complicações e preservação da massa muscular



Fonte: Mechanick et al. (2024).

2.7.1. Adequação da ingestão proteica

Estudos apontam que os pacientes em tratamento com a tirzepatida apresentam consumo reduzido de proteínas diárias devido à diminuição do apetite, resultando em um déficit energético-proteico que pode ser agravado em grupos vulneráveis, culminando em perda funcional e sarcopenia (Braga et al., 2026). Entre as estratégias, destaca-se o aumento da ingestão de proteínas de alto valor biológico: alguns estudos analisados mostram que o consumo diário de proteína superior a 1,3 g/kg/dia já apresenta ótimos resultados na presença de massa magra e na síntese de massa muscular, enquanto o consumo inferior a 1,0 g/kg/dia está associado ao risco de perda de massa muscular. Os principais parâmetros de ingestão proteica descritos na literatura analisada estão sintetizados na Tabela 1.

Tabela 1 – Parâmetros de ingestão proteica para usuários de GLP-1RA

Parâmetro	Valor	Fonte
Ingestão diária recomendada no início da terapia, em restrição calórica	1,2 a 1,6 g/kg de peso corporal ajustado	Mozaffarian et al. (2025)
Ingestão a ser evitada por favorecer atrofia muscular	Inferior a 0,4–0,5 g/kg/dia	Mozaffarian et al. (2025)
Ingestão prolongada associada a potenciais efeitos adversos	Igual ou superior a 2 g/kg/dia	Mozaffarian et al. (2025)
Usuários que alcançam a ingestão mínima recomendada (1,2 g/kg/dia)	43%	Johnson et al. (2025)
Média de ingestão observada em uma coorte	77,3 g/dia	Johnson et al. (2025)

Fonte: Mozaffarian et al. (2025) e Johnson et al. (2025).

2.7.2. Suplementação nutricional oral

Devido aos mecanismos de ação da tirzepatida como retardadora do esvaziamento gástrico, esse mecanismo, que é, por um lado, benéfico no controle da fome, pode ser, por outro lado, um empecilho quando se trata do consumo de nutrientes (Liu et al., 2024). Visto que o paciente reduz drasticamente o consumo de vários alimentos por não sentir fome, além de diminuir as porções ou apresentar saciedade precoce mesmo após o consumo de pequenas quantidades, a suplementação nutricional oral (SNO) de macronutrientes e micronutrientes se torna uma estratégia nutricional alternativa para complementar ou até neutralizar/prevenir deficiências nutricionais, o consumo de nutrientes específicos e, principalmente, de proteína (Mechanick et al., 2024).



2.7.3. Suplementação de proteínas do soro do leite

Visando à importância clínica do consumo proteico em pacientes em tratamento com tirzepatida, as proteínas do soro do leite (PSL) tornam-se uma estratégia nutricional de grande relevância. Por apresentarem elevado valor biológico e serem ricas em aminoácidos essenciais e de cadeia ramificada (BCAAs), especialmente leucina, isoleucina e valina, essas proteínas apresentam potencial para contribuir para a manutenção da massa muscular durante o processo de perda de peso (Johnson et al., 2025). Conhecida popularmente como *whey protein*, a proteína do soro do leite, que inicialmente era considerada um subproduto da fabricação de queijos, tornou-se atualmente um dos suplementos proteicos mais consumidos. Sua composição de aminoácidos e elevada digestibilidade fazem com que seja amplamente utilizada como estratégia para auxiliar no alcance das necessidades proteicas (Boscaini et al., 2023).

Nesse contexto, alguns estudos têm investigado o consumo de proteínas do soro do leite como estratégia nutricional para minimizar a perda de massa muscular durante o processo de emagrecimento. Essa abordagem apresenta particular relevância no contexto do tratamento com tirzepatida, uma vez que a redução do apetite e da ingestão alimentar promovida pelo medicamento pode dificultar o alcance das necessidades diárias de energia e proteína. Dessa forma, a utilização de suplementos proteicos, quando indicada individualmente, pode contribuir para o alcance da meta proteica e para a preservação da massa muscular durante o tratamento (Johnson et al., 2025).

2.7.4. Nutrição associada ao exercício físico

O comportamento sedentário concomitante, entendido não apenas como ausência de exercício estruturado, mas como tempo prolongado em posturas de baixo gasto energético (sentado, reclinado), pode agravar ainda mais o catabolismo muscular observado durante o tratamento com GLP-1RA. Períodos prolongados de inatividade estão associados à resistência anabólica, um estado em que o músculo esquelético apresenta responsividade reduzida a estímulos proteicos e hormonais que normalmente estimulariam a síntese proteica muscular (Gariballa; Al-Bluji; Yasin, 2024).

Esse fenômeno é particularmente preocupante no contexto da perda de peso farmacologicamente induzida, na qual a ingestão calórica e proteica já se encontra reduzida em razão da supressão do apetite: a combinação de baixa disponibilidade de substrato com

inatividade física cria um ambiente metabólico duplamente desfavorável à manutenção da massa magra. Dessa forma, a inatividade não deve ser interpretada como uma condição neutra, mas como um fator de risco ativo e modificável para a sarcopenia associada ao tratamento, o que reforça a necessidade de intervenções que combinem prescrição de exercício estruturado e redução do tempo sedentário, e não apenas recomendações genéricas de “manter-se ativo”.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A tirzepatida representa um avanço significativo no tratamento farmacológico da obesidade e do diabetes mellitus tipo 2, ao atuar como agonista duplo dos receptores de GIP e GLP-1 e intensificar o efeito incretina. Sua ação combinada sobre pâncreas, sistema nervoso central, trato gastrointestinal, tecido adiposo e fígado resulta em redução do apetite, retardo do esvaziamento gástrico e melhora do perfil metabólico, configurando-se como uma ferramenta terapêutica relevante diante do cenário epidemiológico de crescimento da obesidade no Brasil e no mundo.

Contudo, a análise da literatura evidenciou que o déficit calórico induzido pelo fármaco não discrimina a origem do tecido mobilizado para suprir a demanda energética, podendo comprometer tanto reservas de gordura quanto massa muscular esquelética. Essa limitação torna-se particularmente preocupante diante dos dados que apontam ingestão proteica insuficiente entre a maioria dos usuários, agravada pelos efeitos gastrointestinais adversos característicos do tratamento, que reduzem ainda mais o consumo alimentar e favorecem quadros de sarcopenia, especialmente em populações vulneráveis, como idosos.

Nesse sentido, a revisão reforça que a preservação da massa magra deve ser considerada uma prioridade clínica no acompanhamento de pacientes em uso de tirzepatida, e não uma consequência secundária da perda de peso. As estratégias nutricionais identificadas — adequação da ingestão proteica, suplementação nutricional oral, uso de proteínas do soro do leite ricas em aminoácidos de cadeia ramificada e associação com exercício físico estruturado — mostraram-se, quando combinadas, fundamentais para mitigar o catabolismo muscular e otimizar a composição corporal durante o tratamento.

Portanto, o sucesso terapêutico da tirzepatida não deve ser mensurado exclusivamente pela magnitude da perda ponderal, mas também pela qualidade dessa perda de peso. O acompanhamento nutricional individualizado, associado à prescrição de exercício

físico e à redução do comportamento sedentário, mostra-se indispensável para assegurar que os benefícios metabólicos do fármaco não sejam obtidos às custas da funcionalidade e da saúde musculoesquelética do paciente. Recomenda-se que estudos futuros aprofundem a investigação sobre os efeitos em longo prazo dessas estratégias combinadas, bem como sobre a manutenção dos resultados após a suspensão do tratamento.

REFERÊNCIAS

- Aliança de Controle do Tabagismo (ACT). Resultados do Vigitel 2024 mostram a necessidade de políticas mais robustas para desencorajar o consumo de produtos nocivos. 2026. Disponível em: <https://actbr.org.br/vigitel-2024/8741/>.
- Análise temporal da prevalência da obesidade e do sobrepeso no Brasil entre 2006 e 2023: evidências a partir dos dados do Vigitel. *OnScience*, 2(1): e00104, 2024.
- Arslan, S. Medical nutrition in the glucagon-like peptide-1 (GLP-1) era: protein strategies, micronutrient monitoring, and lean mass preservation. *Clinical Nutrition ESPEN*, 73: 103305, 2026.
- Boscaini, S. et al. The ‘Whey’ to good health: whey protein and its beneficial effect on metabolism, gut microbiota and mental health. *Trends in Food Science & Technology*, 133: 1-14, 2023.
- Braga, A.T.G. et al. Agonismo duplo GIP/GLP-1 e manutenção da massa magra: revisão integrativa a respeito da tirzepatida e sugestão de um modelo alimentar amazônico. *Anais Eventos*, 604-619, 2026.
- Campbell, J.E. et al. GIPR/GLP-1R dual agonist therapies for diabetes and weight loss—chemistry, physiology, and clinical applications. *Cell Metabolism*, 35(5): 724-747, 2023.
- Campos, G.G.G.; Santos, A.C.C.P. Adaptação metabólica, regulação do apetite e estilo de vida: fatores que dificultam a manutenção da perda de peso. *Research, Society and Development*, 14(6): e5914649018, 2025.
- Christensen, S. et al. Dietary intake by patients taking GLP-1 and dual GIP/GLP-1 receptor agonists: a narrative review and discussion of research needs. *Obesity Pillars*, 11: e100121, 2024.
- Estivaleti, J.M. et al. Time trends and projected obesity epidemic in Brazilian adults between 2006 and 2030. *Scientific Reports*, 12: e12699, 2022.
- Gariballa, S.E.E.; Al-Blawi, G.; Yasin, J. Physical activity level and dietary intake associated with fat-free muscle mass changes during intentional weight loss in overweight and obese subjects. *Nutrients*, 16(23): 4044, 2024.
- Johnson, B. et al. Investigating nutrient intake during use of glucagon-like peptide-1 receptor agonist: a cross-sectional study. *Frontiers in Nutrition*, 12: e1566498, 2025.

- Liu, Q.K. Mechanisms of action and therapeutic applications of GLP-1 and dual GIP/GLP-1 receptor agonists. *Frontiers in Endocrinology*, 15, 2024.
- Mechanick, J.I. et al. Strategies for minimizing muscle loss during use of incretin-mimetic drugs for treatment of obesity. *Obesity Reviews*, 26(1), 2024.
- Mozaffarian, D. et al. Nutritional priorities to support GLP-1 therapy for obesity: a joint advisory from the American College of Lifestyle Medicine, the American Society for Nutrition, the Obesity Medicine Association, and The Obesity Society. *American Journal of Clinical Nutrition*, 122: 344-367, 2025.
- Nauck, M.A.; Meier, J.J. The incretin system in healthy humans: the role of GIP and GLP-1. *Metabolism*, 96: 46-55, 2019.
- Neeland, I.J.; Linge, J.; Birkenfeld, A.L. Changes in lean body mass with glucagon-like peptide-1-based therapies and mitigation strategies. *Diabetes, Obesity and Metabolism*, 26(Suppl 4): 16-27, 2024.
- Nunes, E.A. et al. Systematic review and meta-analysis of protein intake to support muscle mass and function in healthy adults. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*, 13: 795-810, 2022.
- Ostendorf, D.M. et al. No consistent evidence of a disproportionately low resting energy expenditure in long-term successful weight-loss maintainers. *American Journal of Clinical Nutrition*, 108: 658-666, 2018.
- Rocha, D.G. et al. Tirzepatida (Mounjaro®) como agonista duplo GIP/GLP-1: bases farmacológicas e mecanismos de ação. Aurum Publication, 2024.
- Romero, C.E.M.; Zanesco, A. O papel dos hormônios leptina e grelina na gênese da obesidade. *Revista de Nutrição*, 19(1): 85-91, 2006.
- Šantić, R. et al. Lean mass and musculoskeletal preservation in GLP-1-based obesity treatment: nutrition, exercise, supplementation, and monitoring strategies. *Metabolites*, 16(6): 364, 2026.
- Sociedade Brasileira de Endocrinologia e Metabologia (SBEM). Dados do Vigitel apontam avanço da obesidade e do diabetes na população brasileira. 2026. Disponível em: <https://www.endocrino.org.br/noticias/dados-do-vigitel-apontam-avanco-da-obesidade-e-do-diabetes-na-populacao-brasileira/>.
- Sokary, S.; Bawadi, H. The promise of tirzepatide: a narrative review of metabolic benefits. *Primary Care Diabetes*, 19(3): 229-237, 2025.
- Sumithran, P. et al. Long-term persistence of hormonal adaptations to weight loss. *The New England Journal of Medicine*, 365(17): 1597-1604, 2011.
- Willard, F.S. et al. Tirzepatide is an imbalanced and biased dual GIP and GLP-1 receptor agonist. *JCI Insight*, 5(17): e140532, 2020.

World Obesity Federation. World Obesity Atlas 2025. Londres: World Obesity Federation, 2025.

CAPÍTULO XV

PROTOCOLO NUTRICIONAL PARA O MANEJO DO LIPEDEMA: ABORDAGEM CLÍNICA E ESTRATÉGIAS DE INTERVENÇÃO

NUTRITIONAL PROTOCOL FOR THE MANAGEMENT OF LIPEDEMA: CLINICAL APPROACH AND INTERVENTION STRATEGIES

DOI: 10.51859/amplla.cnc6385-15

Nathalia Mirele Batista da Rocha¹

Amanda de Arruda Douven Braga¹

Walter de Paula Pinto Neto²

Michelle Maria Barreto de Souza³

¹ Discentes do curso de Nutrição - Centro Universitário Maurício de Nassau – UNINASSAU, Campus Graças, Recife- PE, Brasil.

² Doutor em ciências biológicas, Universidade Federal de Pernambuco – UFPE

³ Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal da Paraíba – UFPB e Docente do curso de Nutrição – Centro Universitário Maurício de Nassau.

RESUMO

O Lipedema é uma doença crônica e complexa, que afeta predominantemente mulheres, caracterizada por dor, acúmulo de gordura, sensibilidade ao toque, edema e inflamação nos membros. A doença é frequentemente subdiagnosticada e subtratada com outras patologias, como obesidade e linfedema, conduta diagnóstica muitas vezes equivocada que impacta diretamente na qualidade de vida das pacientes. Este estudo tem como objetivo revisar a literatura científica acerca do Lipedema, destacando sua fisiopatologia, diagnóstico diferencial e tratamento. Os achados demonstraram que o lipedema é uma condição multifatorial, e que apesar dos resultados não serem conclusivos a uma causa específica, várias teorias e estudos apontam para a influência hormonal nos níveis de estrogênio em diferentes fases da vida, adipogênese anormal e à angiogênese patológica, sendo indispensável uma abordagem terapêutica integral e personalizada. Além disso, estratégias nutricionais são aliadas fundamentais no processo de redução sintomática, destacando a eficácia da dieta cetogênica, além de suplementação com nutrientes específicos com potencial anti-inflamatório e antioxidantes que contribuem na modulação inflamatória e bem-estar das pacientes.

Palavras-chave: Lipedema. Estrogênio. Tecido adiposo. Nutrição. Dieta cetogênica.

ABSTRACT

Lipedema is a chronic and complex condition that predominantly affects women and is characterized by pain, fat accumulation, tenderness, edema, and inflammation in the limbs. The condition is often underdiagnosed and undertreated, with symptoms mistaken for other conditions such as obesity and lymphedema, a frequent diagnostic error that directly impacts patients' quality of life. This study aims to review the scientific literature on lipedema, highlighting its pathophysiology, differential diagnosis, and treatment. The findings demonstrated that lipedema is a multifactorial condition, and although the results do not conclusively point to a specific cause, several theories and studies suggest the influence of hormones particularly estrogen levels at different stages of life, abnormal adipogenesis, and pathological angiogenesis, making a comprehensive and personalized therapeutic approach essential. Furthermore, nutritional strategies are key allies in the process of symptom reduction, highlighting the effectiveness of the ketogenic diet, as well as supplementation with specific nutrients that have anti-inflammatory and antioxidant potential and contribute to modulating inflammation and promoting patients' well-being.

Keywords: Lipedema. Estrogen. Adipose tissue. Nutrition. Ketogenic diet.

1. INTRODUÇÃO

O lipedema é uma doença crônica e progressiva do tecido adiposo, caracterizada pelo acúmulo anormal e simétrico de gordura corporal, principalmente nos membros inferiores, podendo estar associado a dor, fadiga, sensibilidade ao toque, sensação de peso, edema e inflamação (Buso et al., 2019; Kamamoto et al., 2024). Essa condição acomete de forma predominante mulheres e que, apesar de sua relevância clínica, tal doença ainda é subdiagnosticada ou confundida com outras patologias, como obesidade e linfedema, fato esse que dificulta o diagnóstico precoce e a adoção de medidas terapêuticas adequadas (Amato et al., 2022; De Paula, Oliveira, 2024).

Sua fisiopatologia ainda não é completamente esclarecida, porém, estudos apontam para a sua participação em fatores hormonais, principalmente quando relacionada ao hormônio estrogênio, alteração na funcionalidade dos adipócitos, predisposição genética e processos inflamatórios desencadeados (Katzner et al., 2021; Kruppa et al., 2023). Além de suas manifestações físicas, o Lipedema impacta diretamente na qualidade de vida e bem-estar das pacientes, afetando sua mobilidade, autoestima, saúde mental e participação social (Clarke et al., 2025; Kruppa et al., 2023).

Nesse cenário, a nutrição apresenta-se como uma importante estratégia complementar no manejo e melhoria dessa condição. Abordagens alimentares individualizadas voltadas ao controle da inflamação, redução de sintomas e melhoria metabólica, associadas a suplementação, vêm sendo investigadas e estudadas para uma melhor contribuição na qualidade de vida dos indivíduos afetados (Verde et al., 2023; Lundanes et al., 2024). Entretanto, tais avanços ainda são considerados escassos e limitados quanto a realização de mais estudos e pesquisas com embasamento científico acerca da padronização de protocolos clínicos e nutricionais específicos para essas pacientes com Lipedema (De Paula; Oliveira, 2024; Ramos et al., 2026).

Diante disso, torna-se relevante aprofundar o conhecimento sobre os mecanismos clínicos e fisiopatológicos envolvidos na doença, além de investigar possíveis estratégias nutricionais e terapêuticas que contribuam para o controle e melhoria de sintomas. Assim, a presente pesquisa tem como objetivo analisar os mecanismos envolvidos no desenvolvimento e progressão da doença, destacando o papel da nutrição e de estratégias de intervenções no manejo da condição com ênfase na modulação da inflamação e na promoção do bem-estar.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa possui uma abordagem de revisão de literatura do tipo narrativa, com caráter qualitativo, tendo por base de dados, artigos coletados das seguintes plataformas online: Scientific Electronic Library Online (SciELO), Springer Nature Link (SNL), PubMed, Research, Society and Development (RSD Journal) e Science Direct. Foram selecionados artigos publicados na língua portuguesa, nos últimos sete anos (entre 2019 e 2026), nos idiomas português e inglês, com escolhas de artigos que contemplavam estudos que apresentavam uma correlação entre lipedema e intervenções nutricionais utilizadas no tratamento da condição proposta.

Foi utilizado na pesquisa os seguintes Descritores em Ciências da saúde (DeCs): Lipedema, Estrogênio, Tecido adiposo, Terapia nutricional, Dieta cetogênica. Como critério de exclusão, estudos que possuíam advertências e não ligação com o tema descrito, além de artigos incompletos e inconsistentes, estudos em animais, crianças e idosos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Esta revisão de literatura identificou 16 artigos, dos quais 8 foram selecionados para estudo e aprofundamento teórico e científico acerca do lipedema juntamente com suas características patológicas e formas de intervenção.

Quadro 1 - Artigos selecionados objetivando o manejo do lipedema

Título	Autor/ano	Objetivos	Conclusão
Lipedema: um apelo à ação!	Buso, G. et al., 2019.	Revisar e reunir evidências científicas, abordando fisiopatologia, diagnóstico diferencial e formas de tratamento.	Os autores concluíram que o lipedema precisa de mais reconhecimento, e com urgência, mais pesquisas aprofundadas e estratégias terapêuticas eficientes.
Lipedema: Características Clínicas, Diagnóstico e Tratamento	Mortada, H. et al., 2025.	Os autores buscaram esclarecer os desafios relacionados ao diagnóstico da doença, além de estratégias conservadoras para um melhor manejo dos casos.	O artigo reforça como um diagnóstico precoce e correto auxilia no tratamento da doença. Junto a isso, enfatiza a importância de um tratamento multidisciplinar, além de opções terapêuticas para redução dos sintomas.
Manejo nutricional no lipedema: uma revisão integrativa	Ramos, L. et al., 2026	Avaliar diferentes manejos e abordagens	Aborda manejo nutricionais anti-inflamatórios importantes, como a dieta cetogênica, low

Título	Autor/ano	Objetivos	Conclusão
		dietéticas e nutricionais do Lipedema.	carb e mediterrânea, na redução da inflamação, edema, dor e melhora da qualidade de vida.
Dieta cetogênica: uma ferramenta terapêutica nutricional para o lipedema?	Verde, L. et al., 2023.	Esclarecer a eficácia, segurança e efeito anti-inflamatório da dieta cetogênica, especialmente em pacientes com obesidade associada.	Aponta a dieta cetogênica como muito promissora no manejo do Lipedema, porém reforça a necessidade de mais estudos, principalmente quando referida a baixa adesão.
Lipedema e o papel potencial do estrogênio no acúmulo excessivo de tecido adiposo	Katzer, K. et al., 2021	Compreender alterações hormonais e a relação do tecido adiposo com o lipedema, e como isso pode influenciar na inflamação, acúmulo de gordura e progressão da doença.	Sugere que o estrogênio possui papel significativo e como ele influencia na doença. Destaca-se ainda, à necessidade de mais estudos para obter terapias mais assertivas.
O estágio do lipedema afeta a hipertrofia dos adipócitos, a inflamação do tecido adiposo subcutâneo e a fibrose intersticial	Kruppa, P. et al., 2023.	Relacionar os estágios do lipedema com as alterações no tecido adiposo.	Concluiu-se que a progressão do lipedema está ligado com diferentes alterações nos adipócitos, gerando inflamação, hiperplasia, hipertrofia e fibrose intersticial.
Lipedema: características clínicas, complicações e a importância da prática baseada em evidências	De Paula; Oliveira, 2024.	Revisar as principais características clínicas, complicações e abordagens terapêuticas para a melhoria da doença, mas com base científica, para melhores resultados.	Os autores defendem a importância da conduta prática baseada em evidências e de cunho científico, para evitar tratamentos sem comprovação além da desinformação.
Dieta cetogênica como possível intervenção para lipedema	Keith, L. et al., 2021.	Incentivar pesquisas e estudos em pacientes com lipedema, tendo como foco os impactos terapêuticos de uma dieta cetogênica.	Os autores mostram que a dieta cetogênica é eficaz como terapia nutricional e redução dos sintomas associados.

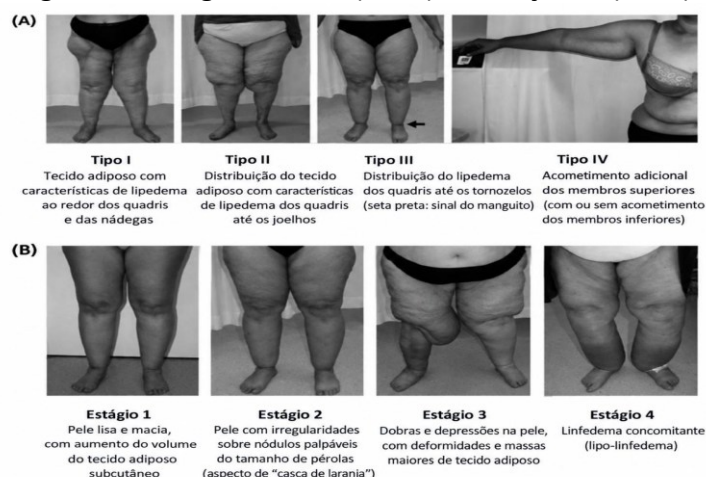
Fonte: Autores, 2026.

3.1. CARACTERÍSTICAS CLÍNICAS E DIFICULDADE DIAGNÓSTICA DO LIPEDEMA

Os artigos de Buso et al. (2019) e Mortada et al. (2025), se complementam ao demonstrar a fisiopatologia do lipedema, estágios, diagnóstico, tratamento, evidências e terapias conservadoras. Ambos enfatizam a condição clínica do Lipedema, uma doença

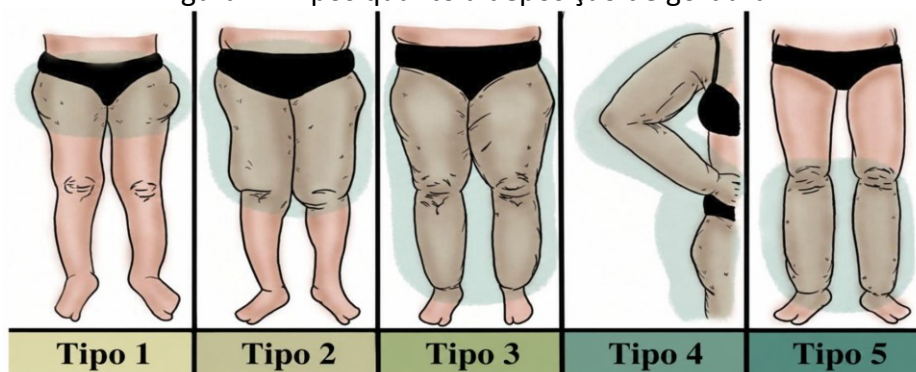
genética que afeta a massa e a distribuição do tecido adiposo que acomete, de forma quase exclusiva mulheres, e se caracteriza pelo acúmulo anormal e simétrico de gordura, causando dor, fadiga, sensibilidade ao toque, inflamação e edema em alguns casos. Além disso, tais estudos enfatizam que o lipedema é confundido e sub diagnosticado com obesidade e linfedema. Os estágios da doença são baseados em alterações estruturais da pele e palpação cutânea, sendo os estágios 1 e 2 iniciais, e os estágios 3 e 4 mais avançados. Além disso, há também estágios quanto a localização e deposição de gordura, onde os estágios de 1 a 3 são localizados em coxas, nádegas e quadris, o estágio 4 afeta os braços, e o 5 em panturrilha ou braço, sendo não tão comuns (Figura 1) (Figura 2). Com isso, é notório a realização de mais estudos com embasamento científico, pesquisas aprofundadas e meios de intervenção que visem um diagnóstico precoce e correto por profissionais capacitados em prol do bem-estar dos pacientes.

Figura 1 - Estágios iniciais (1 e 2) e avançados (3 e 4)



Fonte: Buso G. et al., 2019, p.1569.

Figura 2 - Tipos quanto a deposição de gordura.



Fonte: Buso G. et al., 2019, p. 1569.

3.2. FISIOPATOLOGIA DO LIPEDEMA

O estudo de Kruppa et al. (2023) aborda sobre um outro olhar da fisiopatologia da doença junto às alterações do tecido adiposo. A autora diz que os estudos não são específicos quanto a etiologia do Lipedema, mas mediante pesquisas e descobertas, nota-se que a sua fisiopatologia é complexa e multifatorial. Mostra-se que a doença está diretamente relacionada ao seu envolvimento com fatores hormonais, principalmente em períodos de grandes alterações hormonais; predisposição genética, já que muitas pacientes apresentam histórico familiar da doença; alterações no tecido adiposo, caracterizado por hipertrofia e hiperplasia dos adipócitos, alterações nos receptores adipocitários e fibrose intersticial; disfunção no sistema linfático e vascular, levando a uma fragilidade capilar e mudanças microvasculares, junto a retenção de líquidos e o possível surgimento de edemas; e por fim, processos inflamatórios, na qual é favorecida a entrada de células e citocinas pró-inflamatórias, que evolui para uma inflamação crônica de baixo grau.

3.3. RELAÇÃO DO ESTROGÊNIO NA ALTERAÇÃO DO TECIDO ADIPOSEO E INFLAMAÇÃO

Os artigos de Katzer et al. (2021) e Kruppa et al. (2023) mostram a forte relação do lipedema com o hormônio estrogênio, sendo considerado um dos principais fatores no desenvolvimento e progressão da doença. Sabe-se que os níveis circulantes de estrogênio são aumentados em períodos da vida com alterações hormonais drásticas, como puberdade, gravidez e menopausa. De início, vale ressaltar as alterações nos receptores estrogênicos (ER) dos tipos ER α e ER β presentes no tecido adiposo, alterando assim o metabolismo lipídico, distribuição de gordura e adipogênese, junto ao aumento da captação de glicose e alterações nas atividades metabólicas e mitocondriais que levam ao estresse oxidativo desse tecido.

O estrogênio influencia no controle de lipólise e lipogênese, pois há uma redução na quebra de gordura e consequentemente um aumento na formação lipídica, além disso, os adipócitos sofrem hipertrofia e hiperplasia contribuindo para a expansão progressiva no tecido. Essa progressão do tecido, leva a uma ativação de células inflamatórias infiltradas no tecido subcutâneo, que liberam citocinas pró-inflamatórias que mantêm um estado inflamatório de baixo grau. Essa inflamação contribui para uma deposição de fibras colágenas levando a fibrose intersticial, piorando a circulação local e sintomatologia. Por fim, essas alterações fibróticas e inflamatórias influenciam na circulação sanguínea reduzida e permeabilidade capilar, favorecendo o surgimento de edemas e hematomas visíveis.

3.4. IMPACTOS BIOPSIKOSOCIAL

Um outro fator deixado de lado nas pesquisas são os impactos biopsicossociais que a condição traz para a vida dos indivíduos afetados. Por isso, Clarke et al. (2025) e Kruppa et al. (2023) abordam que o Lipedema impacta profundamente na qualidade de vida física, mental e social. Pacientes em estágios mais avançados da doença, o 3 e 4, relatam problemas nos sintomas e qualidade de vida em comparação com aqueles de estágios mais leves e iniciais. Além do impacto visual dos membros acometidos pela doença, há o dano mental e social, como ansiedade, depressão e isolamento social. A condição da doença, foi relatada por 30% da população como algo desconhecido ou invalidado; os casos de depressão são maiores em indivíduos com IMC>40, o que corresponde de 31 a 59%, e na tentativa de perder peso, 18% desencadeiam episódios longos de transtornos alimentares. De modo geral, é necessário abordagens multiprofissionais e personalizadas de acordo com a individualidade como: suporte psicossocial, psicoterapia, aconselhamento nutricional e educação para o autocuidado, junto à métodos fisioterapêuticos como drenagem linfática, terapia de compressão personalizada, fisioterapia, exercícios e redução de peso.

3.5. TERAPIA NUTRICIONAL NO LIPEDEMA: DIETA CETOGÊNICA E SUPLEMENTAÇÃO COMO ESTRATÉGIAS TERAPÊUTICAS

Uma síntese de estudos recentes de Keith et al. (2021) e Verde et al. (2023) mostram que dietas com baixo teor de carboidratos com o efeito de reduzir a inflamação e os níveis de insulina e, portanto, a adipogênese, são benéficas e eficazes no tratamento do lipedema. Os indivíduos acometidos com a doença são altamente resistentes a intervenções convencionais, relacionados à dieta e atividade física. Desse modo, é indispensável a mudança no estilo de vida, de forma que impacte diretamente na melhoria da patologia e não seguindo padrões convencionais. É necessário mudanças principalmente na alimentação, que visem redução no peso, diminuição da inflamação, com componentes antioxidantes e anti-inflamatórios, redução no edema e melhoria dos sintomas. Por isso, muitos pesquisadores identificaram a dieta cetogênica, mediterrânea e suplementação como eficientes para o processo de não progressão da doença.

Assim, é discutido e analisado sobre a dieta cetogênica, na qual promove estado de cetose nutricional através da restrição importante de carboidratos, aumento de proteínas e fontes de gorduras boas, favorecendo perda de gordura corporal e preservação de massa

magra, sendo imprescindível o seu papel de promover efeito anti-inflamatório e metabólico. Essa redução de carboidratos diminui os níveis de insulina, hormônio diretamente ligado ao armazenamento de gordura e à lipogênese. Com níveis de insulina menores, há maior estímulo à lipólise, já que no lipedema essa capacidade é reduzida e o corpo apresenta resistência, favorecendo a utilização de gordura como fonte energética. Junto a isso, Amato et al. (2022) e Buso et al. (2019) dizem que os corpos cetônicos produzidos durante a cetose apresentam alto poder anti-inflamatório. Assim, tais estudos sugerem que a dieta cetogênica pode reduzir a produção de citocinas pró-inflamatórias e o estresse oxidativo presentes no tecido adiposo, contribuindo para melhora da inflamação crônica de baixo grau característica da doença.

Estudos também mostram que o uso de suplementos não está diretamente ligado à doença, mas que em alguns casos melhora os sintomas, quando consumidos de forma prescrita por profissionais capacitados e usados na dosagem adequada. Suplementos como Ômega-3, Selênio, Magnésio e Resveratrol, são os mais pesquisados para auxiliar no alívio dos sintomas, unidos a dieta individualizada e necessária para cada paciente, além da prática de atividades físicas regulares.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto, nota-se que o lipedema, apesar de ser uma condição de ampla relevância, ainda é desconhecido e principalmente confundido com outras patologias associadas, resultando em um diagnóstico incorreto e muitas vezes tardio. A literatura mostra, através de estudos recentes, a sua associação com outros fatores tidos como pertinentes, como as alterações nos adipócitos, inflamação, sintomatologia e meios de intervenções clínicas e nutricionais. Ademais, é notório que apesar da condição não ter cura, ela tem e exige controle. Estudos mostram que intervenções nutricionais são utilizadas bem antes de práticas cirúrgicas e estéticas, para o controle de sintomas e promoção do bem-estar. Por isso, a literatura foca em dietas que possam desempenhar um efeito anti-inflamatório, que sejam pobres em carboidratos com foco na redução do perfil glicêmico e melhoria do metabolismo lipídico, como é o caso da dieta Cetogênica e mediterrânea, junto a suplementação adequada e individualizada.

Conclui-se que, é necessário continuar a pesquisar e desenvolver estratégias terapêuticas eficazes para melhorar o diagnóstico e o tratamento do Lipedema. A

conscientização e educação sobre a doença são fundamentais para reduzir o estigma e melhorar o diagnóstico precoce. É importante que os profissionais de saúde estejam cientes das características clínicas do Lipedema e sejam capazes de identificar os sintomas precocemente, para que as pacientes possam receber o tratamento adequado e melhorar sua qualidade de vida. Apesar dos resultados promissores, as evidências científicas ainda são escassas e os estudos possuem pequeno número de participantes e curto período de acompanhamento e por isso, a dieta cetogênica ainda não é considerada como tratamento padrão ouro para o lipedema, sendo necessária melhoria da conduta nutricional e acompanhamento de profissionais especializados.

REFERÊNCIAS

- Amato, Alexandre Campos Moraes; Amato, Fernando Campos Moraes; Amato, Juliana Lelis Spirandeli; et al. Prevalência e fatores de risco para lipedema no Brasil. *Jornal Vascular Brasileiro*, v. 21, 2022. DOI: < <https://doi.org/10.1590/1677-5449.202101981>.
- Amato, Alexandre C; Amato, Juliana S; Benitti, Daniel; et al. Lipedema in Men: A Retrospective Case Series of Five Patients From a Brazilian Referral Center. *Cureus*, v. 17, n. 7, p. e87332–e87332, 2025. DOI: 10.7759/cureus.87332.
- Amato, Alexandre Campos Moraes *et al.* Consenso Brasileiro de Lipedema pela metodologia Delphi. *Jornal Vascular Brasileiro*, v. 24, 2025. Disponível em: < <https://doi.org/10.1590/1677-5449.202301831>.
- Cannataro, Roberto *et al.* Management of Lipedema with Ketogenic Diet: 22-Month Follow-Up. *Life (Basel, Switzerland)*, v. 11, n. 12, p. 1402. DOI: 10.3390/life11121402. 15 dez. 2021.
- Paula, Ana Carolina Padilha de; Oliveira, Jônatas de. Lipedema: clinical characteristics, complications, and the importance of evidence-based practice. *Revista da Associação Médica Brasileira*, v. 70, n. 9, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1806-9282.20240801>.
- Jeziorek, Małgorzata *et al.* Exploring the Anti-Inflammatory Potential of a Mediterranean-Style Ketogenic Diet in Women with Lipedema. *NutrientsSwitzerland*, 20 set. 2025. Disponível em: < <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/41010539/>.
- Kamamoto, Fabio et al. Lipedema: exploring pathophysiology and treatment strategies - state of the art. *Jornal vascular brasileiro*, v. 23, p. e20240025, 2024. DOI: < <https://doi.org/10.1590/1677-5449.202400252>.
- Katzer, K. et al. Lipedema e o papel potencial do estrogênio no acúmulo excessivo de tecido adiposo. *Revista de Endocrinologia e Metabologia*, v. 62, n. 1, p. 15-22, 2021. Disponível em: < <https://doi.org/10.3390/ijms222111720>.

- Keith, L. *et al.* Ketogenic diet as a potential intervention for lipedema. *Medical Hypotheses*, v. 146, p. 110435, jan. 2021. Disponível em: < <https://doi.org/10.1016/j.mehy.2020.110435>.
- Kruppa, Philipp *et al.* Lipedema stage affects adipocyte hypertrophy, subcutaneous adipose tissue inflammation and interstitial fibrosis. *Frontiers in immunology Switzerland*, 28 jul. 2023. DOI:10.3389/fimmu.2023.1223264. Disponível em: < <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37575263/>.
- Lundanes, J. *et al.* Efeito de uma dieta com baixo teor de carboidratos na dor e na qualidade de vida em pacientes do sexo feminino com lipedema: um ensaio clínico randomizado controlado. *Obesity (Silver Spring, Md.)*, v. 32, n. 6, p. 1071–1082, 2024. DOI: 10.1002/oby.24026. Epub 2024 Apr 16. PMID: 38627016.
- Mortada, Hatan *et al.* Lipedema: Clinical Features, Diagnosis, and Management. *Archives of plastic surgeryKorea (South)*, 15 maio 2025. Disponível em: < <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40386000/>.
- Ramos, Larissa Kalinowski de *et al.* Manejo nutricional no lipedema: Uma revisão integrativa. *Research, Society and Development*, v. 15, n. 1, p. e5115150477.
- Verde, Ludovica *et al.* Ketogenic Diet: A Nutritional Therapeutic Tool for Lipedema? *Current Obesity Reports*, v. 12, n. 4, p. 529–543, 4 nov. 2023.
- Wollina, Uwe. Lipedema-An update. *Dermatologic therapyUnited States*, mar. 2019. Disponível em: < <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30565362/>.

CAPÍTULO XVI

BREVES IMPRESSÕES SOBRE OS EFEITOS DO CONSUMO DE FÓSFORO OCULTO EM ALIMENTOS ULTRAPROCESSADOS PARA PACIENTES COM DOENÇA RENAL CRÔNICA (DRC)

BRIEF OBSERVATIONS ON THE EFFECTS OF HIDDEN PHOSPHORUS INTAKE IN ULTRAPROCESSED FOODS ON PATIENTS WITH CHRONIC KIDNEY DISEASE (CKD)

DOI: 10.51859/amplla.cnc6385-16

Maria Helena Ribeiro Serpa ¹

Thays Maria Costa de Lucena ²

Michelle Maria Barreto de Souza ²

Neide Kazue Sakugawa Shinohara ³

Walter de Paula Pinto Neto ²

¹ Graduanda do curso de Nutrição do Centro Universitário Maurício de Nassau – Recife

² Professores do Centro Universitário Maurício de Nassau – Recife

³ Professora da Universidade Federal Rural de Pernambuco – Recife

RESUMO

Os rins exercem funções essenciais, como filtração sanguínea, excreção de compostos tóxicos, equilíbrio ácido-base e controle da pressão arterial. Em pacientes com doença renal crônica DRC, é importante controlar a ingestão de proteínas, fósforo, potássio, sódio e regular calcitriol, pois o consumo inadequado pode favorecer hiperfosfatemia, hipercalemia, hipocalcemia, hiperparatireoidismo secundário e calcificação vascular. A ingestão desequilibrada de nutrientes pode agravar a DRC, devido à redução da capacidade renal de excreção. Em pacientes renais, o excesso de fósforo e potássio pode ocasionar complicações como hipercalemia, hipertensão, calcificação vascular e hiperparatireoidismo secundário. Além disso, destaca-se a dificuldade dos pacientes em identificar o fósforo presente nos alimentos industrializados, visto que a quantidade de fósforo não é de declaração obrigatória na rotulagem nutricional. Quando utilizado como aditivo alimentar, o fósforo aparece apenas na lista de ingredientes, frequentemente por nomenclaturas técnicas pouco reconhecidas pelos consumidores. Assim, o acompanhamento dietético por equipe multidisciplinar é fundamental para o cuidado dos pacientes dialíticos. Logo, evidencia-se a necessidade de educação nutricional para

pacientes com DRC, visando melhorar a qualidade de vida e o bem-estar, além da criação de políticas públicas que ampliem a informação sobre a presença de fósforo nos alimentos a fim de evitar o agravamento da doença.

Palavras-chave: Alimentos ultraprocessados. Aditivos alimentares. Doença Renal Crônica. Educação Nutricional. Fósforo.

ABSTRACT

The kidneys perform essential functions, such as filtering the blood, excreting toxic compounds, maintaining acid-base balance, and regulating blood pressure. In patients with chronic kidney disease (CKD), it is important to control the intake of protein, phosphorus, potassium, and sodium, and to regulate calcitriol, as inadequate intake can lead to hyperphosphatemia, hyperkalemia, hypocalcemia, secondary hyperparathyroidism, and vascular calcification. An unbalanced nutrient intake can worsen CKD due to reduced renal excretory capacity. In patients with kidney disease, excess phosphorus and potassium can lead to complications such as hyperkalemia, hypertension, vascular calcification, and secondary hyperparathyroidism. Furthermore, patients often have difficulty identifying phosphorus in processed

foods, since phosphorus content is not required to be declared on nutrition labels. When used as a food additive, phosphorus appears only in the list of ingredients, often under technical names that are not widely recognized by consumers. Thus, dietary monitoring by a multidisciplinary team is essential for the care of dialysis patients. Consequently, there is a clear need for nutritional education for patients with CKD, aimed at improving their quality of life

and well-being, as well as the creation of public policies that increase awareness about the presence of phosphorus in foods in order to prevent the disease from worsening.

Keywords: Chronic Kidney Disease. Food Additives. Nutrition Education. Phosphorus. Ultra-processed Foods.

1. INTRODUÇÃO

A doença renal crônica (DRC) é definida por alterações anatômicas, funcionais e fisiológicas nos rins, por um tempo superior a 90 dias e que acarretam graves sequelas à saúde. A National Kidney Foundation (NKF) classifica a DRC em cinco estágios relacionados à Taxa de Filtração Glomerular estimada (TFGe): G1 (≥ 90 mL/min/1,73 m²), G2 (60–89 mL/min/1,73 m²), G3 (30–59 mL/min/1,73 m²), subdividido em G3a (45–59 mL/min/1,73 m²) e G3b (30–44 mL/min/1,73 m²), G4 (15–29 mL/min/1,73 m²) e G5 (< 15 mL/min/1,73 m²). Além disso, esses estágios da TFGe também serão um indicador importante na progressão e no diagnóstico da doença (Cuppari, 2019). Dentre as consequências que a doença renal crônica traz aos portadores estão: a desnutrição energético-proteica, calcificação vascular e a alteração no metabolismo dos minerais, especialmente do cálcio e do fósforo (Bastos; Bregman; Kirsztajn, 2010). Comorbidades existentes, como diabetes mellitus tipo 2, hipertensão, dislipidemia e os indivíduos com riscos de doenças coronárias (Raji et al., 2018), contribuem para a evolução da DRC, principalmente se esses pacientes tiverem uma alimentação desbalanceada (Machado, 2017).

Os alimentos ultraprocessados são formulações industriais feitas inteiramente ou majoritariamente de substâncias extraídas de alimentos (óleos, gorduras, açúcar, amido, proteínas), derivadas de constituintes de alimentos (gorduras hidrogenadas, amido modificado) ou sintetizadas em laboratório com base em matérias orgânicas como petróleo e carvão (corantes, aromatizantes, realçadores de sabor) e vários tipos de aditivos usados para dotar os produtos de propriedades sensoriais atraentes (Brasil, 2014). Um estudo nacional constatou que os alimentos industrializados, com altas concentrações de fósforo, são consumidos comumente por pacientes em diálise na região dos Sudeste (Watanabe et al., 2016).

Inúmeros alimentos ultraprocessados contêm aditivos à base de fosfato, empregados pela indústria alimentícia com diferentes finalidades tecnológicas, como aumento da vida útil, estabilização e melhoria das características sensoriais dos produtos. O fósforo presente nesses aditivos encontra-se predominantemente na forma inorgânica e apresenta elevada biodisponibilidade, com absorção intestinal superior à observada para o fósforo orgânico naturalmente presente nos alimentos. Dessa forma, o consumo frequente de produtos contendo aditivos fosfatados pode aumentar a carga de fósforo da dieta e contribuir para o desenvolvimento ou agravamento da hiperfosfatemia em indivíduos com DRC (Uribarri; Calvo, 2003).

Considerando a importância do acompanhamento nutricional para a terapia e promoção de melhor qualidade de vida desses pacientes, o presente estudo teve por objetivo realizar uma revisão bibliográfica narrativa para analisar o consumo de fósforo em pacientes com DRC.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. A RESTRIÇÃO DO CONSUMO DE FÓSFORO EM PACIENTES COM DRC

Conforme as diretrizes da Kidney Disease Outcomes Quality Initiative (KDOQI) e da Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) (2017), a conduta nutricional no manejo da DRC, especialmente nos estágios G3a a G5D, deve incluir o controle individualizado da ingestão de fósforo, visando à manutenção dos níveis séricos de fosfato dentro da faixa de normalidade. Recomenda-se considerar não apenas a quantidade ingerida, mas também a fonte e a biodisponibilidade do fósforo, com atenção especial aos aditivos à base de fosfato, fontes de fósforo inorgânico altamente absorvível presentes em diversos alimentos industrializados.

A restrição dietética de fósforo deve ser realizada de forma individualizada, considerando não apenas a quantidade total ingerida, mas também sua fonte e biodisponibilidade. Alimentos de origem animal e vegetal contêm fósforo naturalmente presente em sua composição, enquanto produtos industrializados podem apresentar fósforo inorgânico proveniente de aditivos alimentares, cuja absorção intestinal é mais elevada. Dessa forma, a orientação nutricional deve priorizar a adequação da ingestão de fósforo sem comprometer desnecessariamente o aporte de proteínas e outros nutrientes essenciais. Nos

casos em que as medidas dietéticas não são suficientes para o controle da hiperfosfatemia, o tratamento pode incluir o uso de quelantes de fósforo, conforme avaliação clínica individualizada (Ikizler et al., 2020; KDIGO, 2017).

2.2. EFEITOS NEGATIVOS DOS ADITIVOS ALIMENTARES FOSFATADOS NO AUMENTO DO FÓSFORO SÉRICO EM PACIENTES RENAI

Segundo Su et al. (2022), a quantidade e, sobretudo, a origem do fósforo ingerido na dieta desempenham papel relevante na sobrevida de pacientes em hemodiálise. Em um estudo de coorte prospectivo multinacional, os autores observaram que a maior ingestão de fósforo total esteve associada ao aumento do risco de mortalidade por todas as causas e por doenças cardiovasculares. Além disso, uma maior proporção da ingestão de fósforo proveniente de alimentos processados e outras fontes esteve associada a maior risco de mortalidade por todas as causas. Em contrapartida, uma maior proporção de fósforo proveniente de fontes vegetais esteve associada a menor mortalidade geral, enquanto não foi observada associação significativa entre a proporção de fósforo de origem animal e a mortalidade.

Esse estudo corrobora com os achados de Ritz et al. (2012), o qual afirma que a avaliação do fósforo alimentar em pacientes com Doença Renal Crônica deve considerar a sua fonte e matriz alimentar, e não apenas a quantidade total ingerida. Contudo, segundo os autores, o fósforo orgânico naturalmente presente nos alimentos apresenta taxa de absorção intestinal parcial (40-60%), os aditivos inorgânicos amplamente utilizados na indústria alimentícia possuem absorção quase completa, aumentando o risco de hiperfosfatemia, disfunção endotelial e calcificação vascular em indivíduos com taxa de filtração glomerular reduzida.

2.3. RELAÇÃO ENTRE O QUADRO DE HIPERFOSFATEMIA E O CONSUMO DE ADITIVOS ALIMENTARES PARA PACIENTES COM DRC

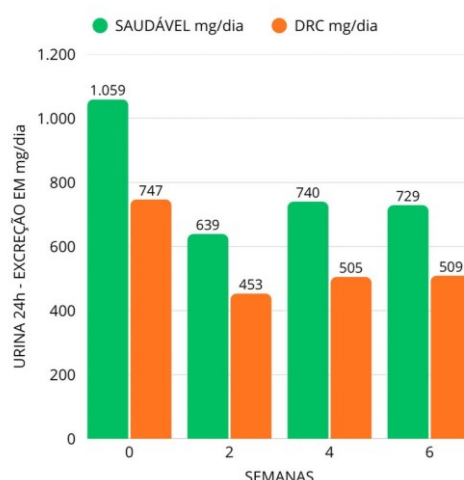
De acordo com Khan et al. (2025), por meio de análise de recordatórios alimentares de 24 h, a redução do consumo de aditivos alimentares à base de fósforo por seis semanas promoveu uma diminuição de 25% nos níveis de Fator de Crescimento Fibroblástico 23 (FGF23) e de 20% na concentração do hormônio paratireóideo (PTH) em indivíduos com DRC. Além disso, observou-se também, mediante exame de urina nos participantes, o aumento da

excreção de fósforo quando se teve um alto consumo de aditivos alimentares à base de fósforo, demonstrando que o fósforo dos aditivos alimentares é absorvido quase totalmente pelo intestino (Figura 1).

Porém, para Gutiérrez (2013), os questionários feitos por recordatórios alimentares tradicionais apresentam limitações metodológicas frequentes por não quantificarem com precisão a presença de aditivos inorgânicos de fósforo contidos em alimentos ultraprocessados. Além disso, a avaliação isolada do fósforo sérico obtido em jejum não reflete adequadamente a exposição ao mineral, uma vez que a concentração plasmática oscila ao longo do dia e atinge picos nos períodos da tarde e da noite.

Ademais, Gutiérrez (2013) argumenta que o FGF23 funciona como um biomarcador mais estável e fidedigno da exposição ao fósforo dietético do que a própria dosagem do fósforo no sangue. Embora os níveis de fósforo sérico dos participantes tenham permanecido dentro da faixa normal, os achados de Khan et al. (2025) estão alinhados aos de Gutiérrez (2013), demonstrando que o impacto metabólico pode ocorrer de forma silenciosa via elevação de hormônios reguladores como o FGF23.

Figura 1 – Excreção urinária média de fósforo em 24 horas ao longo de 6 semanas de consumo de dieta com baixo teor de aditivos de fósforo. A semana 0 corresponde à consulta realizada no final do período de 2 semanas em que foi seguida a dieta rica em aditivos.



Fonte: Elaborado pelos autores no Canva.com, com base em Khan et al. (2025).

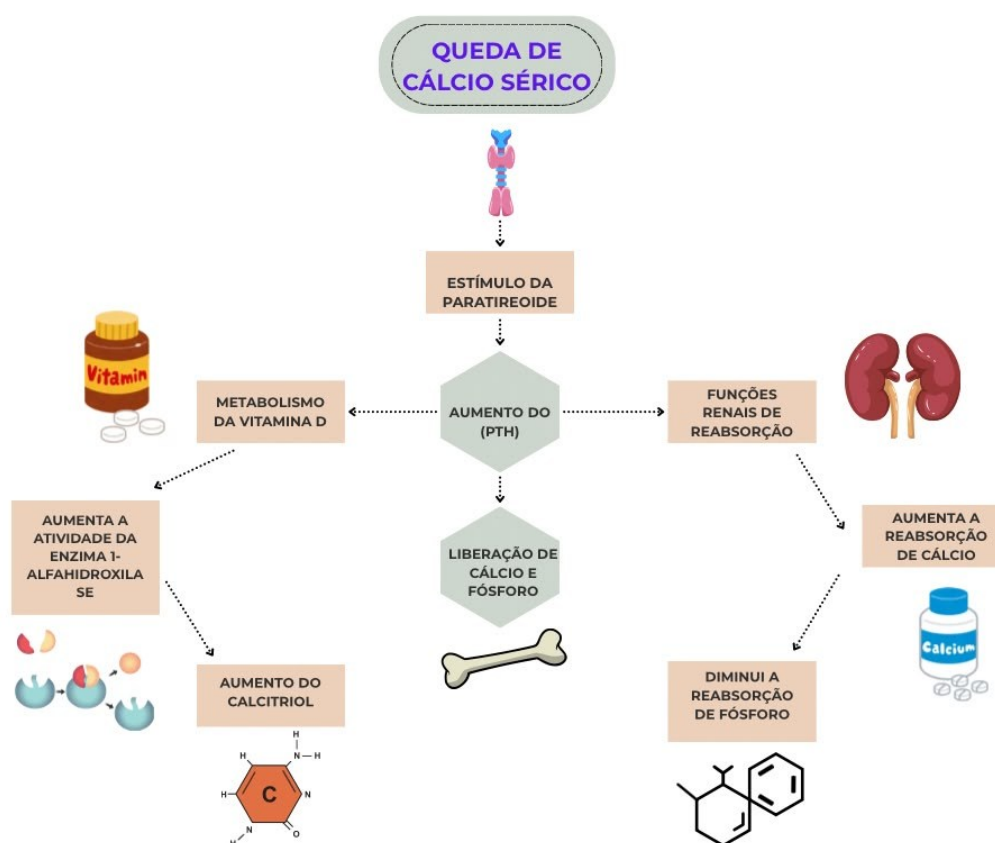
2.4. A RELAÇÃO ENTRE A DRC E O CONSUMO DE FÓSFORO NA ALIMENTAÇÃO

Na DRC, o consumo de alguns nutrientes deve ser controlado, como as proteínas, em especial de origem animal, além do fósforo, do cálcio, do potássio e da vitamina D (calcitriol),

tendo em vista o declínio renal e o comprometimento das suas funções, podendo causar hiperfosfatemia, hipocalcemia, hiperparatireoidismo secundário e deficiência de calcitriol (Morton; Hercz, 1997). Os mecanismos fisiológicos serão abordados na imagem da (Figura 2).

O consumo dietético excessivo de fósforo, em especial proveniente de alimentos ultraprocessados, contribui para o agravamento da doença, visto que esse fósforo, altamente biodisponível, eleva a concentração sérica do fator de crescimento de fibroblastos 23 (FGF-23), hormônio que aumenta a excreção renal de fosfato e reduz a síntese de calcitriol (Berndt et al., 2005). Com a progressão da DRC, a retenção de fósforo, a deficiência de calcitriol e a consequente hipocalcemia estimulam a secreção do hormônio paratireoidiano (PTH), favorecendo, a longo prazo, o hiperparatireoidismo secundário e a calcificação vascular (Figura 2).

Figura 2 – Mecanismos regulatórios e fisiológicos do cálcio e do fósforo sérico no organismo em pacientes com doença renal crônica



Fonte: Elaborado pelos autores no Canva.com.

Diante das evidências apresentadas, observa-se que o manejo do fósforo na DRC deve considerar não apenas a quantidade total ingerida, mas também sua origem e biodisponibilidade. Nesse contexto, os aditivos fosfatados presentes em alimentos

industrializados merecem atenção especial por constituírem fontes de fósforo inorgânico de elevada absorção intestinal, podendo contribuir para alterações no metabolismo mineral e nos mecanismos regulatórios envolvendo FGF23, PTH e calcitriol. Além disso, os estudos discutidos demonstram a importância da qualidade das fontes alimentares de fósforo e reforçam a necessidade de estratégias nutricionais individualizadas, especialmente em indivíduos com comprometimento da função renal. Assim, a identificação das fontes de fósforo na alimentação e a orientação para escolhas alimentares adequadas constituem aspectos relevantes do acompanhamento nutricional de pacientes com DRC.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A literatura analisada evidencia que o manejo nutricional do fósforo na DRC deve considerar não apenas a quantidade ingerida, mas também sua origem e biodisponibilidade. Os aditivos fosfatados presentes em alimentos industrializados merecem atenção devido à elevada absorção do fósforo inorgânico e aos possíveis impactos no metabolismo mineral. Dessa forma, a educação nutricional e a adequada identificação das fontes de fósforo nos alimentos são importantes para o cuidado desses pacientes. Além disso, maior transparência na rotulagem e novos estudos sobre os efeitos dos aditivos fosfatados podem contribuir para o aprimoramento das estratégias de manejo da DRC.

AGRADECIMENTOS

De modo especial, agradeço a Walter de Paula Pinto Neto pela orientação, disponibilidade e valiosas contribuições ao longo do desenvolvimento deste trabalho. Agradeço igualmente à instituição Centro Universitário Maurício de Nassau pelas contribuições e apoio durante a elaboração deste capítulo.

REFERÊNCIAS

- BASTOS, M. G.; BREGMAN, R.; KIRSZTAJN, G. M. Doença renal crônica: frequente e grave, mas também prevenível e tratável. **Revista da Associação Médica Brasileira**, São Paulo, v. 56, n. 2, p. 248-253, 2010.
- BERNDT, Theresa J.; SCHIAVI, Susan; KUMAR, Rajiv. “Phosphatonins” and the regulation of phosphorus homeostasis. **American Journal of Physiology-Renal Physiology**, [S.L.], v. 289, n. 6, p. 1170-1182, dez. 2005. American Physiological Society. <http://dx.doi.org/10.1152/ajprenal.00072.2005>.

- BRASIL. Ministério da Saúde. **Guia alimentar para a população brasileira**. 2. ed. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2014.
- CUPPARI, L. **Nutrição clínica no adulto**. 4. ed. Barueri: Manole, 2019.
- GUTIÉRREZ, O. M. The connection between dietary phosphorus, cardiovascular disease, and mortality. **Advances in Nutrition**, v. 4, n. 1, p. 137-144, 2013.
- IKIZLER, T. A. *et al.* KDOQI clinical practice guideline for nutrition in CKD: 2020 update. **American Journal of Kidney Diseases**, v. 76, n. 3, supl. 1, p. S1-S107, 2020.
- KHAN, M. B. *et al.* Effects of lowering dietary phosphorus additive intake on mineral metabolism in adults with and without CKD. **Clinical Journal of the American Society of Nephrology**, v. 20, n. 7, p. 950-957, 2025.
- KIDNEY DISEASE: IMPROVING GLOBAL OUTCOMES (KDIGO). CKD-MBD Update Work Group. KDIGO 2017 clinical practice guideline update for the diagnosis, evaluation, prevention, and treatment of Chronic Kidney Disease-Mineral and Bone Disorder (CKD-MBD). **Kidney International Supplements**, v. 7, n. 1, p. 1-59, 2017.
- MACHADO, A. D. **Fatores dietéticos associados à calcificação vascular em pacientes com doença renal crônica em tratamento conservador**. 2017. Dissertação (Mestrado em Nefrologia) – Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017. DOI: 10.11606/D.5.2018.tde-15032018-094059. Acesso em: 19 abr. 2026.
- MORTON, A. R.; HERCZ, G. Calcium, phosphorus and vitamin D metabolism in renal disease and chronic renal failure. *In*: KOPPLE, J. D.; MASSRY, S. G. (ed.). **Nutritional management of renal disease**. Baltimore: Williams & Wilkins, 1997. p. 341-369.
- RAJI, Y.; MABAYOJE, M.; BELLO, B.; AMIRA, C. Albuminuria and reduced estimated glomerular filtration rate among first-degree relatives of patients with chronic kidney disease in Lagos, Southwest Nigeria. **Indian Journal of Nephrology**, v. 28, n. 3, 2018. DOI: 10.4103/ijn.IJN_225_16.
- RITZ, E. *et al.* Phosphate additives in food: a health risk. **Deutsches Ärzteblatt International**, v. 109, n. 4, p. 49-55, 2012.
- SU, G. *et al.* Dietary phosphorus, its sources, and mortality in adults on haemodialysis: the DIET-HD study. **Nutrients**, v. 14, n. 19, p. 4064, 2022.
- URIBARRI, Jaime; CALVO, Mona S.. Hidden Sources of Phosphorus in the Typical American Diet: does it matter in nephrology?. **Seminars in Dialysis**, [S.L.], v. 16, n. 3, p. 186-188, maio 2003. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1525-139x.2003.16037.x>.
- WATANABE, Marcela T.; ARAUJO, Raphael M.; VOGT, Barbara P.; BARRETTI, Pasqual; CARAMORI, Jacqueline C.T. Most consumed processed foods by patients on hemodialysis: alert for phosphate-containing additives and the phosphate-to-protein ratio. **Clinical Nutrition Espen**, [S.L.], v. 14, p. 37-41, ago. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.clnesp.2016.05.001>.

CAPÍTULO XVII

ESTRATÉGIAS DE HIDRATAÇÃO E SUA INFLUÊNCIA NO DESEMPENHO DE ATLETAS DO CAMPEONATO PERNAMBUCANO DE FUTEBOL

HYDRATION STRATEGIES AND THEIR INFLUENCE ON THE PERFORMANCE OF ATHLETES IN THE PERNAMBUCO FOOTBALL CHAMPIONSHIP

DOI: 10.51859/amplla.cnc6385-17

Maria Eduarda dos Santos Silva ¹

Raiany Brito dos Santos ¹

Rebeca Mendes da Silva ¹

Walter de Paula Pinto Neto ²

Michelle Maria Barreto de Souza ³

¹ Graduandas em Nutrição pelo Centro Universitário Maurício de Nassau – UNINASSAU, Campus Graças, Recife-PE, Brasil.

² Doutor em Ciências Biológicas. Universidade Federal de Pernambuco – UFPE

³ Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal da Paraíba - UFPB

RESUMO

A hidratação adequada é um fator essencial para a manutenção do desempenho físico de atletas de futebol, especialmente em regiões de clima quente, como o estado de Pernambuco. Este estudo teve como objetivo abordar a importância das estratégias de hidratação para atletas que participam do Campeonato Pernambucano de Futebol, destacando os impactos da desidratação no rendimento esportivo e os métodos utilizados para avaliação do estado hídrico. Trata-se de uma pesquisa de revisão bibliográfica, de caráter descritivo e abordagem qualitativa, realizada a partir da análise de artigos científicos, livros e documentos acadêmicos publicados em bases de dados como SciELO, PubMed, Google Acadêmico e Portal de Periódicos CAPES. Os resultados demonstraram que a perda excessiva de líquidos durante treinos e partidas pode comprometer a resistência física, a recuperação muscular, a concentração e a regulação térmica do organismo, aumentando o risco de fadiga, câimbras e lesões. Verificou-se também que estratégias de hidratação individualizadas e o uso de bebidas isotônicas com eletrólitos apresentam maior eficácia na reposição hídrica quando comparados apenas ao consumo de água. Além disso, métodos como controle do peso

corporal e análise da coloração da urina mostraram-se importantes para monitorar o estado de hidratação dos atletas. Conclui-se que a hidratação adequada exerce influência direta no desempenho esportivo e na saúde dos jogadores de futebol, sendo fundamental o acompanhamento nutricional e a adoção de estratégias específicas de reposição hídrica.

Palavras-chave: Hidratação. Futebol. Desempenho Esportivo. Desidratação. Nutrição Esportiva.

ABSTRACT

Proper hydration is an essential factor in maintaining the physical performance of soccer athletes, especially in regions with hot climates, such as the state of Pernambuco, Brazil. This study aimed to discuss the importance of hydration strategies for athletes participating in the Pernambuco Soccer Championship, highlighting the impacts of dehydration on sports performance and the methods used to assess hydration status. This is a descriptive bibliographic review with a qualitative approach, based on the analysis of scientific articles, books, and academic documents published in databases such as SciELO, PubMed, Google Scholar, and the CAPES Journal Portal. The results showed

that excessive fluid loss during training sessions and matches may impair physical endurance, muscle recovery, concentration, and thermoregulation, increasing the risk of fatigue, cramps, and injuries. It was also observed that individualized hydration strategies and the use of electrolyte-containing sports drinks may contribute to more effective fluid replacement compared with water consumption alone. Furthermore, methods such as body weight monitoring and urine color analysis proved to be

useful for assessing athletes' hydration status. It is concluded that adequate hydration plays an important role in sports performance and the health of soccer players, highlighting the importance of nutritional monitoring and individualized fluid replacement strategies.

Keywords: Hydration. Soccer. Athletic Performance. Dehydration. Sports Nutrition.

1. INTRODUÇÃO

De acordo com Guerra (2014), a problemática da hidratação no futebol é significativa, principalmente devido à dinâmica do esporte, que possui poucas pausas para ingestão de líquidos, dificultando a reposição hídrica de forma adequada durante treinos e partidas. Nesse contexto, a hidratação adequada constitui um fator importante para a manutenção da capacidade física durante a prática esportiva, especialmente em modalidades de alta intensidade e duração prolongada. No futebol, essa preocupação torna-se ainda mais relevante devido à combinação entre esforço físico, exposição às condições ambientais e necessidade de manutenção do desempenho ao longo da partida. A perda de água e eletrólitos pelo suor pode modificar o equilíbrio hídrico do organismo e, quando não compensada adequadamente, contribuir para alterações fisiológicas capazes de comprometer a capacidade de realização do exercício.

As necessidades de hidratação não são iguais para todos os atletas, uma vez que fatores como intensidade do exercício, duração da atividade, temperatura ambiente, umidade relativa do ar, taxa individual de sudorese e características corporais podem interferir na quantidade de líquidos perdida durante o esforço. Dessa maneira, as estratégias de hidratação devem considerar as particularidades do atleta e as condições nas quais a atividade esportiva é realizada, buscando adequar a reposição de líquidos às demandas individuais (Pereira; Oliveira; Bernadini, 2021).

As condições ambientais também representam fatores agravantes para os jogadores de futebol (Guerra, 2014). Em Pernambuco, onde predomina o clima tropical, os atletas precisam adaptar-se às altas temperaturas, especialmente durante o período do Campeonato Estadual, iniciado no mês de janeiro, marcado por fortes ondas de calor. Atletas de futebol encontram-se sob estresse fisiológico considerável durante o jogo, particularmente em climas quentes. A temperatura muscular pode aumentar até 2 °C em relação à temperatura de

repouso, e a temperatura corporal central pode chegar a 39 °C (Mohr *et al.*, 2010; Edwards *et al.*, 2007; Eduarda; Clark, 2006). Segundo Guerra (2014), diante desses fatores, o jogador de futebol encontra-se mais vulnerável à desidratação durante treinos e jogos.

Nesse cenário, a realização de atividades esportivas em ambientes quentes pode aumentar a demanda fisiológica imposta ao organismo e favorecer maiores perdas de líquidos por meio da transpiração. Por esse motivo, compreender a relação entre hidratação e desempenho é relevante para o planejamento nutricional antes, durante e após os treinamentos e competições. A atuação da nutrição esportiva, portanto, ultrapassa a simples recomendação de consumo de água, devendo considerar o momento da ingestão, a quantidade de líquidos, a necessidade de reposição de eletrólitos e as características da atividade realizada.

A desidratação é um estado fisiológico decorrente de uma prolongada perda hídrica corporal e ocorre quando a perda líquida é maior que a ingestão, sendo uma situação recorrente em atletas devido à falta de incentivo e controle de uma hidratação adequada (Lustosa *et al.*, 2017). No âmbito desportivo, a desidratação ocorre principalmente através do processo de sudorese, com maior ocorrência em indivíduos não aclimatizados e quando a ingestão líquida não é devidamente observada durante o exercício (Silva *et al.*, 2011). A ocorrência de 1% a 2% de perda de massa corporal caracteriza uma desidratação considerada leve, enquanto, a partir de 3%, uma queda significativa no desempenho é mais pronunciada, podendo haver fadiga térmica e risco de choque térmico com perdas de massa corporal entre 4% e 6% (Pereira; Oliveira; Bernardi, 2021).

Diante dessas perdas, a avaliação do estado de hidratação pode contribuir para o acompanhamento individual dos atletas. Para Mata Godois *et al.* (2014), essa avaliação deve ser individualizada, visando identificar o nível de desidratação do atleta e adequar a recomendação do consumo de líquidos. Entre os métodos utilizados, destaca-se a comparação do peso corporal antes e após o exercício, permitindo identificar a perda hídrica por meio da diferença entre as pesagens.

Outro método empregado é a análise da coloração da urina, cuja escala apresenta correlação com a densidade e a osmolalidade urinária, relacionando-se também com a osmolalidade plasmática (Machado-Moreira *et al.*, 2006). A utilização desses indicadores pode auxiliar no acompanhamento do estado hídrico do atleta, especialmente quando os

resultados são analisados em conjunto com as características individuais e as condições em que o exercício foi realizado.

A composição das bebidas consumidas durante a prática esportiva também deve considerar as demandas do atleta e as condições em que o exercício é realizado. Segundo McArdle *et al.* (2013), a reposição adequada de líquidos e eletrólitos durante o exercício é importante para a manutenção do equilíbrio hídrico e do desempenho físico. Dessa forma, a escolha da bebida deve considerar a intensidade e a duração do exercício, bem como as perdas de líquidos e eletrólitos decorrentes da atividade física.

Assim, as estratégias de hidratação devem ser planejadas de acordo com as características do exercício e as necessidades individuais do atleta. A escolha adequada da estratégia pode contribuir para a manutenção das funções fisiológicas e para a continuidade do desempenho físico ao longo da prática esportiva, especialmente diante das condições ambientais e das demandas específicas do futebol.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. HIDRATAÇÃO NO FUTEBOL

A hidratação no esporte é composta por estratégias que possuem a finalidade de evitar ao máximo o déficit hídrico antes, durante e após os treinos e/ou competições (Acsm, 2022; Belval *et al.*, 2019; Perrone, 2010). De acordo com Kirkendall (2007), a hidratação adequada tem grande impacto no desempenho de jogadores de futebol. Segundo Miguel (2018), um dos fatores mais importantes para o rendimento dos atletas é justamente a hidratação correta.

No futebol, por se tratar de um esporte com duração de 90 minutos, é possível que ocorra problemas associados à termorregulação e ao balanço hídrico nos futebolistas, podendo ocasionar episódios de hipovolemia, hipoglicemia, hiponatremia, hipertermia e desidratação (Bock *et al.*, 2008; Guerra; Soares; Burini, 2003). A desidratação é uma ocorrência comum em jogadores de futebol (Arnaoutis *et al.*, 2013; Da Silva *et al.*, 2012; Aragón-Vargas *et al.*, 2009), sendo a perda de suor a principal causa para que esta ocorra (Carvalho; Mara 2010).

Normalmente os futebolistas não repõem os líquidos adequadamente (Shirreffs *et al.*, 2005), uma vez que, durante a partida existe a dificuldade em ingeri-los (Barros; Guerra; Monteiro, 2003). Isso se dá ao fato do futebol ser um esporte em que não há intervalos regulares, o que impossibilita o consumo ao decorrer do jogo (Sanz-Rico *et al.*, 1996; Bangsbo,

1994). No entanto, é necessário que os atletas façam a ingestão de líquidos, mas em pequenas quantidades, para não interferir no esvaziamento gástrico, e em intervalos regulares, com o objetivo de repor a água perdida através do suor (American College of Sports Medicine, 1996).

2.2. DESIDRATAÇÃO E CONDIÇÕES CLIMÁTICAS

No futebol, as funções motoras têm um papel crucial, mas podem ser alteradas pela desidratação, comprometendo o desempenho dos jogadores, principalmente em momentos finais de uma partida. A função cognitiva também é afetada quando o futebolista apresenta perda de 2% do seu corpo corporal desidratado (Guerra, 2014). De acordo com Casa *et al.* (2000), o processo de desidratação é um fator associado à redução da performance no exercício, à limitação da capacidade fisiológica e a redução da força. Alves *et al.* (2017) e Almeida *et al.* (2013) destacam que a desidratação também está relacionada com o aumento de câimbras. Tal condição pode ser frequentemente observada em atletas de futebol, especialmente próximo ao fim do jogo.

Jogadores de futebol encontram-se sob estresse fisiológico considerável durante o jogo, particularmente em climas quentes. A temperatura muscular pode aumentar até 2°C com relação à temperatura de repouso (Mohr *et al.*, 2010). Já a temperatura corporal central pode chegar a 39° (Kurdak *et al.*, 2010; Edwards *et al.*, 2007). Quando a temperatura e a umidade estão altas, a capacidade de desempenhar exercícios prolongados é reduzida. Nessa situação, problemas com a termorregulação e a desidratação, mais que a depleção dos estoques de energia, podem causar a fadiga (Guerra; Soares; Burrini, 2001).

Shirreffs; Sawka (2011) observaram, em jogadores, uma perda de 1,5 L de suor durante jogo realizado em clima frio, enquanto em condições climáticas quentes (30 a 38 °C) a perda é de cerca de 3,5 a 4,0 L. Condições ambientais sempre afetam o desempenho físico e mental dos atletas de futebol (Armstrong, 2006). A consequência de uma desidratação combinada com o estresse por calor é um menor rendimento físico, podendo haver um aumento dos riscos de exaustão, fadiga, choques térmicos, coma e até morte (Hernandez; Nahas, 2009; Moraes *et al.* 2007; Wilmore E Costill, 2007).

ACSM, 2022 aponta três formas de avaliar a perda de líquidos: através das alterações do meio líquido corporal sanguíneo, líquido urinário e nas alterações agudas da redução da massa corporal. O monitoramento do estado de hidratação através da urina de grande utilidade (Chevrount; Sawka, 2006). Outra forma é a partir da variação do peso corporal antes

e após exercício, na qual é possível calcular o percentual de perda de peso para classificar o estado de hidratação (Casa, 2000).

2.3. ESTRATÉGIAS DE HIDRATAÇÃO

Barros, Guerra e Monteiro (2003) afirmam que a ingestão de líquidos contendo eletrólitos e carboidratos durante o exercício é de suma importância para o jogador, uma vez que minimiza os efeitos da desidratação. Eletrólitos, principalmente o sódio, também são perdidos pelo suor. A reposição de eletrólitos está relacionada com a hidratação. Repor as perdas de sódio aumenta a retenção do líquido ingerido (Shirreffs; Sawka, 2011). No entanto, na maioria das vezes, o jogador de futebol não consegue repor as perdas de água e eletrólitos durante o jogo, nem mesmo depois (Guerra, 2014).

Apesar de mais vantajoso que o consumo de água para a reidratação durante o exercício, o consumo de bebidas esportivas necessita de cuidados. Esses cuidados incluem a quantidade de líquido ingerida, para evitar desconforto gastrointestinal, o tempo demandado para que o líquido seja esvaziado do estômago e o tempo que leva para ser absorvido no intestino (Biesek; Alves; Guerra, 2015).

Como, no futebol, as oportunidades de hidratação surgem com atendimentos médicos, faltas, escanteios, etc., alguns cuidados são necessários antes, durante e depois do jogo. É indicado que o jogador esteja aclimatado à temperatura que jogará e faça a ingestão, duas horas antes da partida, de cerca de 500 mL de uma bebida esportiva. Durante as pausas do jogo e no intervalo, é importante que o atleta beba a quantidade de líquido necessária para compensar as perdas ocorridas através do suor (Guerra, 2014).

A reposição das perdas de água e eletrólitos no período pós-exercício é de fundamental importância no processo de recuperação (Barros; Guerra; Monteiro, 2003). Em caso de acúmulo de déficit de massa corporal, o objetivo é a reposição completa das perdas de líquidos e eletrólitos anteriormente ao início do próximo treino ou partida. Consumir uma bebida com sódio ou ingerir lanches/alimentos contendo sódio ajuda a repor as perdas de suor, estimula a sede e retém os líquidos ingeridos (Shirreffs; Sawka, 2011). A adequada reidratação, normalmente, ocorre num período de 12 a 24 horas após o término do exercício, pois as bebidas e os alimentos ingeridos nesse tempo fornecem água e cloreto de sódio suficientes para a hidratação (Biesek; Alves; Guerra, 2015).

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que as estratégias de hidratação apresentam papel fundamental para atletas de futebol, especialmente diante das elevadas temperaturas e das condições ambientais características do estado de Pernambuco durante o período de realização do Campeonato Pernambucano. A partir da revisão bibliográfica realizada, foi possível compreender que a perda excessiva de líquidos durante treinos e partidas pode comprometer o desempenho físico dos atletas, além de favorecer o surgimento de fadiga e outros efeitos relacionados à desidratação. Dessa forma, a manutenção adequada do estado de hidratação constitui um aspecto importante para a prática esportiva e para a preservação da saúde dos jogadores.

Os estudos analisados demonstraram ainda que a avaliação do estado de hidratação deve considerar as características individuais de cada atleta e as condições em que a atividade física é realizada. Nesse contexto, métodos como o acompanhamento do peso corporal antes e após o exercício e a análise da coloração da urina podem auxiliar na identificação de alterações no estado de hidratação. Esses recursos permitem um acompanhamento mais individualizado e podem contribuir para o planejamento das estratégias de reposição hídrica ao longo dos treinamentos e das partidas.

Além disso, verificou-se que a reposição de líquidos e eletrólitos deve ser planejada de acordo com a intensidade e a duração do exercício, bem como com as perdas decorrentes da sudorese. A utilização de estratégias individualizadas de hidratação apresenta relevância para a manutenção do equilíbrio hídrico, do desempenho físico e da recuperação dos atletas. Nesse sentido, a escolha das bebidas e a quantidade de líquidos a serem consumidos devem considerar as demandas específicas da atividade e as necessidades de cada jogador, não sendo adequada a adoção de uma única estratégia para todos os atletas.

Dessa forma, os objetivos propostos neste trabalho foram alcançados, evidenciando a importância de estratégias de hidratação individualizadas e do acompanhamento nutricional no contexto esportivo. A atuação do nutricionista pode contribuir para o planejamento, monitoramento e adequação da hidratação dos jogadores, considerando as características individuais, as condições ambientais e as demandas físicas do futebol. Assim, o planejamento adequado da reposição hídrica constitui uma importante ferramenta para auxiliar na

manutenção do desempenho esportivo, na recuperação física e na promoção da saúde e da qualidade de vida dos atletas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem às instituições de ensino e pesquisa pelo suporte acadêmico e pela disponibilização de recursos que possibilitaram a construção deste estudo. Em especial à nossa orientadora, Michelle Maria Barreto de Souza, pela dedicação, orientação e incentivo durante a elaboração deste trabalho. Ao nosso coorientador, Walter Pinto, pela disponibilidade, contribuição e apoio ao longo do desenvolvimento da pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ACSM. Aptidão física na infância e na adolescência: posicionamento oficial do Colégio Americano de Medicina Esportiva. Disponível em: Acesso em: 18 set. 2022.
- ALMEIDA, P. et al. Avaliação e comparação da perda hídrica em diferentes situações no futsal masculino. *Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício*, v. 7, n. 41, p. 465-472, 2013.
- ALVES, S. R.; CAMERINO, S.; DANTAS, E. M.; LIMA, R. C. P.; FRANÇA, T. C. L.; OLIVEIRA, N. M.; PRADO, E. S. Efeito de diferentes estados de hidratação sobre o desempenho físico e cognitivo-motor de atletas submetidos a exercício em ambiente de baixo estresse ao calor. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, v. 10, n. 4, p. 181-186, 2017.
- AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. Position stand: exercise and fluid replacement. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 1996.
- ARAGÓN-VARGAS, L. F.; MONCADA-JIMÉNEZ, J.; HERNÁNDEZ-ELIZONDO, J.; BARRENECHEA, A.; MONDE-ALVARADO, M. Evaluation of pre-game hydration status, heat stress, and fluid balance during professional soccer competition in the heat. *European Journal of Sport Science*, v. 9, p. 269-276, 2009.
- ARMSTRONG, L. E. Nutritional strategies for football: counteracting heat, cold, high altitude, and jet lag. *Journal of Sports Sciences*, v. 24, n. 7, p. 723-740, 2006.
- ARNAOUTIS, G.; KAVOURAS, S. A.; KOTSIS, Y. P.; TSEKOURAS, Y. E.; MAKRILLOS, M.; BARDIS, C. N. Ad libitum fluid intake does not prevent dehydration in suboptimally hydrated young soccer players during a training session of a summer camp. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, v. 23, n. 3, p. 245-251, 2013.
- BANGSBO, J. Energy demands in competitive soccer. *Journal of Sports Sciences*, v. 12, p. S55-S12, 1994.
- BARROS, T. L.; GUERRA, I.; MONTEIRO, R. C. Hidratação no futebol: uma revisão. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, v. 9, p. 238-242, 2003.

- BELVAL, L. N. et al. Practical hydration solutions for sports. *Nutrients*, v. 11, n. 7, p. 1550, 2019.
- BIESEK, S.; ALVES, L. A.; GUERRA, I. Estratégias de nutrição e suplementação no esporte. BOCK, K. de; DERAIVE, W.; EJINDE, B. O. Effect of training in the state on metabolic responses during exercise with carbohydrate intake. *Journal of Applied Physiology*, v. 104, p. 1045-1055, 2008.
- CARVALHO, T.; MARA, L. Hidratação e nutrição no esporte. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, São Paulo, v. 16, n. 2, p. 144-148, 2010.
- CASA, D. J.; ARMSTRONG, L. A.; HILLIMAN, S. K.; MONTAIN, S. J.; REIFF, R. V.; RICH, B. S. E.; ROBERTS, W. O.; STONE, J. A. National Athletic Trainers' Association position statement: fluid replacement for athletes. *Journal of Athletic Training*, v. 35, p. 212-224, 2000.
- CHEVROUT, S. N.; SAWKA, M. N. Avaliação da hidratação de atletas. *Sport Science Exchange*, 2006.
- DA SILVA, R. P.; MÜNDEL, T.; NATALI, A. J.; FILHO, M. G. B.; ALFENAS, R. C. G.; LIMA, J. R. P.; BELFORT, F. G.; LOPES, P. R. N. R.; MARINS, J. C. B. Pre-game hydration status, sweat loss, and fluid intake in elite Brazilian young male soccer players during competition. *Journal of Sports Sciences*, v. 30, n. 1, p. 37-42, 2012.
- EDWARDS, A. M.; MANN, M. E.; MARFELL-JONES, M. J.; RANKIN, D. M.; SHILLINGTON, D. P.; NOAKES, T. D. Influence of moderate dehydration on soccer performance: physiological responses to 45 min of outdoor match-play and the immediate subsequent performance of sport-specific and mental concentration tests. *British Journal of Sports Medicine*, v. 41, n. 6, p. 385-391, 2007. DOI: 10.1136/bjsm.2006.033860.
- EDWARDS, A. M.; CLARK, N. A. Thermoregulatory observations in soccer match play: professional and recreational level applications using an intestinal pill system to measure core temperature. *British Journal of Sports Medicine*, v. 40, n. 2, p. 133-138, 2006. DOI: 10.1136/bjsm.2005.021980.
- GUERRA, I. Futebol: hidratação. In: HIRSCHBRUCH, M. D. (org.). *Nutrição esportiva: uma visão prática*. 3. ed. rev. e ampl. Barueri: Manole, 2014. p. 69.
- GUERRA, I.; SOARES, E. A.; BURINI, R. C. Aspectos nutricionais do futebol de competição. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, v. 7, n. 6, p. 200-206, 2001.
- GUERRA, I.; SOARES, E. A.; BURINI, R. C. Aspectos nutricionais do futebol de competição. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, v. 17, n. 6, 2003.
- HERNANDEZ, A. J.; NAHAS, R. M. Modificações dietéticas, reposição hídrica, suplementos alimentares e drogas: comprovação de ação ergogênica e potenciais riscos para a saúde. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, v. 15, n. 3, p. 1-12, 2009.
- KIRKENDALL, D. T. Creatina, carboidratos e líquidos: qual a importância nutricional no futebol? *Sports Science Exchange*, n. 43, p. 1-8, 2007.

- KURDAK, S. S.; SHIRREFFS, S. M.; MAUGHAN, R. J.; ÖZGÜNEN, K. T.; ZEREN, C.; KORKMAZ, S. et al. Hydration and sweating responses to hot-weather football competition. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, v. 20, supl. 3, p. 133-139, 2010.
- LUSTOSA, V. M.; ARAÚJO, F. K. C.; MORAIS, H. M. S.; SAMPAIO, F. A. Nível de conhecimento e desidratação de jogadores juniores de futebol. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, São Paulo, v. 23, n. 3, p. 204-207, 2017. DOI: 10.1590/1517-869220172303166343.
- MATA GODOIS, A. da; RAIZEL, R.; RODRIGUES, V. B.; RAVAGNANI, F. C. de P.; FETT, C. A.; VOLTARELLI, F. A.; COELHO-RAVAGNANI, C. de F. Perda hídrica e prática de hidratação em atletas de futebol. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, São Paulo, v. 20, n. 1, p. 47-50, 2014. DOI: 10.1590/S1517-86922014000100009.
- MACHADO-MOREIRA, C. A.; VIMIEIRO-GOMES, A. C.; SILAMI-GARCIA, E.; RODRIGUES, L. O. C. Hidratação durante o exercício: a sede é suficiente? *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, v. 12, n. 6, p. 405-409, 2006. DOI: 10.1590/S1517-86922006000600020.
- MCARDLE, W. D.; KATCH, F. I.; KATCH, V. L. *Fisiologia do exercício: nutrição, energia e desempenho humano*. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013.
- MIGUEL, G. I. A importância da hidratação em esportes coletivos. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso.
- MOHR, M.; MUJICA, I.; SANTISTEBAN, J.; RANDERS, M. B.; BISCHOFF, R.; SOLANO, R.; HEWITT, A.; ZUBILLAGA, A.; PELTOLA, E.; KRUSTRUP, P. Examination of fatigue development in elite soccer in a hot environment: a multi-experimental approach. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, v. 20, supl. 3, p. 125-132, 2010. DOI: 10.1111/j.16000838.2010.01217.x.
- MONTEIRO, C. R.; GUERRA, I.; BARROS, T. L. de. Hidratação no futebol: uma revisão. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, Niterói, v. 9, n. 4, p. 238-242, 2003.
- MORAIS, M. A. et al. Termorregulação e pressão arterial de jogadores profissionais de futebol e condições térmicas do ambiente em jogos de campeonato cearense. II CONNEPI, 2007. PEREIRA, J.; OLIVEIRA, L. S. A. de; BERNARDI, D. M. Hidratação e estratégias de reposição hídrica em atletas de futebol e futsal. *Revista Brasileira de Futsal e Futebol*, São Paulo, v. 13, n. 54, p. 530-545, 2021.
- PERRONE, C. A. Estado de hidratação, sudorese e reidratação durante uma sessão de treino no calor em jovens praticantes de diferentes esportes. 2010. Dissertação — Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.
- SANZ-RICO, J.; FRONTERA, W. R.; MOLÉ, P. A.; RIVERA, M. A.; RIVERA-BROWN, A.; MEREDITH, C. N. Effects of hyperhydration on total body water, temperature regulation and performance of elite young soccer players in a warm climate. *International Journal of Sports Medicine*, v. 17, p. 85-91, 1996.

SHIRREFFS, S. M.; ARAGON-VARGAS, L. F.; CHAMORRO, M.; MAUGHAN, R. J.; SERRATOSA, L.; ZACHWIEJA, J. J. The sweating response of elite professional soccer players to training in the heat. *International Journal of Sports Medicine*, 2005.

SHIRREFFS, S.; SAWKA, M. N. Fluid and electrolyte needs for training, competition and recovery. *Journal of Sports Sciences*, v. 29, p. S39-S46, 2011.

SILVA, M. R.; CARNEIRO, C. de S.; CRISPIM, P. A. A.; MELO, N. C. S.; SALES, R. R. Efeito de suplemento hidroeletrólítico na hidratação de jogadores juniores de futebol. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, São Paulo, v. 17, n. 5, p. 339-343, 2011. DOI: 10.1590/S151786922011000500009.

WILMORE, J. H.; COSTILL, D. L. *Fisiologia do esporte e do exercício*. Barueri: Manole, 2007.

