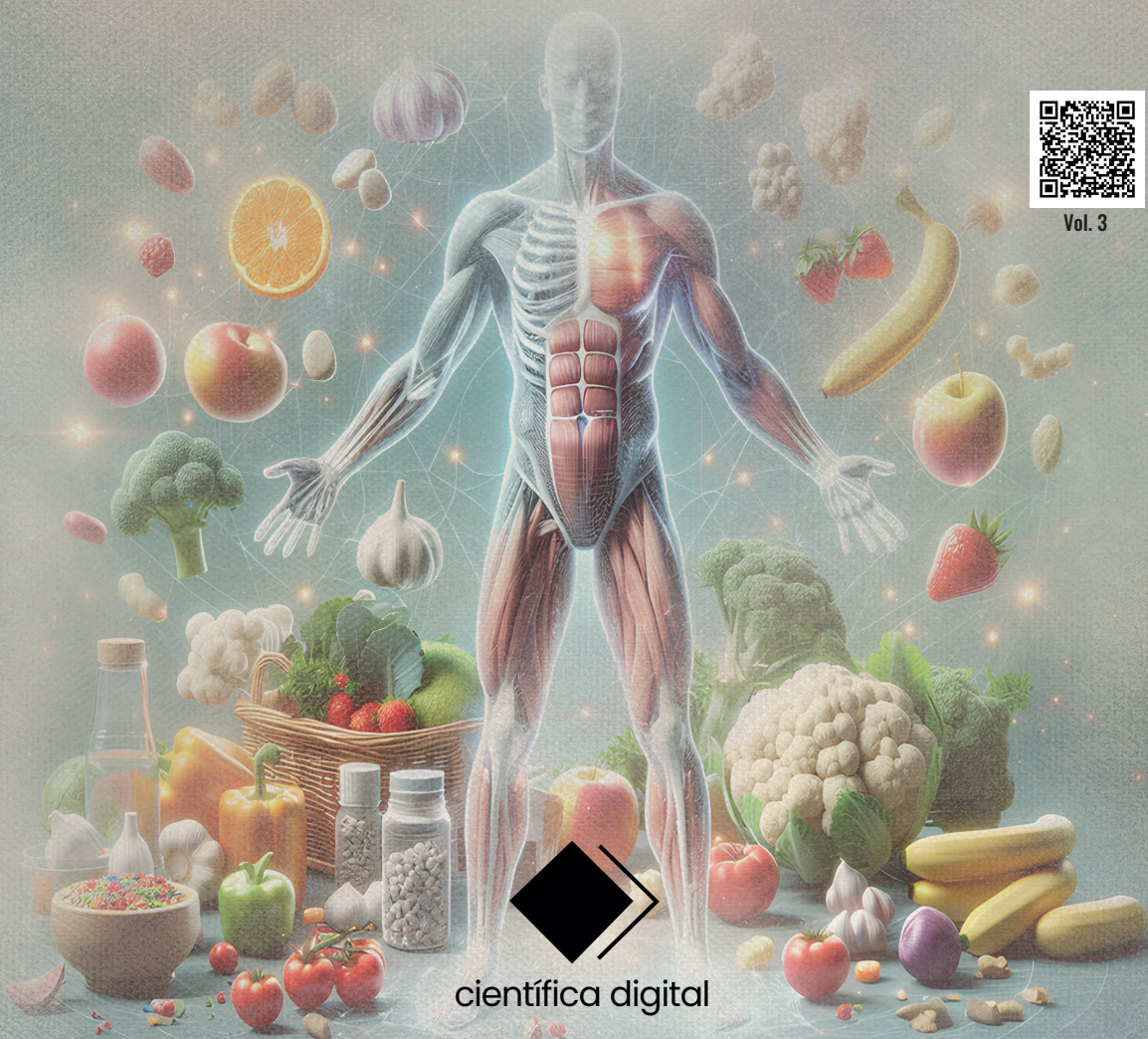


Francisco Alex Lima Barros
Jorge Luís Pereira Cavalcante
Carlos Alberto Martins Cordeiro
(Orgs.)

ASPECTOS PLURAIS EM ALIMENTAÇÃO E NUTRIÇÃO



Vol. 3



científica digital



CIENTÍFICA DIGITAL EDITORIAL LTDA

Barueri - São Paulo - Brasil
www.cientificadigital.org - contato@cientificadigital.org

Diagramação e Arte	Edição © 2026 Científica Digital
Diego Santos	Texto © 2026 Os Autores
Diogo Lima	1ª Edição - 2026
Imagens da Capa	Acesso Livre - Open Access
Adobe Stock - 2026	

© COPYRIGHT - TODOS OS DIREITOS RESERVADOS. A editora detém os direitos autorais sobre a edição e o projeto gráfico, enquanto os autores mantêm os direitos autorais de seus respectivos textos. Esta obra está licenciada sob a Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional, permitindo o download e compartilhamento integral ou parcial, desde que a fonte seja devidamente citada e os créditos atribuídos aos autores. É obrigatório que a obra permaneça em formato de Acesso Livre (Open Access), sem qualquer alteração. A catalogação em plataformas de acesso restrito ou com fins comerciais é estritamente proibida.



Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

A838 Aspectos plurais em alimentação e nutrição: volume 3 / Organização de Francisco Alex Lima Barros, Jorge Luís Pereira Cavalcante, Carlos Alberto Martins Cordeiro. – Barueri-SP: Científica Digital, 2026.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui Bibliografia
ISBN 978-65-6155-231-8
DOI 10.37885/978-65-6155-231-8

1. Nutrição. I. Barros, Francisco Alex Lima (Organizador). II. Cavalcante, Jorge Luís Pereira (Organizador). III. Cordeiro, Carlos Alberto Martins (Organizador). IV. Título

CDD 641

Elaborado por Janaína Ramos – CRB-8/9166

Índice para catálogo sistemático:

I. Nutrição

E-BOOK

ACESSO LIVRE ON LINE - IMPRESSÃO PROIBIDA

2026

Francisco Alex Lima Barros
Jorge Luís Pereira Cavalcante
Carlos Alberto Martins Cordeiro
(Orgs.)

Aspectos Plurais em Alimentação e Nutrição

Volume 3

1ª EDIÇÃO



científica digital

2026 - BARUERI - SP

CONSELHO EDITORIAL

Prof. Dr. André Cutrim Carvalho
Prof. Dr. Antônio Marcos Mota Miranda
Prof^a. Ma. Auristela Correa Castro
Prof. Dr. Carlos Alberto Martins Cordeiro
Prof. Dr. Carlos Alexandre Oelke
Prof^a. Dra. Caroline Nóbrega de Almeida
Prof^a. Dra. Clara Mockdece Neves
Prof^a. Dra. Claudia Maria Rinhel-Silva
Prof^a. Dra. Clecia Simone Gonçalves Rosa Pacheco
Prof. Dr. Cristiano Marins
Prof^a. Dra. Cristina Berger Fadel
Prof. Dr. Daniel Luciano Gevehr
Prof. Dr. Diogo da Silva Cardoso
Prof. Dr. Ernane Rosa Martins
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes
Prof. Dr. Fabricio Gomes Gonçalves
Prof^a. Dra. Fernanda Rezende
Prof. Dr. Flávio Aparecido de Almeida
Prof^a. Dra. Francine Náthalie Ferraresi Queluz
Prof^a. Dra. Geuciane Felipe Guerim Fernandes
Prof. Dr. Humberto Costa

Prof. Dr. Joachin Melo Azevedo Neto
Prof. Dr. Jónata Ferreira de Moura
Prof. Dr. José Aderval Aragão
Prof. Me. Julianno Pizzano Ayoub
Prof. Dr. Leonardo Augusto Couto Finelli
Prof. Dr. Luiz Gonzaga Lapa Junior
Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva
Prof^a. Dra. Maria Cristina Zago
Prof^a. Dra. Maria Otília Zangão
Prof. Dr. Mário Henrique Gomes
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes
Prof. Dr. Nelson J. Almeida
Prof. Dr. Pedro Afonso Cortez
Prof. Dr. Reinaldo Pacheco dos Santos
Prof. Dr. Rogério de Melo Grillo
Prof^a. Dra. Rosenery Pimentel Nascimento
Prof. Dr. Rossano Sartori Dal Molin
Prof. Me. Silvio Almeida Junior
Prof^a. Dra. Thays Zigante Furlan Ribeiro
Prof. Dr. Wescley Viana Evangelista
Prof. Dr. Willian Carboni Viana
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme

Acesse a lista completa dos Membros do Conselho Editorial em www.editoracientifica.com.br/conselho

Parecer e revisão por pares

Os textos que compõem esta obra passaram por avaliação do Conselho Editorial e revisão por pares externos (*Peer Review*), recebendo a devida recomendação para publicação.

Nota: Esta obra é fruto de um processo colaborativo, configurando-se como uma coletânea na qual os direitos autorais permanecem resguardados para os respectivos autores. Alguns capítulos podem ter origem em trabalhos anteriormente apresentados em eventos acadêmicos; no entanto, os autores foram orientados a adotar o devido rigor na prevenção do autoplágio. A responsabilidade pelo conteúdo de cada capítulo, assim como pela originalidade e integridade das informações publicadas, é inteiramente dos respectivos autores e autoras. O conteúdo da obra não reflete, necessariamente, a opinião da editora, dos organizadores ou dos membros do conselho editorial.

APRESENTAÇÃO

Esta obra resulta de um esforço colaborativo que reuniu professores, estudantes e pesquisadores, cujo engajamento qualificou as reflexões desenvolvidas neste espaço formativo. Fruto de iniciativas interinstitucionais de incentivo à pesquisa, o livro congrega especialistas de diversas áreas do conhecimento, vinculados a instituições de educação superior públicas e privadas, no Brasil e no exterior.

O objetivo central é fortalecer a integração entre instituições por meio de redes de pesquisa voltadas à formação continuada de profissionais da educação, promovendo a produção e a ampla disseminação do conhecimento.

Agradecemos aos autores pela dedicação e compromisso na construção desta obra, que se propõe a ser um recurso didático-pedagógico relevante para estudantes, docentes de diferentes níveis de ensino e demais interessados na temática.

Os organizadores

SUMÁRIO

Capítulo 01

NUTRIÇÃO ESPORTIVA: ASPECTOS METABÓLICOS DOS MACRONUTRIENTES, ESTRATÉGIAS NUTRICIONAIS E RECURSOS ERGOGÊNICOS NO DESEMPENHO FÍSICO

Ana Catarina Gomes; Moacyr Tavares de Medeiros Neto; Ana Carolina Oliveira Simões; Géssyca Tolomeu de Oliveira; Ana Vitória Fortes dos Reis; Kleber Barbosa Filho; Danilo Reis Coimbra

doi 10.37885/260321460 8

Capítulo 02

POTENCIAL ANTIOXIDANTE E ANTI-INFLAMATÓRIO DE COMPOSTOS BIOATIVOS ORIUNDOS DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS

Saskia Ferreira de Melo; Adriana da Silva Brito

doi 10.37885/260622245 28

Capítulo 03

RECURSOS ALIMENTARES: EXTRATIVISMO, CAÇA, PESCA E PRÁTICAS AGROFLORESTAIS DO POVO GAVIÃO/MA

Amanda Cardoso Gavião Pincuu; Réia Sílvia Lemos da Costa e Silva Gomes

doi 10.37885/260722305 49

Capítulo 04

VITAMINA D E RESISTÊNCIA À INSULINA NA SÍNDROME DOS OVÁRIOS POLICÍSTICOS: UMA REVISÃO NARRATIVA

Geovana Letícia de Almeida Silva; Danielle Soares Bezerra ; Adriana da Silva Brito

doi 10.37885/260722338 73

Capítulo 05

POLÍTICAS INTERSETORIAIS DE COMBATE À FOME NO BRASIL: AVANÇOS, DESAFIOS E PERSPECTIVAS

Andressa Barreto Lima; Vera ferreira Andrade de Almeida; Rosemary do Nascimento Porto Bragança; Edilene Maria Queiroz Araújo; Francisca de Paula Santos Silva; Clícia Maria de Jesus Benevides

doi 10.37885/260722477 95

Capítulo 06**ENTRE DESEMPENHO E SAÚDE: A TRIÁDE DA MULHER ATLETA E SEUS FATORES ASSOCIADOS NO ESPORTE**

Natália Christinne Ferreira de Oliveira; Beatriz Pardal de Matos; Marcela Valverde Gemeliano; Clara Oliveira de Vasconcelos; Bruna Silveira Chaves; Eduardo Borba Salzer; Cláudia Correa; Marcela Rodrigues; Clara Mockdece Neves

 10.37885/260722534 108

Capítulo 07**FLAVONOIDES NA PREVENÇÃO DA SARCOPENIA ASSOCIADA AO ENVELHECIMENTO: UMA REVISÃO NARRATIVA**

Ozanildo Vilaça do Nascimento; Ivan de Jesus Ferreira

 10.37885/260822712 135

SOBRE OS ORGANIZADORES 158

ÍNDICE REMISSIVO 160

NUTRIÇÃO ESPORTIVA: ASPECTOS METABÓLICOS DOS MACRONUTRIENTES, ESTRATÉGIAS NUTRICIONAIS E RECURSOS ERGOGÊNICOS NO DESEMPENHO FÍSICO

Ana Catarina Gomes

Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF)

Moacyr Tavares de Medeiros Neto

Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF)

Ana Carolina Oliveira Simões

Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF)

Géssyca Tolomeu de Oliveira

Centro Universitário Governador Ozanam Coelho (UNIFAGOC)

Ana Vitória Fortes dos Reis

Kleber Barbosa Filho

Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF)

Danilo Reis Coimbra

Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF)

RESUMO

Este capítulo aborda os princípios da nutrição esportiva voltados ao desempenho, com foco nos macronutrientes e nos recursos ergogênicos nutricionais. São discutidas as funções dos carboidratos, proteínas e lipídios, bem como seus papéis na produção de energia, recuperação muscular e adaptação ao treinamento. Também são apresentadas recomendações de ingestão e distribuição ao longo do dia, considerando diferentes momentos do exercício e as demandas específicas de cada modalidade. Além disso, destaca-se a importância da hidratação e do equilíbrio eletrolítico para a manutenção do desempenho e prevenção de alterações fisiológicas durante o exercício. O capítulo ainda explora os principais recursos ergogênicos com evidência científica, como creatina, cafeína, beta-alanina, bicarbonato de sódio e nitratos, abordando seus efeitos, aplicações e formas de uso. Por fim, reforça-se a importância da individualização das estratégias nutricionais, considerando as características do atleta, da modalidade e do treinamento, com o objetivo de otimizar desempenho, recuperação e saúde.

Palavras-chave: Nutrição esportiva; macronutrientes; suplementação; recursos ergogênicos; desempenho esportivo.

INTRODUÇÃO

A nutrição esportiva ocupa lugar de destaque no desempenho de atletas de alto rendimento, pois influencia diretamente adaptações fisiológicas, composição corporal, recuperação e tolerância à carga de treinamento. Em diferentes modalidades esportivas, caracterizadas por variadas exigências fisiológicas, o aporte adequado de energia e nutrientes assume papel determinante tanto para o desempenho quanto para a recuperação, além de contribuir para a prevenção de fadiga, lesões e distúrbios metabólicos (Thomas; Erdman; Burke, 2016). A compreensão das vias metabólicas envolvidas nas diferentes manifestações de esforço, desde atividades de velocidade e potência até modalidades de *endurance*, é essencial para o planejamento de estratégias nutricionais individualizadas que otimizem o desempenho esportivo.

A suplementação nutricional, enquanto parte do planejamento, representa uma ferramenta complementar à alimentação e ao treinamento físico, capaz de otimizar processos fisiológicos e bioquímicos essenciais ao desempenho. A utilização de recursos ergogênicos deve considerar as especificidades da modalidade praticada, o tipo de esforço predominante, a duração da atividade e as características individuais do atleta. Embora diferentes esportes compartilhem a participação dos sistemas aeróbio e anaeróbio em diferentes proporções, fatores como ambiente de prática, mecânica do movimento e demandas competitivas impõem variações relevantes nas estratégias nutricionais (Maughan *et al.*, 2018).

As modalidades esportivas apresentam demandas energéticas distintas, que variam desde esforços predominantemente anaeróbios aláticos, típicos de ações explosivas e de curta duração, até atividades com predomínio do metabolismo oxidativo, sustentadas por longos períodos. Entre esses extremos, estão modalidades intermitentes e de média duração, que exigem a integração dos diferentes sistemas energéticos. Essa variação nas demandas resulta em adaptações metabólicas específicas e, conseqüentemente, em diferentes necessidades nutricionais e estratégias de suplementação (Gastin, 2012).

Nesse contexto, esportes como atletismo e natação exemplificam bem essa diversidade, abrangendo provas de curta, média e longa duração, com diferentes predominâncias metabólicas. No entanto, princípios semelhantes podem ser observados em outras modalidades, como esportes coletivos, lutas

e treinamento de força, nos quais a interação entre os sistemas energéticos e a demanda fisiológica também orienta as estratégias nutricionais.

De maneira geral, atletas de alto nível de rendimento são submetidos a ciclos de treinamento intensos, caracterizados por múltiplas sessões semanais, elevadas demandas energéticas e necessidade constante de recuperação. Assim, a nutrição deve ser planejada de forma integrada à periodização do treinamento, considerando suas diferentes fases e objetivos. A manutenção do equilíbrio energético, a reposição adequada de substratos energéticos, a recuperação muscular e a adaptação ao treinamento são pontos centrais nesse processo (Thomas; Erdman; Burke, 2016).

Fatores como ambiente de prática, condições climáticas, logística de competição e características individuais influenciam diretamente as estratégias nutricionais. Modalidades realizadas em ambientes distintos, como meio terrestre ou aquático, podem apresentar particularidades relacionadas à hidratação, termorregulação e percepção de esforço, exigindo ajustes específicos no planejamento nutricional (Burke; Hawley, 2018).

O preparo nutricional deve ser conduzido de maneira individualizada e integrado à atuação de uma equipe multidisciplinar, considerando aspectos como composição corporal, perdas hídricas, perfil da modalidade, tolerância gastrointestinal, histórico de suplementação e segurança no uso de recursos ergogênicos. A partir dessa abordagem, torna-se possível elaborar intervenções mais eficazes, baseadas em evidências e alinhadas às demandas específicas de cada atleta e modalidade (Burke; Hawley, 2018; Maughan *et al.*, 2018).

MACRONUTRIENTES

Os macronutrientes – carboidratos, proteínas e lipídios –, constituem a base da nutrição esportiva, exercendo funções essenciais no fornecimento de energia, na regulação metabólica e na adaptação ao treinamento físico. Do ponto de vista bioquímico, esses nutrientes participam diretamente das vias metabólicas responsáveis pela produção de ATP, sendo continuamente mobilizados de acordo com a intensidade, duração e tipo de exercício realizado. Em situações de esforço, a contribuição relativa de cada macronutriente varia conforme

a predominância dos sistemas energéticos, o estado nutricional e o nível de treinamento do atleta (Hargreaves; Spriet, 2020).

A ingestão adequada de macronutrientes, bem como sua distribuição ao longo do dia, exerce papel fundamental na manutenção do balanço energético, na reposição de glicogênio muscular, no estímulo à síntese proteica e nos processos de recuperação. Esses fatores influenciam diretamente o desempenho e as adaptações ao treinamento ao longo do tempo. Nesse sentido, as recomendações atuais apontam que a quantidade e o momento de ingestão desses nutrientes devem ser ajustados de forma individual, considerando as características da modalidade, a fase do treinamento e as particularidades do atleta, com o objetivo de sustentar o desempenho e preservar a saúde metabólica (Thomas; Erdman; Burke, 2016; ACSM, 2016; Kerksick *et al.*, 2018).

Compreender o papel fisiológico e bioquímico de cada macronutriente, bem como sua interação com os sistemas energéticos, é fundamental para a elaboração de estratégias nutricionais eficazes em modalidades esportivas variadas.

CARBOIDRATOS (CHO)

Os carboidratos constituem a principal fonte de energia para o exercício físico, especialmente em atividades de moderada a alta intensidade. Sua importância está diretamente relacionada à capacidade de fornecer energia de forma rápida e eficiente, sendo determinantes para a manutenção do desempenho tanto em exercícios intermitentes quanto em esforços prolongados (Burke *et al.*, 2011; Jeukendrup, 2014; Thomas; Erdman; Burke, 2016).

Do ponto de vista bioquímico, os carboidratos são armazenados na forma de glicogênio muscular e hepático. Durante o exercício, esse glicogênio é mobilizado por meio da glicogenólise, liberando glicose que será utilizada na produção de ATP via glicólise. Dependendo da intensidade e da disponibilidade de oxigênio, a glicose pode ser metabolizada pela via anaeróbia, com formação de lactato, ou pela via aeróbia, com maior rendimento energético. Em exercícios de alta intensidade e curta duração, predomina o metabolismo glicolítico anaeróbio, enquanto em atividades de maior duração há maior participação da via oxidativa, associada também à oxidação de lipídios (Nelson; Cox, 2014; Jeukendrup, 2014).

Além do papel energético, os carboidratos são fundamentais para a manutenção da glicemia, prevenção da fadiga central e suporte à capacidade de sustentar intensidades elevadas ao longo do exercício. A depleção de glicogênio muscular está diretamente associada à queda de desempenho, especialmente em modalidades de *endurance*, o que reforça a necessidade de estratégias adequadas de ingestão ao longo do treinamento e da competição (Kerksick *et al.*, 2017; Jeukendrup, 2014).

Com o objetivo de otimizar o desempenho esportivo, o *American College of Sports Medicine* (ACSM, 2016) recomenda que a ingestão diária de carboidratos seja ajustada de acordo com o tipo, intensidade e duração do treinamento. Para atividades de baixa intensidade ou baseadas em habilidade, recomenda-se uma ingestão de 3 a 5 g/kg/dia. Em treinos de intensidade moderada, com duração aproximada de 1 hora, a ingestão deve variar entre 5 e 7 g/kg/dia. Já em programas de *endurance*, com 1 a 3 horas diárias de exercício de moderada a alta intensidade, a recomendação situa-se entre 6 e 10 g/kg/dia. Em situações de alta demanda, como treinos com duração de 4 a 5 horas por dia, a ingestão pode atingir valores entre 8 e 12 g/kg/dia (ACSM, 2016).

Além da quantidade total diária, a ingestão de carboidratos deve ser organizada ao longo do dia, considerando os períodos antes, durante e após o exercício, com o objetivo de otimizar o desempenho e a recuperação.

Antes do exercício, a ingestão de carboidratos tem como objetivo principal abastecer os estoques de glicogênio muscular e hepático, além de garantir adequada disponibilidade energética e prevenir desconfortos durante a atividade. Em sessões com duração superior a 90 minutos, recomenda-se a ingestão de 3 a 5 g/kg de carboidratos entre 3 e 4 horas antes do exercício, preferencialmente de baixo índice glicêmico. Aproximadamente 1 hora antes, pode-se utilizar 1 a 2 g/kg de carboidratos de alto índice glicêmico, muitas vezes na forma líquida. Já nos minutos que antecedem o exercício (5 a 15 minutos), a ingestão de 50 a 60 g de carboidratos de alto índice glicêmico pode ser utilizado como estratégia para disponibilização rápida de energia (Kerksick *et al.*, 2017; Kerksick *et al.*, 2018; ACSM, 2016).

Durante o exercício, o consumo de carboidratos tem como principal objetivo manter a glicemia e retardar a fadiga, especialmente em sessões

prolongadas. Em atividades com duração entre 45 e 75 minutos, pode-se utilizar o bochecho com carboidrato como estratégia. Para sessões entre 1 e 2 horas e 30 minutos, recomenda-se a ingestão de aproximadamente 30 g de carboidratos por hora. Em exercícios com duração entre 2 e 3 horas, a recomendação sobe para cerca de 60 g/h, enquanto em atividades prolongadas entre 2 horas e 30 minutos e até 6 horas, a ingestão pode atingir 90 g/h. Para ingestões superiores a 60 g/h, recomenda-se a combinação de diferentes tipos de carboidratos, como glicose e frutose, com o objetivo de otimizar a absorção intestinal e a taxa de oxidação. Em sessões com duração inferior a 45 minutos, de forma geral, não há necessidade de ingestão de carboidratos (Kerksick *et al.*, 2018; Jeukendrup, 2014; ACSM, 2016).

Após o exercício, o foco está na reposição dos estoques de glicogênio muscular. Recomenda-se a ingestão de aproximadamente 1,5 g de carboidratos por kg de peso corporal nos primeiros 30 minutos após o término da atividade, com repetição dessa ingestão a cada 2 horas, por um período de 4 a 6 horas. Essa estratégia favorece a recuperação e prepara o atleta para sessões subseqüentes de treino ou competição (Kerksick *et al.*, 2017; Kerksick *et al.*, 2018; ACSM, 2016).

No contexto da suplementação, diferentes estratégias podem ser utilizadas para otimizar a disponibilidade de carboidratos. Entre os principais recursos estão bebidas esportivas, géis de carboidrato, maltodextrina, dextrose e combinações de múltiplos transportadores (glicose + frutose), que facilitam a ingestão durante o exercício e contribuem para a manutenção do desempenho em sessões prolongadas (Kerksick *et al.*, 2017).

Tabela 1 - Síntese das Recomendações de Carboidratos (CHO).

Tipo de atividade	Quantidade diária (g/kg/dia)	Distribuição ao longo do dia
Atividade leve	3 – 5 g/kg/dia	Ajustar conforme treino; priorizar refeições principais
Treinamento moderado (~1h/dia)	5 – 7 g/kg/dia	Refeições ao longo do dia + pré/pós-treino
Endurance (1–3h/dia)	6 – 10 g/kg/dia	Fracionar ao longo do dia + estratégias intra-treino
Alta demanda (4–5h/dia)	8 – 12 g/kg/dia	Alta frequência alimentar + ingestão antes, durante e após

Fonte: Adaptado de *American College of Sports Medicine - ACSM (2016)*.

PROTEÍNAS (PTN)

As proteínas desempenham um papel fundamental no reparo e na síntese de fibras musculares, na adaptação ao treinamento, na função imunológica e nos processos de recuperação. Durante o exercício físico, especialmente em sessões intensas, ocorre aumento do *turnover* proteico (maior degradação e síntese de proteínas musculares) (Jäger *et al.*, 2017).

Do ponto de vista bioquímico, as proteínas são formadas por aminoácidos que, após digestão e absorção, são utilizados na síntese de novas proteínas corporais. O exercício físico, sobretudo o treinamento resistido, atua como estímulo importante para a síntese proteica muscular, sendo esse processo favorecido pela ingestão adequada de proteínas, especialmente aquelas ricas em aminoácidos essenciais (Nelson; Cox, 2014; Jäger *et al.*, 2017).

A adequação da ingestão de proteína é um fator determinante para contribuir para a manutenção ou aumento da massa muscular. A *International Society of Sports Nutrition*, 2017, recomenda ingestão diária entre 1,4 e 2,0 g/kg de peso corporal para a maioria dos atletas, podendo atingir valores próximos a 2,2 g/kg em situações específicas, como períodos de maior carga de treinamento ou restrição energética. Ingestões superiores a esse valor, de modo geral, não apresentam benefícios adicionais (Jäger *et al.*, 2017).

Além da quantidade total diária, a distribuição da proteína ao longo do dia influencia diretamente a resposta adaptativa ao treinamento. Recomenda-se o consumo de 20 a 40 g de proteína por refeição (aproximadamente 0,25 – 0,40 g/kg), distribuídos a cada 3 a 4 horas, de forma a otimizar a síntese proteica muscular ao longo do dia (Kerksick *et al.*, 2017; Jäger *et al.*, 2017).

No período próximo ao exercício, a ingestão proteica também desempenha papel relevante. Após o treino, a oferta de proteínas de alta qualidade contribui para a recuperação muscular e adaptação ao treinamento. A associação de carboidratos e proteínas após o exercício pode potencializar a recuperação, favorecendo tanto a ressíntese de glicogênio quanto a resposta anabólica (Kerksick *et al.*, 2017; Jäger *et al.*, 2017).

No contexto da suplementação, diferentes fontes proteicas podem ser utilizadas como estratégia prática para atingir as necessidades diárias, especialmente

em situações de maior demanda. Entre os principais suplementos destacam-se o *whey protein*, a caseína e proteínas vegetais, sendo o *whey protein* amplamente utilizado no pós-exercício devido à sua rápida digestão e elevado valor biológico. A suplementação com aminoácidos isolados, como BCAA ou aminoácidos essenciais, pode ser utilizada em contextos específicos, embora, na maioria dos casos, a sua ingestão se torna desnecessária devido a adequação de proteína total já é o suficiente para atender às necessidades do atleta (Jäger *et al.*, 2017).

Além da ingestão distribuída ao longo do dia, o consumo de proteínas nos períodos pré e pós-exercício também exerce papel importante na manutenção de um *turnover* proteico positivo. A ingestão prévia de proteínas, especialmente quando associada a carboidratos, pode aumentar a disponibilidade de aminoácidos circulantes no momento do exercício, contribuindo para atenuar a degradação proteica induzida pelo esforço. Já no período pós-exercício, há maior sensibilidade do músculo ao estímulo anabólico, o que favorece a síntese proteica muscular quando há adequada oferta de aminoácidos. Dessa forma, a ingestão de proteínas antes e após o treino contribui para otimizar o balanço proteico, favorecendo a recuperação, a adaptação ao treinamento e a manutenção ou ganho de massa muscular (Tipton; Wolfe, 2001; Jäger *et al.*, 2017).

Tabela 2 - Síntese das Recomendações de Proteínas (PTN).

Tipo de atividade	Quantidade diária (g/kg/dia)	Distribuição ao longo do dia
Atividade leve / recreacional	1,4 – 1,6 g/kg/dia	20–30 g a cada 3–4 horas
Treinamento moderado	1,6 – 1,8 g/kg/dia	20–35 g a cada 3–4 horas
Treinamento intenso (força/hipertrofia)	1,8 – 2,0 g/kg/dia	25–40 g a cada 3–4 horas
Alta demanda / restrição energética	2,0 – 2,2 g/kg/dia	30–40 g a cada 3–4 horas

Fonte: Baseado nas diretrizes da ISSN, 2017 e *American College of Sports Medicine - ACSM* (2016).

LIPÍDIOS (LIP)

Os lipídios são importantes substratos energéticos, especialmente em exercícios de longa duração e intensidade moderada, nos quais há predominância do metabolismo aeróbico. Sua principal contribuição está relacionada à capacidade de fornecer energia de forma sustentada, poupando as reservas de glicogênio muscular ao longo do esforço. Além disso, os lipídios atuam como precursores

hormonais no organismo, participando da síntese de hormônios, especialmente os hormônios sexuais, como progesterona e testosterona (ACSM, 2016).

Do ponto de vista bioquímico, os lipídios são armazenados principalmente na forma de triglicerídeos no tecido adiposo e no músculo esquelético. Durante o exercício, os ácidos graxos são mobilizados e transportados até as mitocôndrias, onde sofrem β -oxidação, gerando acetil-CoA, que é direcionado ao ciclo de Krebs para produção de ATP. Esse processo apresenta maior rendimento energético quando comparado aos carboidratos, porém com menor velocidade de geração de energia, o que explica sua maior participação em exercícios de menor intensidade e maior duração (Nelson; Cox, 2014).

Em exercícios intermitentes e de alta intensidade, como musculação e modalidades como o crossfit, a participação dos lipídios como fonte energética é reduzida durante o esforço principal, devido à predominância do metabolismo anaeróbio e à necessidade de rápida ressíntese de ATP. No entanto, os lipídios assumem papel relevante nos períodos de recuperação entre séries e sessões, contribuindo para a restauração do equilíbrio energético e para a manutenção da disponibilidade de substratos. Além disso, adaptações ao treinamento podem aumentar a capacidade oxidativa muscular, favorecendo uma utilização mais eficiente dos ácidos graxos em intensidades submáximas e durante a recuperação, o que pode auxiliar na preservação do glicogênio muscular ao longo do treinamento (Jeukendrup, 2002).

Em modalidades de *endurance*, como maratonas, a eficiência da utilização de lipídios como fonte energética está diretamente relacionada à capacidade oxidativa do músculo, sendo influenciada pelo nível de treinamento. Além da função energética, os lipídios exercem papel estrutural nas membranas celulares, participam da síntese hormonal e estão envolvidos em processos inflamatórios e de recuperação (Jeukendrup, 2002).

As recomendações de ingestão de lipídios para atletas geralmente situam-se entre 20 e 35% do valor energético total da dieta, devendo-se priorizar fontes de gorduras insaturadas, como azeite de oliva, oleaginosas, abacate e peixes. Entre esses, destacam-se os ácidos graxos essenciais, como o ácido linoleico (ômega-6) e o ácido alfa-linolênico (ômega-3), assim denominados por não serem sintetizados pelo organismo humano, sendo necessária sua ingestão

por meio da dieta. Esses ácidos graxos desempenham funções importantes, incluindo a participação na estrutura das membranas celulares, regulação de processos inflamatórios, síntese de mediadores bioativos e suporte ao funcionamento do sistema imunológico, além de contribuírem para a manutenção da saúde cardiovascular (Thomas; Erdman; Burke, 2016).

Diferentemente dos carboidratos e proteínas, não há recomendação específica para ingestão de lipídios no período imediatamente antes, durante ou após o exercício, uma vez que sua digestão é mais lenta e não contribui de forma significativa para o fornecimento rápido de energia durante a atividade. No entanto, a ingestão adequada ao longo do dia é importante para garantir suporte energético em treinos prolongados e manutenção da saúde metabólica (Kerksick *et al.*, 2018).

Tabela 3 - Síntese das Recomendações de Lipídeos (LIP).

Tipo de atividade	Quantidade diária (g/kg/dia)	Distribuição ao longo do dia
Atividade leve / recreacional	25 – 35% do VET	Distribuído nas refeições principais
Treinamento moderado	25 – 30% do VET	Distribuído ao longo do dia, sem priorizar peri-treino
Treinamento intenso (força/endurance)	20 – 30% do VET	Ajustado conforme demanda energética total
Alta demanda / alto volume de treino	20 – 25% do VET	Reduzir proporcionalmente para priorizar CHO

Fonte: Baseado nas diretrizes *American College of Sports Medicine - ACSM (2016)*.

Tabela 4 - Síntese das Recomendações de Macronutrientes.

Momento (Timing)	CHO	PTN	LIP
Ao longo do dia	3 a 12 g/kg (Conforme intensidade/duração)	1,4 a 2,2 g/kg/dia (Fracionado a cada 3-4h)	20 a 35% do VET
Pré-Treino	3 a 4h: 3 a 5 g/kg (ou 150-300g) de baixo IG 1h: 1 a 2 g/kg (Preferencialmente líquidos) 5 a 15 min: 50 a 60g de Alto IG	20 a 40 g de proteína de alta qualidade para manter o turnover proteico	Evitar (Pode causar desconforto)
Durante o treino	30 a 90 g por hora (Em treinos > 60 min)	Não é prioridade	Não é prioridade
Pós-Treino	1,5 g/kg (Imediato e a cada 2h)	20 a 40 g de proteína de alta qualidade para manter o turnover proteico	Foco em anti-inflamatórios

Fonte: Baseado nas diretrizes da ISSN, *American College of Sports Medicine - ACSM (2016)* e *International Olympic Committee (IOC, 2018)*.

HIDRATAÇÃO E ELETRÓLITOS

A hidratação é um fator essencial para o desempenho esportivo, sendo necessária a monitorização das perdas de fluidos e a reposição adequada de líquidos e eletrólitos de forma individualizada. As demandas hídricas variam conforme a intensidade, duração do exercício, condições ambientais e características do atleta.

Em modalidades realizadas em ambientes quentes ou com elevada carga metabólica, como esportes de *endurance*, esportes coletivos e provas de longa duração, a taxa de sudorese pode ser elevada, aumentando o risco de desidratação, hiponatremia e ocorrência de câimbras, o que exige maior atenção à reposição hídrica e de sódio. Em esportes intermitentes, como futebol, basquete e crossfit, também podem ocorrer perdas significativas de fluidos, especialmente em sessões prolongadas ou com múltiplas partidas no mesmo dia. Já em modalidades realizadas em meio aquático, a sudorese e a perda de calor são menos perceptíveis, o que pode reduzir a percepção de sede e levar a uma ingestão insuficiente de líquidos, tornando necessário um planejamento prévio da hidratação (Cheuvront; Kenefick, 2014; ACSM, 2007).

Para garantir que o atleta inicie o exercício em estado hidratado, recomenda-se a ingestão de aproximadamente 500 mL de líquidos entre 1 e 2 horas antes da atividade. Durante o exercício, a ingestão deve ocorrer de forma regular, com volumes entre 150 e 250 mL a cada 15 a 20 minutos, podendo incluir bebidas contendo 4 a 8% de carboidratos e concentrações de sódio entre 10 e 35 mmol/L, especialmente em sessões prolongadas. Já após o exercício, a reposição hídrica deve considerar as perdas ocorridas, sendo recomendada a ingestão de aproximadamente 120 a 150% do volume de líquidos perdidos, com o objetivo de restabelecer o equilíbrio hídrico e eletrolítico do organismo (ACSM, 2007).

No contexto da suplementação, diferentes estratégias podem ser utilizadas para otimizar o estado de hidratação e o equilíbrio eletrolítico. As bebidas esportivas contendo carboidratos e eletrólitos, que auxiliam na reposição hídrica, manutenção da glicemia e fornecimento de sódio durante o exercício estão entre os principais recursos. A suplementação de eletrólitos, especialmente sódio, pode ser indicada em indivíduos com elevadas taxas de sudorese ou em atividades prolongadas realizadas em ambientes quentes, como em maratonas. Nesses

casos, estratégias como o uso de cápsulas de sódio ou soluções eletrolíticas podem ser empregadas de forma prática, de acordo com as características do atleta e da modalidade. A escolha do tipo de suplementação deve considerar a tolerância individual, a duração do exercício e as condições ambientais, com o objetivo de manter o equilíbrio hídrico e reduzir o risco de desidratação e hiponatremia (ACSM, 2007).

RECURSOS ERGOGÊNICOS NUTRICIONAIS

Os recursos ergogênicos nutricionais são substâncias utilizadas com o objetivo de melhorar o desempenho físico, otimizar a recuperação e potencializar adaptações ao treinamento. Esses recursos podem atuar por diferentes mecanismos, como aumento da disponibilidade de substratos energéticos, modulação do sistema nervoso central, tamponamento de íons hidrogênio, melhora da contração muscular ou redução da fadiga (Maughan *et al.*, 2018; Kerksick *et al.*, 2018).

De acordo com o nível de evidência científica disponível, alguns suplementos apresentam suporte consistente para melhoria de desempenho, sendo classificados como de maior nível de evidência (nível A de evidência). Entre os principais destacam-se a cafeína, a creatina, a beta-alanina, o bicarbonato de sódio e os nitratos (Maughan *et al.*, 2018).

Embora esses suplementos apresentem evidência consistente, sua utilização deve ser individualizada, considerando a modalidade esportiva, a resposta do atleta, a dose, o momento de ingestão e possíveis efeitos colaterais. Além disso, é fundamental que o uso de recursos ergogênicos esteja inserido dentro de um planejamento nutricional adequado, não substituindo uma alimentação equilibrada.

CREATINA

A creatina é um composto nitrogenado naturalmente encontrado no organismo, sintetizado a partir dos aminoácidos glicina, arginina e metionina, e armazenado principalmente no músculo esquelético na forma de creatina livre

e fosfocreatina. Também pode ser obtida por meio da dieta, especialmente a partir de alimentos de origem animal, como carnes (Kerksick *et al.*, 2018).

A creatina atua na via fosfagênica, sendo convertida em fosfocreatina no músculo esquelético. Essa molécula doa um grupo fosfato ao ADP, fazendo com que ressintetize o ATP durante esforços de alta intensidade e curta duração. A suplementação é capaz de aumentar o conteúdo intramuscular de fosfocreatina em até 20%, o que contribui para retardar a fadiga e melhorar o desempenho em sprints e esforços repetidos de alta intensidade (Jäger *et al.*, 2017; Maughan *et al.*, 2018). Além disso, favorece o aumento de força, potência e volume de treino, impactando diretamente nas adaptações ao treinamento.

A suplementação de creatina é especialmente indicada para atividades que envolvem esforços repetidos de alta intensidade, como musculação, crossfit e esportes intermitentes, como futebol e basquete. Em velocistas de modalidades como atletismo e natação, seus efeitos sobre a potência anaeróbia são bem estabelecidos. Já em atletas de meio-fundo e fundo, cuja ênfase está na resistência aeróbica, os benefícios diretos sobre o desempenho de prova tendem a ser menores, embora a creatina possa ser utilizada em sessões de força, potência ou em blocos de treino de maior intensidade, contribuindo de forma indireta para o desempenho (Thomas; Erdman; Burke, 2016; Maughan *et al.*, 2018).

Em termos práticos, em exercícios de curta duração e alta intensidade, a creatina pode favorecer o desempenho em séries de sprints, em ações explosivas, como saídas, saltos, arremessos e arrancadas. Em provas de resistência, seu benefício tende a estar mais relacionado à melhora da qualidade do treinamento do que ao desempenho direto na competição.

Em relação ao consumo, a creatina deve ser utilizada de forma contínua, sendo comum a realização de uma fase de saturação com aproximadamente 20 g/dia por 5 a 7 dias, divididas em 4 doses de 5 g, seguida por uma fase de manutenção com 3 a 5 g/dia (Jäger *et al.*, 2017; Maughan *et al.*, 2018). Alternativamente, pode-se utilizar diretamente a dose de manutenção diária. O horário de ingestão não é determinante, podendo ser consumida em qualquer momento do dia, embora seja frequentemente utilizada próxima ao treino. A suplementação pode ser mantida por períodos prolongados, desde que não haja contraindicações (Maughan *et al.*, 2018).

CAFEÍNA

A cafeína é um composto alcalóide amplamente utilizado como recurso ergogênico, presente naturalmente em alimentos como café, chá e cacau, além de disponível na forma de suplementos. Sua utilização no contexto esportivo está associada principalmente aos efeitos sobre o sistema nervoso central e ao desempenho físico (Maughan *et al.*, 2018).

A cafeína atua como antagonista dos receptores de adenosina no sistema nervoso central, promovendo aumento da excitabilidade neural e redução da percepção de esforço e fadiga. Além disso, estimula a liberação de catecolaminas e a ativação da fosforilase muscular, contribuindo para o aumento da taxa de glicogenólise e maior disponibilidade energética durante o exercício. Também pode favorecer a mobilização de ácidos graxos livres, especialmente em exercícios de maior duração (Maughan *et al.*, 2018; Kerksick *et al.*, 2018).

Os efeitos ergogênicos da cafeína são observados tanto em exercícios de alta intensidade quanto em atividades de resistência. Em modalidades que envolvem esforços explosivos, pode contribuir para melhora da ativação neuromuscular, aumento da concentração e desempenho em ações de curta duração. Já em exercícios de *endurance*, está associada à redução da percepção de esforço, melhora do tempo até a exaustão e maior capacidade de sustentar intensidades elevadas ao longo da atividade (Maughan *et al.*, 2018).

Em relação ao consumo, a dose recomendada situa-se entre 3 e 6 mg/kg de peso corporal, ingerida aproximadamente 30 a 60 minutos antes do exercício (Maughan *et al.*, 2018; Kerksick *et al.*, 2017). Doses mais elevadas não necessariamente promovem maior efeito ergogênico e podem aumentar o risco de efeitos colaterais, como ansiedade, desconforto gastrointestinal e alterações no sono. A resposta à cafeína apresenta grande variabilidade individual, sendo influenciada por fatores como habitualidade de consumo e sensibilidade ao composto (Maughan *et al.*, 2018; Kerksick *et al.*, 2017; Kerksick *et al.*, 2018).

BETA-ALANINA

A beta-alanina é um aminoácido não essencial que atua como precursor da carnosina, um dipeptídeo armazenado no músculo esquelético. A carnosina

desempenha papel importante no controle do pH intramuscular, especialmente durante exercícios de alta intensidade (Trexler *et al.*, 2015).

Sua principal função está relacionada ao efeito tamponante, uma vez que a carnosina atua na neutralização de íons hidrogênio, retardando a queda do pH muscular decorrente da glicólise anaeróbia. Esse mecanismo contribui para atenuar a acidose metabólica induzida pelo exercício, permitindo a manutenção do desempenho em esforços intensos por mais tempo (Maughan *et al.*, 2018; Trexler *et al.*, 2015).

A suplementação de beta-alanina é indicada principalmente para atividades de alta intensidade com duração aproximada entre 1 e 4 minutos, nas quais há elevada contribuição do metabolismo glicolítico. Nesses casos, a suplementação pode contribuir para melhorar a capacidade de suportar a acidez muscular gerada durante o esforço intenso, favorecendo o desempenho (Maughan *et al.*, 2018; Trexler *et al.*, 2015).

Em relação ao consumo, recomenda-se a suplementação de aproximadamente 4 a 6 g/dia, divididas em doses menores de 0,8 a 1,6 g ao longo do dia, com o objetivo de reduzir efeitos colaterais como a parestesia (sensação de coceira, formigamento ou dormência em partes do corpo). O período de uso geralmente varia entre 4 e 6 semanas, tempo necessário para o aumento significativo dos níveis de carnosina intramuscular. O horário de ingestão não é determinante, sendo mais importante a consistência do consumo diário (Maughan *et al.*, 2018; Trexler *et al.*, 2015).

BICARBONATO DE SÓDIO

O bicarbonato de sódio é um composto utilizado como recurso ergogênico com ação tamponante extracelular, atuando principalmente no controle do pH sanguíneo durante o exercício (Maughan *et al.*, 2018).

Sua principal função está relacionada ao aumento do pH sanguíneo e do gradiente de difusão de íons de hidrogênio, facilitando a remoção desses íons do meio intramuscular para o meio extracelular. Esse mecanismo contribui para a redução da acidose metabólica induzida pelo exercício de alta intensidade,

retardando a fadiga e permitindo a manutenção do desempenho por mais tempo (Maughan *et al.*, 2018; Kerksick *et al.*, 2017).

A suplementação de bicarbonato de sódio é indicada principalmente para esforços de alta intensidade com duração aproximada entre 1 e 10 minutos, nos quais há elevada produção de lactato e acúmulo de íons de hidrogênio. Nesse contexto, pode beneficiar modalidades como provas de 100 a 1500 m no atletismo e 100 a 800 m na natação, além de outras atividades intermitentes de alta intensidade, como crossfit e esportes coletivos (Maughan *et al.*, 2018).

Em relação ao consumo, recomenda-se a ingestão aguda de 0,2 a 0,4 g/kg de massa corporal, aproximadamente 60 a 150 minutos antes do exercício. Alternativamente, a ingestão pode ser realizada de forma fracionada, seja em doses menores ao longo de 30 a 180 minutos antes da atividade, seja distribuída em 3 a 4 doses diárias por 2 a 4 dias antes do evento, com o objetivo de melhorar a tolerabilidade gastrointestinal. O principal efeito adverso associado ao uso do bicarbonato de sódio é o desconforto gastrointestinal, podendo incluir náuseas, distensão abdominal e diarreia, sendo esse efeito minimizado com protocolos fracionados ou com ingestão associada a refeições (Maughan *et al.*, 2018).

NITRATO

Os nitratos são compostos presentes naturalmente em alimentos, com destaque para vegetais como a beterraba, sendo amplamente utilizados como recurso ergogênico na forma de suco concentrado. Após a ingestão, os nitratos são reduzidos a nitrito e, posteriormente, a óxido nítrico (NO), molécula com importante função na regulação vascular (Maughan *et al.*, 2018).

Sua principal função está relacionada ao aumento da biodisponibilidade de óxido nítrico, promovendo vasodilatação, melhora da perfusão muscular e maior eficiência no fornecimento de oxigênio aos tecidos. Além disso, os nitratos estão associados à redução do custo de oxigênio durante o exercício submáximo, o que pode resultar em melhoria da eficiência metabólica e do desempenho em atividades de resistência (Maughan *et al.*, 2018; Kerksick *et al.*, 2017).

A suplementação de nitratos é mais indicada para exercícios predominantemente aeróbicos, nos quais a eficiência do metabolismo oxidativo é

determinante para o desempenho. Os maiores benefícios são observados em provas de *endurance*, como 1500m na natação, 5000 m, meia-maratona e maratona no atletismo, com melhora do tempo até a exaustão e da economia de esforço. Em exercícios de alta intensidade e curta duração, os efeitos tendem a ser menos consistentes (Maughan *et al.*, 2018).

Em relação ao consumo, recomenda-se a ingestão de aproximadamente 5 a 9 mmol de nitratos (cerca de 310 a 560 mg), geralmente na forma de suco de beterraba, cerca de 2 a 3 horas antes do exercício. Protocolos crônicos, com ingestão por alguns dias consecutivos antes da competição, também podem ser utilizados para potencializar os efeitos. A resposta à suplementação pode variar entre indivíduos, sendo influenciada por fatores como dieta habitual e microbiota oral (Maughan *et al.*, 2018).

Tabela 5 - Síntese dos Recursos Ergogênicos Nutricionais.

Ergogênico	Função / Efeito	Prova / Estímulo	Quantidade	Horário
Creatina	Aumento da ressíntese de ATP (via fosfogênica), força e potência	Esforços curtos e intensos (força, sprints)	3–5 g/dia (ou 20 g/d por 5–7 dias)	Uso contínuo (próximo ao treino)
Cafeína	Redução da percepção de esforço, aumento da ativação neural	Endurance e alta intensidade	3–6 mg/kg	30–60 min antes
Beta-alanina	Tamponamento intracelular (↑ carnosina), redução da acidose	Exercícios de 1–4 min (meio-fundo, HIIT)	4–6 g/dia (fracionado)	Uso contínuo (4–6 semanas)
Bicarbonato	Tamponamento extracelular (↑ pH sanguíneo)	Exercícios de 1–10 min (alta intensidade)	0,2–0,4 g/kg	60–150 min antes
Nitrato (beterraba)	Vasodilatação, ↑ eficiência energética, ↓ custo de O ₂	Endurance (provas longas)	5–9 mmol (≈310–560 mg)	2–3h antes

Fonte: Baseado nas diretrizes da ISSN, *American College of Sports Medicine - ACSM* (2016) e *International Olympic Committee (IOC)*.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

De forma geral, a suplementação esportiva e a manipulação de macronutrientes no alto rendimento apresentam princípios semelhantes entre diferentes modalidades, incluindo a necessidade de ingestão adequada de macronutrientes,

boa hidratação e utilização de recursos ergogênicos com respaldo científico, quando apropriado. Esses princípios também se sustentam nos mecanismos fisiológicos envolvidos nos diferentes tipos de esforço.

As principais diferenças residem no ambiente de prática, no padrão das provas (velocidade/explosão versus resistência), na logística de competição (múltiplas séries versus prova única), na termorregulação e no padrão de movimento. Esses fatores exigem que o nutricionista ou a equipe técnica adaptem às recomendações de forma individualizada, considerando o atleta, a modalidade, o tipo de prova e a fase do ciclo de treinamento.

Para atletas de velocidade, a ênfase recai sobre potência e força, com maior atenção à ingestão proteica e ao uso de suplementos como creatina, cafeína e agentes tamponantes. Já para meio-fundistas, a necessidade de equilíbrio entre intensidade e duração exige adequado aporte de carboidratos, estratégias de tamponamento e utilização de recursos que contribuam para a manutenção do desempenho em esforços intensos. Para fundistas, a prioridade está no elevado consumo de carboidratos, na hidratação durante a prova e no uso de suplementos como cafeína e nitrato, com menor ênfase em recursos voltados à potência.

REFERÊNCIAS

ACSM. American College of Sports Medicine position stand: exercise and fluid replacement. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 39, n. 2, p. 377–390, 2007. DOI: 10.1249/mss.0b013e31802ca597.

ACSM. Position of the Academy of Nutrition and Dietetics, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and Athletic Performance. **Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics**, v. 48, n. 3, p. 543–568, 2016. DOI: 10.1249/MSS.0000000000000852.

BURKE, Louise M. *et al.* Carbohydrates for training and competition. **Journal of Sports Sciences**, v. 29, supl. 1, p. S17–S27, 2011. DOI: 10.1080/02640414.2011.585473.

BURKE, Louise M.; HAWLEY, John A. Swifter, higher, stronger: What's on the menu? **Science**, v. 362, n. 6416, p. 781–787, 2018. DOI: 10.1126/science.aau2093.

CHEUVRONT, Samuel N.; KENEFICK, Robert W. Dehydration: physiology, assessment, and performance effects. **Comprehensive Physiology**, v. 4, n. 1, p. 257–285, 2014. DOI: 10.1002/cphy.c13001.

GASTIN, Paul B. Energy System Interaction and Relative Contribution During Maximal Exercise. **Sports Medicine**, v. 31, n. 10, p. 725–741, 2012. DOI: 10.2165/00007256-200131100-00003.

HARGREAVES, Mark; SPRIET, Lawrence L. Skeletal muscle energy metabolism during exercise. **Nature Metabolism**, v. 2, n. 9, p. 817–828, 2020. DOI: 10.1038/s42255-020-0251-4.

JÄGER, Ralf *et al.* International Society of Sports Nutrition Position Stand: protein and exercise. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 14, n. 20, 2017. DOI: 10.1186/s12970-017-0177-8.

JEUKENDRUP, Asker E. A step towards personalized sports nutrition: carbohydrate intake during exercise. **Sports Medicine**, v. 44, suppl. 1, p. S25–S33, 2014. DOI: 10.1007/s40279-014-0148-z.

JEUKENDRUP, Asker E. Regulation of fat metabolism in skeletal muscle. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 967, p. 217–235, 2002. DOI: 10.1111/j.1749-6632.2002.tb04278.x.

KERKSICK, Chad M. *et al.* International Society of Sports Nutrition position stand: exercise and sports nutrition review update: research and recommendations. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 15, n. 1, p. 38, 2018. DOI: 10.1186/s12970-018-0242-y.

KERKSICK, Chad M. *et al.* International society of sports nutrition position stand: nutrient timing. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 14, n. 33, 2017. DOI: 10.1186/s12970-017-0189-4.

MAUGHAN, Ronald J. *et al.* IOC consensus statement: dietary supplements and the high-performance athlete. **British Journal of Sports Medicine**, v. 52, n. 7, p. 439–455, 2018. DOI: 10.1136/bjsports-2018-099027.

NELSON, David L.; COX, Michael M. **Lehninger: princípios de bioquímica**. 4. ed. São Paulo: Sarvier, 2014.

THOMAS, D. Travis; ERDMAN, Kelly Anne; BURKE, Louise M. Position of the Academy of Nutrition and Dietetics, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and Athletic Performance. **Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics**, v. 116, n. 3, p. 501–528, 2016. DOI: 10.1016/j.jand.2015.12.006.

TREXLER, Eric T. *et al.* International Society of Sports Nutrition position stand: beta-alanine. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 12, n. 1, p. 30, 2015. DOI: 10.1186/s12970-015-0090-y.

POTENCIAL ANTIOXIDANTE E ANTI- INFLAMATÓRIO DE COMPOSTOS BIOATIVOS ORIUNDOS DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS

Saskia Ferreira de Melo

Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)

Adriana da Silva Brito

Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)

RESUMO

O objetivo deste estudo foi realizar uma revisão narrativa da literatura sobre o potencial antioxidante e anti-inflamatório de compostos bioativos presentes em resíduos agroindustriais. Diante do elevado volume de subprodutos gerados pelo processamento de frutas, vegetais e grãos, a valorização dessas matrizes constitui uma estratégia sustentável para o desenvolvimento de ingredientes funcionais. A busca bibliográfica foi conduzida nas bases de dados PubMed, SciELO, ScienceDirect, Google Scholar e LILACS, utilizando descritores controlados (DeCS/MeSH) e abrangendo o período de 2015 a 2025. Foram selecionados estudos que investigaram a composição fitoquímica de subprodutos alimentares, seus mecanismos bioquímicos de ação e respectivas aplicações na promoção da saúde. As evidências sistematizadas demonstram que esses compostos atuam na modulação do estresse oxidativo e na atenuação de processos inflamatórios sistêmicos. Concluiu-se que os resíduos agroindustriais constituem fontes promissoras para o desenvolvimento de insumos funcionais e nutracêuticos, alinhando a manutenção da homeostase metabólica humana às estratégias de economia circular e aproveitamento integral dos alimentos.

Palavras-chave: Resíduos de alimentos; antioxidantes; anti-inflamatórios; desenvolvimento sustentável.

INTRODUÇÃO

A crescente expansão da indústria alimentícia e o aumento da demanda por alimentos têm contribuído significativamente para a geração de resíduos agroindustriais em todo o mundo. Durante o processamento de frutas, hortaliças e outros produtos vegetais, grandes quantidades de cascas, sementes, bagaços e frações fibrosas são descartadas, muitas vezes de forma inadequada. Esse descarte incorreto acarreta impactos ambientais relevantes, como o aumento da carga orgânica no meio ambiente, a emissão de gases provenientes da decomposição e o desperdício de recursos naturais (Sagar *et al.*, 2018). Nesse contexto, os resíduos provenientes da indústria de alimentos passaram a ser reconhecidos não apenas como um desafio ambiental e econômico, mas também como materiais com elevado potencial de reaproveitamento.

Muitos desses subprodutos apresentam constituição rica em compostos bioativos, incluindo polifenóis, flavonoides, carotenoides, fibras alimentares e outros metabólitos secundários associados à atividade antioxidante e anti-inflamatória. Entretanto, apesar do potencial funcional dessas moléculas, grande parte desses constituintes é perdida ao longo da cadeia produtiva em decorrência do descarte inadequado dos resíduos agroindustriais. Essa perda injustificada constitui um problema de grande relevância ambiental, econômica e social. Nesse cenário, estratégias sustentáveis voltadas ao aproveitamento de matrizes alimentares vêm sendo estudadas como alternativas capazes de reduzir impactos ambientais e transformar resíduos em produtos de maior valor agregado (Ghosh *et al.*, 2016).

Além do potencial antioxidante direto, evidências recentes indicam que compostos bioativos presentes em resíduos vegetais podem exercer efeitos benéficos sobre a microbiota intestinal. Muitos polifenóis e polissacarídeos resistem à digestão no trato gastrointestinal superior e alcançam o intestino grosso em sua forma biologicamente ativa, onde passam a interagir com microrganismos intestinais e modular sua composição e atividade metabólica. Conforme discutido por Jia *et al.* (2025), essa interação pode favorecer a produção de metabólitos associados à manutenção da saúde intestinal e à redução de processos inflamatórios, reforçando o potencial desses resíduos como fontes de ingredientes funcionais e prebióticos.

Diante disso, aproveitar os resíduos da agroindústria é uma escolha sustentável que une vantagens para o meio ambiente, para a tecnologia e para a nutrição, ajudando a diminuir o desperdício de comida e a criar novos alimentos funcionais. Com base nisso, este capítulo tem o objetivo de analisar, por meio de uma revisão narrativa da literatura, o papel funcional e terapêutico dos compostos bioativos encontrados nesses resíduos da indústria de alimentos, destacando suas aplicações na promoção da saúde e em estratégias sustentáveis de reaproveitamento.

METODOLOGIA

Tipo de estudo

Esta pesquisa caracteriza-se como uma revisão narrativa de literatura, de natureza exploratória e descritiva, conduzida por meio de abordagem qualitativa. A escolha desse delineamento metodológico justifica-se pela necessidade de integrar diferentes perspectivas presentes na literatura científica atualmente, permitindo a interpretação e a discussão de resultados provenientes de múltiplos estudos que abordam a composição química, os mecanismos bioquímicos de ação e as possíveis aplicações desses compostos.

Procedimento de busca e bases de dados

O levantamento bibliográfico foi realizado por meio de consultas em bases de dados científicas amplamente reconhecidas na área das ciências da saúde, dos alimentos e da bioquímica, com o objetivo de garantir a confiabilidade, relevância e atualidade das informações analisadas. As bases consultadas incluíram *ScienceDirect* (Elsevier), *PubMed*, MDPI (*Multidisciplinary Digital Publishing Institute*), *SpringerLink* e Google Acadêmico, selecionadas por apresentarem ampla cobertura de periódicos científicos internacionais e por disponibilizarem estudos relevantes relacionados ao tema em questão.

As estratégias de busca foram conduzidas utilizando descritores em português e inglês, incluindo termos indexados em vocabulários controlados, como os *Medical Subject Headings* (MeSH), bem como palavras-chave amplamente

utilizadas na literatura científica da área. Esses descritores foram combinados por meio de operadores booleanos (AND e OR), a fim de ampliar a sensibilidade e a especificidade das buscas. Entre os principais termos utilizados destacam-se: *"bioactive compounds"*, *"agro-industrial waste"*, *"food by-products"*, *"antioxidant activity"*, *"anti-inflammatory potential"* e *"green extraction"*. A combinação desses descritores permitiu identificar estudos relacionados à caracterização química de compostos bioativos, aos mecanismos antioxidantes e anti-inflamatórios e às aplicações tecnológicas desses compostos obtidos a partir dos resíduos agroindustriais.

CrITÉRIOS de inclusão e exclusão

Para a seleção dos estudos incluídos na revisão, foram estabelecidos critérios de inclusão e exclusão previamente definidos. Como critérios de inclusão, foram considerados artigos científicos originais e revisões de literatura publicados em periódicos indexados e submetidos ao processo de revisão por pares, que abordassem diretamente a presença de compostos bioativos em resíduos da indústria oriundos da agricultura e suas propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias. Buscou-se priorizar publicações recentes, especialmente aquelas publicadas entre os anos de 2015 e 2025, com ênfase em estudos mais atuais que representassem o estado da arte da área e o desenvolvimento de tecnologias emergentes.

Também foram incluídos estudos que apresentassem análises da composição química de subprodutos vegetais, como cascas, sementes e bagaços, bem como trabalhos sobre métodos de extração desses compostos e suas possíveis aplicações em alimentos ou em sistemas biológicos. Foram considerados artigos publicados nos idiomas inglês e português.

Como critérios de exclusão, foram descartados estudos que não apresentavam relação direta com o potencial antioxidante ou anti-inflamatório das matrizes vegetais analisadas. Também foram excluídos trabalhos cujo foco estivesse restrito a aspectos logísticos ou operacionais da gestão de resíduos, sem abordagem bioquímica ou nutricional relevante para os objetivos da pesquisa.

Declaração de uso de ferramentas de Inteligência Artificial (IA)

Em conformidade com as diretrizes estabelecidas pela Portaria nº 2.664/2026, do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), declara-se que as ferramentas de Inteligência Artificial (IA) generativa *ChatGPT* e *Gemini* foram utilizadas exclusivamente para fins de correção gramatical e otimização do texto (coerência e coesão) durante a preparação deste capítulo de livro. Toda a interpretação dos dados e revisão crítica da literatura foram conduzidas integralmente pelas autoras, que assumem total responsabilidade ética, científica e legal pelo conteúdo intelectual, originalidade e integridade do manuscrito final.

DESENVOLVIMENTO

Geração de resíduos agroindustriais e impactos ambientais

O crescimento da indústria agroalimentar e a intensificação do processamento de alimentos têm contribuído significativamente para o aumento da geração de resíduos ao longo da cadeia produtiva. O avanço tecnológico aplicado à produção agrícola e industrial possibilitou o aumento da produtividade global de alimentos nas últimas décadas, entretanto, também resultou em elevada geração de resíduos orgânicos e desperdícios agroindustriais, incluindo cascas, sementes, bagaços e outras frações vegetais descartadas durante o processamento de matérias-primas alimentícias. Khanna *et al.* (2024) destacam que o atual sistema agroalimentar ainda opera predominantemente em um modelo linear de produção, baseado em extração, processamento e descarte, o que contribui para impactos ambientais relevantes associados ao acúmulo de resíduos e à baixa eficiência no aproveitamento de recursos.

Estima-se que o acúmulo de resíduos agroindustriais ultrapasse 2 bilhões de toneladas em escala mundial, representando um importante desafio ambiental, econômico e sanitário. Segundo Socas-Rodríguez *et al.* (2021), o manejo inadequado desses resíduos pode ocasionar contaminação do solo e de recursos hídricos, emissão de gases de efeito estufa e aumento da carga orgânica ambiental. Além disso, grande parte desses materiais ainda é destinada a aterros

ou descartada sem aproveitamento adequado, apesar de apresentar elevado potencial nutricional e tecnológico.

Diversos subprodutos provenientes do processamento de frutas, hortaliças, cereais e oleaginosas apresentam composição rica em fibras alimentares, proteínas e compostos bioativos, incluindo polifenóis, flavonoides, carotenoides e vitaminas (Socas-Rodríguez *et al.*, 2021). Nesse contexto, Dey *et al.* (2021) ressaltam que resíduos agroindustriais podem ser incorporados em formulações alimentícias e utilizados no desenvolvimento de ingredientes funcionais, contribuindo simultaneamente para a redução do desperdício e para a agregação de valor nutricional e tecnológico aos alimentos.

Dessa forma, a valorização de resíduos agroindustriais insere-se em uma perspectiva mais ampla de transição para sistemas alimentares sustentáveis fundamentados nos princípios da economia circular e da bioeconomia. Essa abordagem propõe a substituição do modelo linear tradicional de produção e descarte por estratégias voltadas à redução, reutilização, recuperação e regeneração de recursos, promovendo maior eficiência no uso de matérias-primas e agregação de valor aos subprodutos da indústria de alimentos (Khanna *et al.*, 2024).

Assim, o reaproveitamento desses resíduos desponta como uma estratégia promissora para minimizar impactos ambientais e ampliar o desenvolvimento de ingredientes alimentícios com propriedades funcionais e potencial aplicação tecnológica.

Compostos bioativos: classes e biodisponibilidade

Os compostos bioativos são substâncias naturalmente presentes nos alimentos, especialmente de origem vegetal, que não desempenham funções nutricionais essenciais, mas exercem efeitos biológicos relevantes no organismo. Entre suas principais classes químicas, destacam-se os compostos fenólicos, que abrangem subgrupos como flavonoides e ácidos fenólicos. Também se destacam os carotenoides, pigmentos lipossolúveis responsáveis pelas colorações amarela, alaranjada e avermelhada de frutas e hortaliças, além dos glucosinolatos, cuja ocorrência e concentração variam conforme a espécie vegetal, as condições agrônômicas e o processamento dos alimentos (Belmonte-Herrera *et al.*, 2022;

Septembre-Malaterre; Remize; Poucheret, 2018). Estruturalmente, os polifenóis caracterizam-se pela presença de um ou mais anéis aromáticos associados a grupos hidroxila, configuração que confere a essas moléculas elevada capacidade de participar de reações redox (Sagar *et al.*, 2018).

A atividade biológica dos compostos bioativos está intimamente relacionada à sua estrutura química, que condiciona propriedades como polaridade, estabilidade e capacidade de interação molecular. Tais características influenciam a afinidade por enzimas, receptores celulares e vias de sinalização, possibilitando a modulação de processos metabólicos e fisiológicos. Alterações sutis na estrutura, como o número e a disposição de grupos funcionais, podem resultar em diferenças significativas na intensidade e no tipo de efeito biológico exercido (Zhang *et al.*, 2015).

Além da estrutura química, a biodisponibilidade constitui um fator determinante para a eficácia dos compostos bioativos. Após a ingestão, esses compostos passam por processos de digestão, absorção, metabolização e distribuição, podendo originar metabólitos com atividade biológica distinta da forma original. A biodisponibilidade é influenciada por múltiplos fatores, incluindo a matriz alimentar, a interação com outros nutrientes, a forma química do composto e a atuação da microbiota intestinal, que desempenha papel relevante na biotransformação dessas substâncias (Di Lorenzo *et al.*, 2021).

Para melhor organização das principais classes de compostos bioativos, suas fontes e funções biológicas, apresenta-se a Tabela 1.

Tabela 1 - Classes de compostos bioativos, fontes e principais funções.

Classe	Exemplos	Fontes	Características químicas	Ações biológicas
Flavonoides	Quercetina, catequina, antocianina	Cascas, sementes, frutas	Três anéis aromáticos e múltiplas hidroxilas	Antioxidante a anti-inflamatória
Ác. fenólicos	Ác. gálico, ferúlico, caféico	Resíduos vegetais, grãos	Compostos fenólicos, aromáticos e hidroxilados	Neutralização de radicais livres
Carotenoides	β-caroteno, licopeno, luteína	Frutas e hortaliças pigmentadas	Pigmentos lipossolúveis com duplas ligações conjugadas	Antioxidante, proteção celular

Classe	Exemplos	Fontes	Características químicas	Ações biológicas
Lignanais	Secoisolariciresinol	Sementes (linhaça)	Formados pela dimerização de duas unidades fenilpropanóides	Atividade estrogênica e anti-oxidante
Glucosinolatos	Sulforafano	Vegetais crucíferos	β -tioglicosídeos N-hidroxissulfatos	Detoxificação, atividade anti-carcinogênica

Fonte: Autoria própria (2026).

Embora não sejam considerados nutrientes essenciais, os compostos bioativos apresentam importância nutricional complementar, sendo determinantes para a qualidade da dieta e para a promoção da saúde. A literatura vem associando o consumo regular de alimentos ricos nesses compostos à modulação do estresse oxidativo, de processos inflamatórios e de mecanismos envolvidos na homeostase metabólica. Dessa forma, o estudo dos bioativos amplia a compreensão do papel da alimentação, transcendendo o suprimento energético básico e reforçando sua influência direta sobre funções fisiológicas e preventivas (Cory *et al.*, 2018).

Potencial fitoquímico de matrizes residuais em comparação às partes convencionalmente comestíveis

O processamento industrial de frutas, hortaliças e outros produtos vegetais resulta na geração de grandes quantidades de resíduos orgânicos, incluindo cascas, sementes, bagaços e talos. Historicamente, esses subprodutos foram considerados materiais de baixo valor econômico, sendo frequentemente destinados à alimentação animal, compostagem ou descarte. Entretanto, nas últimas décadas, estudos têm demonstrado que esses resíduos constituem matrizes biologicamente complexas e ricas em compostos bioativos, despertando interesse crescente nas áreas de ciência dos alimentos, nutrição e bioquímica nutricional (Sagar *et al.*, 2018).

A elevada concentração de metabólitos secundários nos tecidos vegetais está diretamente relacionada às funções fisiológicas que desempenham na planta. Estruturas como cascas e sementes atuam como barreiras protetoras contra múltiplos estresses ambientais, incluindo radiação ultravioleta, variações térmicas,

ataque de microrganismos e herbivoria (Kasote *et al.*, 2015). Para desempenhar esse papel defensivo, essas partes acumulam compostos químicos capazes de neutralizar espécies reativas, inibir o crescimento microbiano e modular processos oxidativos. Como consequência, resíduos vegetais frequentemente apresentam concentrações expressivas de polifenóis, carotenóides, fibras dietéticas e outros fitoquímicos que exercem funções biológicas relevantes (Barbosa *et al.*, 2021; Belmonte-Herrera *et al.*, 2022).

Estudos comparativos entre partes comestíveis e frações residuais de alimentos têm demonstrado que, em diversos casos, cascas e sementes apresentam teor significativamente superior de compostos fenólicos e atividade antioxidante quando comparadas à polpa ou ao tecido interno do alimento (Saini *et al.*, 2025; Socas-Rodriguez *et al.*, 2021). Essa distribuição diferencial corrobora a hipótese de que tais moléculas são majoritariamente sintetizadas e acumuladas nas camadas mais externas da planta como parte dos mecanismos naturais de defesa (Barbosa *et al.*, 2021).

Do ponto de vista bioquímico e tecnológico, esse cenário sugere que resíduos agroindustriais não devem ser interpretados apenas como subprodutos do processamento, mas sim como reservatórios potenciais de moléculas biologicamente ativas (Saini *et al.*, 2025). A valorização dessas matrizes, portanto, insere-se em um contexto mais amplo de sustentabilidade e economia circular, no qual a recuperação de compostos bioativos pode simultaneamente reduzir impactos ambientais, otimizar o uso de recursos naturais e gerar ingredientes com potencial funcional para a indústria de alimentos e saúde (Decker, 2025; Pereira; Firmo; Coutinho, 2022).

Nesse sentido, a compreensão detalhada da composição química dessas matrizes torna-se essencial para identificar quais classes de compostos bioativos estão presentes nesses resíduos e de que forma suas propriedades estruturais influenciam sua atividade biológica (Kim *et al.*, 2021). Entre os diversos grupos de metabólitos secundários identificados em resíduos vegetais, os polifenóis e carotenóides destacam-se pela frequência com que ocorrem nessas matrizes e pela relevância de suas atividades antioxidantes e moduladoras do metabolismo celular (Belmonte-Herrera *et al.*, 2022; Sadeh *et al.*, 2022; Ibrahim *et al.*, 2024).

Perfil de polifenóis e carotenóides em resíduos e tecnologias sustentáveis de extração

Os resíduos vegetais provenientes do processamento de alimentos apresentam composição fitoquímica complexa, caracterizada pela presença de uma ampla diversidade de metabólitos secundários. Entre esses compostos, os polifenóis e carotenóides representam dois dos grupos mais amplamente investigados devido à sua participação em mecanismos antioxidantes e à sua capacidade de interagir com sistemas biológicos envolvidos na regulação do estresse oxidativo e da inflamação (Ibrahim *et al.*, 2024; Lazzari *et al.*, 2021).

Os polifenóis constituem uma das maiores classes de compostos bioativos encontrados em tecidos vegetais (Asma *et al.*, 2023). Do ponto de vista biossintético, essas moléculas são derivadas principalmente da via dos fenilpropanóides, uma rota metabólica responsável pela produção de uma grande variedade de compostos fenólicos envolvidos na defesa e adaptação das plantas ao ambiente (Kasote *et al.*, 2015). Dentro dessa classe, destacam-se subgrupos importantes como flavonóides, ácidos fenólicos, taninos e estilbenos. Os flavonóides constituem um grupo particularmente diverso, incluindo compostos como quercetina, catequina, kaempferol e antocianinas, frequentemente identificados em cascas e sementes de frutas (Baron *et al.*, 2021; Magalhães *et al.*, 2021). Esses compostos apresentam diferentes padrões de hidroxilação e substituição química, fatores que influenciam diretamente sua capacidade antioxidante e sua interação com sistemas celulares (Asma *et al.*, 2023).

Além dos flavonóides, os ácidos fenólicos derivados do ácido benzóico e do ácido cinâmico — como os ácidos gálico, ferúlico, cafeico e *p*-cumárico — desempenham papel fundamental na proteção dos tecidos vegetais e apresentam propriedades biológicas relevantes para o consumo humano (Decker, 2025; Sadeh *et al.*, 2022). Paralelamente, os carotenóides (como β -caroteno, luteína e licopeno) são frequentemente identificados em matrizes residuais pigmentadas, sendo reconhecidos por sua capacidade de neutralizar espécies reativas de oxigênio (Patra *et al.*, 2022). A diversidade estrutural desses bioativos pode ser consultada na Tabela 2.

Tabela 2 - Principais polifenóis identificados em resíduos vegetais.

Classe	Compostos representativos	Localização no alimento	Função na planta	Efeitos no organismo
Flavonoides	Quercetina, kaempferol, catequina	Cascas e sementes	Proteção contra radiação UV	Antioxidante, anti-inflamatório
Antocianinas	Cianidina, malvidina	Cascas de frutas pigmentadas	Atração de polinizadores	Ação antioxidante
Ác. fenólicos	Ác. ferúlico, caféico, gálico	Polpa e casca	Defesa contra estresse oxidativo	Neutralização de radicais livres
Taninos	Taninos condensados	Sementes	Defesa contra herbivoria	Antimicrobiano
Estilbenos	Resveratrol	Cascas	Defesa contra patógenos	Cardioprotetor

Fonte: Autoria própria (2026).

A grande diversidade estrutural desses compostos exerce influência direta sobre suas propriedades químicas e biológicas, determinando sua capacidade de atuar como antioxidantes, moduladores metabólicos ou reguladores de processos inflamatórios (Asma *et al.*, 2023; Fernandes *et al.*, 2025; Nani *et al.*, 2021). Contudo, a viabilidade de seu uso depende intrinsecamente da eficiência dos processos de recuperação. Métodos convencionais de extração podem causar degradação oxidativa de moléculas termossensíveis, como as antocianinas, devido ao uso de solventes orgânicos e calor prolongado. Nesse cenário, o emprego de “tecnologias verdes”, como a extração assistida por ultrassom e solventes eutéticos profundos, têm demonstrado maior eficácia na preservação da integridade estrutural desses fitoquímicos (Basile *et al.*, 2024; Seguí; Barrera, 2025).

Dessa forma, compreender o perfil fitoquímico e selecionar métodos de extração adequados são passos fundamentais para avaliar o potencial desses resíduos como fonte de ingredientes bioativos. Essa integração é essencial, considerando que os efeitos biológicos desses fitoquímicos dependem não apenas de sua presença na matriz, mas de sua capacidade de interagir com sistemas oxidativos e enzimáticos envolvidos na manutenção do equilíbrio redox celular (Kasote *et al.*, 2015; Nani *et al.*, 2021; Yadav *et al.*, 2024).

Mecanismos de ação: potencial antioxidante e imunomodulador

O estresse oxidativo representa um dos principais mecanismos bioquímicos associados ao desenvolvimento de diversas patologias crônicas, incluindo doenças cardiovasculares, distúrbios metabólicos e processos inflamatórios sistêmicos. Esse fenômeno ocorre quando há um desequilíbrio entre a produção de espécies reativas de oxigênio e nitrogênio e a capacidade do organismo de neutralizá-las por meio de sistemas antioxidantes endógenos (Nani *et al.*, 2021). Compostos bioativos presentes em resíduos vegetais, especialmente polifenóis e carotenóides, atuam na mitigação desse desequilíbrio por meio de múltiplos mecanismos. Um dos mais descritos envolve a varredura direta de radicais livres, na qual moléculas fenólicas atuam como doadoras de elétrons ou átomos de hidrogênio, interrompendo reações em cadeia que poderiam causar danos a biomoléculas celulares (Sadef *et al.*, 2022).

A eficiência dessa ação está intimamente relacionada à estrutura química dos compostos (Kim *et al.*, 2021). A presença de múltiplos grupos hidroxila em anéis aromáticos facilita a estabilização de radicais livres por meio de ressonância eletrônica, permitindo que essas moléculas atuem como agentes redutores eficazes. Além disso, determinadas configurações estruturais, como a presença de sistemas conjugados ou grupos catecol, aumentam o potencial de quelar íons metálicos de transição (ferro e cobre), reduzindo sua disponibilidade para participar de reações catalíticas que geram o radical hidroxila (Baron *et al.*, 2021; Ibrahim *et al.*, 2024).

Contudo, evidências recentes indicam que o potencial antioxidante dos compostos bioativos não se limita apenas à neutralização química direta de radicais livres. Diversos fitoquímicos exercem efeito antioxidante indireto e regulatório sobre sistemas celulares envolvidos na resposta inflamatória. Nesse contexto, Nani *et al.* (2021) sugerem que polifenóis são capazes de estimular a expressão ou a atividade de enzimas antioxidantes endógenas, como superóxido dismutase, catalase e glutathione peroxidase, que desempenham papel fundamental na neutralização de espécies reativas e na manutenção da homeostase redox. Adicionalmente, Abbasi-Parizada *et al.* (2024) demonstraram que extratos obtidos de subprodutos agroindustriais possuem potencial imunomodulador,

sendo capazes de modular a atividade de macrófagos e reduzir a produção de citocinas pró-inflamatórias.

Essa interação multifacetada evidencia que os efeitos dos compostos bioativos residuais vão além da simples varredura de radicais, atuando como moduladores metabólicos capazes de influenciar processos celulares complexos relacionados ao controle da inflamação e à manutenção da homeostase redox (Yadav *et al.*, 2024).

Modulação da microbiota intestinal e o papel das fibras dietéticas

Além dos efeitos antioxidantes atribuídos aos compostos fenólicos, os resíduos agroindustriais também podem exercer atividade funcional indireta por meio da interação com a microbiota intestinal. Estudos recentes com farinhas obtidas de subprodutos vegetais demonstraram que esses resíduos, ricos em fibras insolúveis e polifenóis ligados à matriz, resistem à digestão gástrica e atuam como substratos prebióticos no cólon. Andrade (2020) observou que a fermentação colônica desses resíduos estimula seletivamente o crescimento de gêneros benéficos, como *Lactobacillus* e *Bifidobacterium*, apresentando desempenho comparável e, em determinados períodos de fermentação, superior ao de prebióticos comerciais, como os frutooligosacarídeos (FOS).

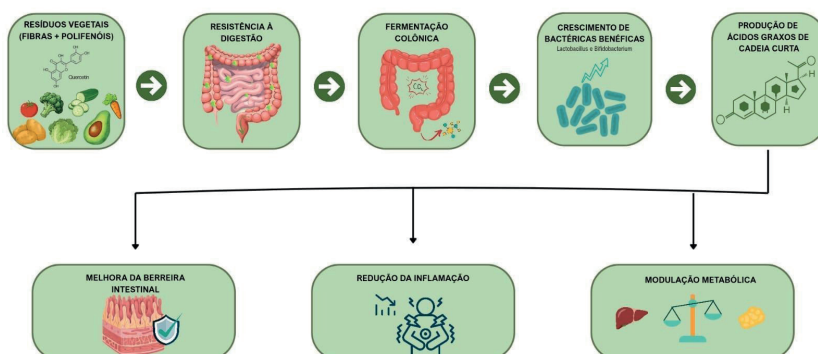
A eficácia dessa modulação está intimamente relacionada ao papel das fibras dietéticas na estabilização e no transporte de compostos bioativos ao longo do trato gastrointestinal. Diferente da visão tradicional que associa fibras apenas ao trânsito intestinal, a estrutura porosa e as propriedades de hidratação dessas macromoléculas influenciam a taxa de liberação de polifenóis, atuando como um sistema natural de encapsulação que protege os fitoquímicos contra a degradação precoce no trato superior (Karim *et al.*, 2024). Essa interação entre fibras e compostos fenólicos sugere que a atividade biológica observada em matrizes residuais resulta de um efeito sinérgico: a combinação entre antioxidantes naturais e polímeros da parede celular (celulose, hemicelulose e lignina) amplia a estabilidade dos compostos e favorece sua liberação gradual no organismo (Ospina-Maldonado *et al.*, 2024).

Essa dinâmica microbiana é estratégica para o controle inflamatório sistêmico, uma vez que a fermentação bacteriana da matriz residual resulta na produção significativa de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), com destaque para o butirato. Este metabólito desempenha papel crucial na manutenção da integridade da barreira intestinal e na supressão de citocinas pró-inflamatórias. Adicionalmente, ensaios com células intestinais (Caco-2) indicaram que, após a digestão *in vitro*, os compostos liberados não apresentaram toxicidade e promoveram um aumento no metabolismo celular, sugerindo um efeito citoprotetor entre as fibras fermentáveis e os antioxidantes bioacessíveis (Andrade, 2020).

As implicações metabólicas desse conjunto de mecanismos tornam-se particularmente relevantes quando se considera o papel do estresse oxidativo e da inflamação crônica de baixo grau na etiologia de diversas doenças metabólicas. Evidências indicam que a incorporação de compostos bioativos derivados de resíduos agroindustriais em alimentos funcionais pode contribuir para a redução de biomarcadores associados ao dano oxidativo e para a modulação de vias metabólicas relacionadas ao metabolismo da glicose e dos lipídios (Pérez-Marroquín *et al.*, 2023; Ospina-Maldonado *et al.*, 2024). Nesse contexto, a utilização desses ingredientes em bebidas funcionais, farinhas enriquecidas ou outros produtos alimentícios representa uma estratégia promissora para aumentar a densidade fitoquímica da dieta contemporânea, frequentemente caracterizada por elevado consumo de alimentos ultraprocessados e baixa ingestão de compostos bioativos.

A dinâmica entre a fração não digerível dos resíduos vegetais, a fermentação colônica e a produção de metabólitos com atividade biológica pode ser melhor compreendida por meio da representação esquemática apresentada na Figura 1.

Figura 1 - Modulação da microbiota intestinal a partir de resíduos vegetais e seus efeitos fisiológicos.



Fonte: Autoria própria (2026).

Aplicações tecnológicas, impacto na saúde metabólica e desafios na valorização de resíduos

A crescente valorização de resíduos provenientes da indústria de alimentos reflete uma mudança paradigmática, na qual subprodutos tradicionalmente destinados ao descarte são reconhecidos como reservatórios estratégicos de moléculas bioativas. Essa transição é sustentada por evidências de que cascas, sementes e bagaços frequentemente apresentam concentrações de polifenóis e fibras superiores às encontradas nas porções convencionalmente consumidas (Basile *et al.*, 2024; Seguí; Barrera, 2025), o que tem impulsionado o desenvolvimento de estratégias tecnológicas voltadas à recuperação e aplicação dos fitoquímicos presentes nessas matrizes. Esse processo envolve desde técnicas de extração e purificação de fitoquímicos até sua incorporação em alimentos funcionais, ingredientes nutraceuticos e formulações destinadas à promoção da saúde (Asma *et al.*, 2023; Ibrahim *et al.*, 2024; Patra *et al.*, 2022).

Do ponto de vista tecnológico, o uso dessas matrizes permite substituir aditivos sintéticos por antioxidantes e corantes naturais, melhorando o perfil nutricional e a conservação de produtos alimentícios (Oleszek *et al.*, 2023; Lopes; Ligabue-Braun, 2021; Pereira *et al.*, 2023; Yunus; Asman; Alp, 2020). Ao mesmo tempo, essa abordagem contribui para reduzir o desperdício de alimentos e para promover modelos de produção mais sustentáveis, alinhados aos princípios da economia circular e da valorização integral de recursos alimentares

(Pereira; Firmo; Coutinho, 2022; Socas-Rodríguez *et al.*, 2021). Paralelamente, o interesse científico expande-se para o impacto na saúde metabólica, uma vez que a inclusão de extratos e farinhas residuais na dieta pode influenciar vias associadas à regulação do estresse oxidativo e da inflamação de baixo grau, condições centrais na fisiopatologia de doenças crônicas não transmissíveis (Kasote *et al.*, 2015; Nani *et al.*, 2021; Sadeh *et al.*, 2022; Bekavac *et al.*, 2025).

Apesar do potencial tecnológico e nutricional amplamente descrito, a aplicação desses compostos em intervenções dietéticas ainda enfrenta desafios críticos. Um dos aspectos limitantes refere-se à bioacessibilidade e à biodisponibilidade após o consumo. Como destacado por Karim *et al.* (2024), as mesmas propriedades de adsorção das fibras que protegem os antioxidantes durante o processamento podem também limitar sua liberação imediata e absorção no intestino delgado. Assim, o desenvolvimento de novos produtos deve considerar não apenas a densidade fitoquímica quantitativa, mas a real capacidade de esses compostos serem liberados e metabolizados para exercerem efeitos fisiológicos (Pérez-Marroquín *et al.*, 2023).

Além das barreiras cinéticas, a literatura aponta lacunas na padronização metodológica e na validação clínica. Embora estudos *in vitro* e em modelos animais confirmem a atividade funcional dessas matrizes, ainda existe escassez de ensaios clínicos que definam doses seguras e eficazes em populações humanas (Ospina-Maldonado *et al.*, 2024; Seguí; Barrera, 2025). A consolidação da valorização de resíduos agroindustriais como recurso estratégico exige, portanto, avanços multidisciplinares que integrem abordagens multidisciplinares, incluindo estudos sobre estabilidade química, biodisponibilidade, interações com a matriz alimentar e validação clínica dos efeitos fisiológicos observados, alinhando inovação nutricional aos princípios da economia circular (Pereira; Firmo; Coutinho, 2022; Socas-Rodríguez *et al.*, 2021). A ampliação desse conhecimento será fundamental para que os resíduos agroindustriais deixem de ser considerados apenas subprodutos do processamento de alimentos e passem a ser reconhecidos como recursos estratégicos para inovação nutricional e promoção da saúde.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo consistiu em uma revisão narrativa da literatura científica sobre o potencial funcional de subprodutos da indústria de alimentos. Os achados confirmam o objetivo central da pesquisa ao demonstrarem que resíduos agroindustriais são fontes relevantes de fitoquímicos, como compostos fenólicos, flavonoides e carotenoides, com potencial antioxidante e anti-inflamatório. Além disso, a literatura revisada também aponta que a presença de fibras dietéticas nesses resíduos pode contribuir para a modulação da microbiota intestinal e para a manutenção da saúde metabólica.

A valorização desses subprodutos insere-se no contexto da economia circular e da sustentabilidade no sistema alimentar, contribuindo para a redução do desperdício e para o desenvolvimento de ingredientes funcionais. Entretanto, a literatura ainda apresenta limitações relacionadas à heterogeneidade metodológica dos estudos e à predominância de modelos *in vitro*. Diante dessas lacunas, ressalta-se a necessidade de futuras pesquisas que priorizem ensaios clínicos e estudos de biodisponibilidade, visando validar os efeitos fisiológicos desses compostos em humanos. Apesar dessas limitações, as evidências científicas apresentadas nesta revisão reforçam o potencial dos resíduos agroindustriais como fontes promissoras de compostos bioativos com aplicações alimentares e nutracêuticas.

Agradecimentos

Agradecemos ao Dr. Rômulo dos Santos Cavalcante e ao Dr. Kleison José Medeiros Leopoldino pelas valiosas contribuições para o desenvolvimento desse trabalho.

REFERÊNCIAS

ABBASI-PARIZAD, P. *et al.* Recovery of phenolic compounds from agro-industrial by-products: evaluating antiradical activities and immunomodulatory properties. **Food and Bioproducts Processing**, v. 127, p. 338-348, 2021.

ANDRADE, R. M. S. de. **Bioacessibilidade, capacidade antioxidante e potencial prebiótico de subproduto de frutas e hortaliças**. 2020. 115 f. Tese (Doutorado em Alimentos e Nutrição) - Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição, Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2020.

ASMA, U.; MOROZOVA, K.; FERRENTINO, G.; SCAMPICCHIO, M. Apples and Apple By-Products: Antioxidant Properties and Food Applications. **Antioxidants**, v. 12, n. 7, p. 1456, 2023.

BARBOSA, C. H. *et al.* Industrial Fruits By-Products and Their Antioxidant Profile: Can They Be Exploited for Industrial Food Applications? **Foods**, v. 10, n. 2, p. 272, 2021.

BARON, G. *et al.* Effect of Extraction Solvent and Temperature on Polyphenol Profiles, Antioxidant and Anti-Inflammatory Effects of Red Grape Skin By-Product. **Molecules**, v. 26, n. 18, p. 5454, 2021.

BASILE, Giulia *et al.* Green technologies for extracting plant waste functional ingredients and new food formulation: A review. **Journal of Food Science**, v. 89, n. 12, p. 8150-8176, 2024.

BEKAVAC, N. *et al.* Valorization of Food Waste: Extracting Bioactive Compounds for Sustainable Health and Environmental Solutions. **Antioxidants**, v. 14, n. 6, p. 714, 2025.

BELMONTE-HERRERA, B. H. *et al.* Lesser-Consumed Tropical Fruits and Their by-Products: Phytochemical Content and Their Antioxidant and Anti-Inflammatory Potential. **Nutrients**, v. 14, n. 17, p. 3663, 2022.

CORY, Hannah *et al.* The role of polyphenols in human health and food systems: a mini-review. **Frontiers in Nutrition**, v. 5, p. 87, 2018.

DECKER, B. L. A. **Tecnologias não térmicas para valorização de resíduos agroindustriais: influência das condições de processamento no perfil de compostos bioativos**. 2025. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2025.

DEY, D.; RICHTER, J. K.; EK, P.; GU, B.-J.; GANJYAL, G. M. Utilization of food processing by-products in extrusion processing: a review. **Frontiers**, v. 4, p. 603751, 2021.

DI LORENZO, Chiara *et al.* Polyphenols and human health: the role of bioavailability. **Nutrients**, v. 13, n. 1, p. 273, 2021.

FERNANDES, F.; DELERUE-MATOS, C.; GROSSO, C. Unveiling the Potential of Agrifood By-products: a Comprehensive Review of Phytochemicals, Bioactivities and Industrial Applications. **Waste and Biomass Valorization**, v. 16, p. 2715-2748, 2025.

GHOSH, P. R. *et al.* Progress towards Sustainable Utilisation and Management of Food Wastes in the Global Economy. **International Journal of Food Science**, [s. l.], v. 2016, p. 1–22, 2016.

IBRAHIM, F. M. *et al.* Polyphenol-Rich Extracts and Essential Oil from Egyptian Grapefruit Peel as Potential Antioxidant, Antimicrobial, and Anti-Inflammatory Food Additives. **Applied Sciences**, v. 14, n. 7, p. 2776, 2024.

JIA, Y. *et al.* From diet to microbiota: how fruits and vegetables influence gut microbiota. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 60, n. 1, p. vvae008, 2025.

KARIM, A.; RAJI, Z.; HABIBI, Y.; KHALLOUFI, S. A review on the hydration properties of dietary fibers derived from food waste and their interactions with other ingredients: opportunities and challenges for their application in the food industry. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 64, n.32, p.11722-11756, 2024.

KASOTE, D. M.; KATYARE, S. S.; HEGDE, M. V.; BAE, H. Significance of Antioxidant Potential of Plants and its Relevance to Therapeutic Applications. **International Journal of Biological Sciences**, v. 11, n. 8, p. 982-991, 2015.

KIM, H. *et al.* Mango (*Mangifera indica* L.) Polyphenols: Anti-Inflammatory Intestinal Microbial Health Benefits, and Associated Mechanisms of Actions. **Molecules**, v. 26, n. 9, p. 2732, 2021.

KHANNA, M. *et al.* An economic perspective of the circular bioeconomy in the food and agricultural sector. **Communications Earth & Environment**, v. 15, p. 507, 2024.

LAZZARI, A. *et al.*, Antioxidant potential of agro-industrial waste from tropical fruits: review. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 3, e29710313357, 2021.

LOPES, F. C.; LIGABUE-BRAUN, R. Agro-Industrial Residues: Eco-Friendly and Inexpensive Substrates for Microbial Pigments Production. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 5, p. 589414, 2021.

MAGALHÃES, M. P. D.; GANDRA, K. M. B.; CUNHA, L. R. Obtaining flour from acerola processing residue and evaluating bioactive and nutritive compounds. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 14, e188101420714, 2021.

NANI, A. *et al.* Antioxidant and Anti-Inflammatory Potential of Polyphenols Contained in Mediterranean Diet in Obesity: Molecular Mechanisms. **Molecules**, v. 26, n. 4, p. 985, 2021.

OLESZEK, M.; KOWALSKA, I.; BERTUZZI, T.; OLESZEK, W. Phytochemicals Derived from Agricultural Residues and Their Valuable Properties and Applications. **Molecules**, v. 28, n. 1, p. 342, 2023.

OSPINA-MALDONADO, S.; MARTIN-GÓMEZ, H.; CARDOSO-UGARTE, G. A. From waste to wellness: a review on the harness of food industry by-products for sustainable functional food production. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 59, n. 12, p. 8680-8692, 2024.

PATRA, A.; ABDULLAH, S.; PRADHAN, R. C. Review on the extraction of bioactive compounds and characterization of fruit industry by-products. **Bioresources and Bioprocessing**, v. 9, n. 14, 2022.

PEREIRA, J. A. M.; BERENGUER, C. V.; CÂMARA, J. S. Delving into Agri-Food Waste Composition for Antibacterial Phytochemicals. **Metabolites**, v. 13, n. 5, p. 634, 2023.

PEREIRA, L. F. A.; FIRMO, W. C. A.; COUTINHO, D. F. The importance of reusing waste from the food industry: the case of fruit processing. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 12, e38111234089, 2022.

PÉREZ-MARROQUÍN, X. A. *et al.* Agro-Food Waste as an Ingredient in Functional Beverage Processing: Sources, Functionality, Market and Regulation. **Foods**, v. 12, n. 8, p. 1583, 2023.

SADEF, Y. *et al.* Nutritional status, antioxidant activity and total phenolic content of different fruits and vegetables' peels. **PLOS ONE**, v. 17, n. 5, e0265566, 2022.

SAGAR, N. A. *et al.* Fruit and Vegetable Waste: Bioactive Compounds, Their Extraction, and Possible Utilization. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 17, n. 3, p. 512-531, 2018.

SAINI, R. K. *et al.* Bioactive Compounds of Agro-Industrial By-Products: Current Trends, Recovery, and Possible Utilization. **Antioxidants**, v. 14, n. 6, p. 650, 2025.

SEGUÍ, L.; BARRERA, C. Functional Ingredients from Food Waste and By-Products: Processing Technologies, Functional Characteristics and Value-Added Applications. **Foods**, v. 14, n. 5, p. 847, 2025.

SEPTEMBRE-MALATERRE, A.; REMIZE, F.; POUCHERET, P. Fruits and vegetables, as a source of nutritional compounds and phytochemicals: changes in bioactive compounds during lactic fermentation. **Food Research International**, v. 104, p. 86-99, 2018.

SOCAS-RODRÍGUEZ, B. *et al.* Food by-products and food wastes: are they safe enough for their valorization?. **Trends in Food Science & Technology**, v. 114, p. 133-147, 2021.

YADAV, S. *et al.* Valorisation of Agri-Food Waste for Bioactive Compounds: Recent Trends and Future Sustainable Challenges. **Molecules**, v. 29, n. 9, p. 2055, 2024.

YUNUS, Z. M.; ASMAN, S.; ALP, N. A. M. Investigation of absorbent, antioxidant and thickening agent properties of tropical fruit peels. **Journal of Sustainability Science and Management**, v. 15, n. 8, p. 63-79, 2020.

ZHANG, Yu-Jie *et al.* Antioxidant phytochemicals for the prevention and treatment of chronic diseases. **Molecules**, v. 20, n. 12, p. 21138-21156, 2015.

RECURSOS ALIMENTARES: EXTRATIVISMO, CAÇA, PESCA E PRÁTICAS AGROFLORESTAIS DO POVO GAVIÃO/MA

Amanda Cardoso Gavião Pincuu

Aldeia Riachinho – T.I. Governador/MA

Réia Sílvia Lemos da Costa e Silva Gomes

Universidade Federal do Pará (UFPA)

RESUMO

Registro etnociência com o objetivo de avaliar a manutenção de hábitos da cultura alimentar e a biodiversidade alimentar vegetal e animal do povo Gavião *Pyhcop catiji*, da Aldeia Riachinho, Maranhão, Brasil. De espécies da Flora alimentar foram encontrados os seguintes quantitativos: em roças coivara (n= 13); em roças de cerrado (n= 15); em quintais agroflorestais (n= 10), dos quais, algumas com dupla finalidade: legumes (n= 3), verduras (n= 3), especiarias (n= 2), ervas medicinais (n= 3). De quantitativo de espécies frutíferas em quintais e pátios aldeares (n= 32); em matas (n= 13) e banhados (n= 6). De quantitativo de espécies da Fauna: pescados (n= 8); caças terrestres (n= 17). As práticas alimentares do povo Gavião do Maranhão mantêm sua cultura e soberania alimentar, conservando a biodiversidade alimentar e a sustentabilidade ambiental no âmbito da comunidade aldear.

Palavras-chave: cultura alimentar; biodiversidade alimentar; segurança alimentar.

INTRODUÇÃO

A biodiversidade é uma temática de importância ambiental, política, econômica, cultural e social, sendo que os povos originários e comunidades tradicionais têm uma importante função na manutenção desses recursos genéticos originais e na qualidade de vida e bem-estar da população local.

As Nações Unidas têm um programa ambiental específico que discute questões relacionadas à temática, dada a preocupação com a conservação da diversidade biológica, pelo uso sustentável dos componentes da diversidade biológica e considerando que os recursos genéticos devem ser compartilhados por todos, em divisão equitativa e justa, conforme aprovado, em 1992, no Rio de Janeiro: Convenção sobre a Diversidade Biológica (UNEP, 1993). Nas reuniões subsequentes aprofundaram as discussões sobre tópicos relativos à garantia da manutenção da biodiversidade, particularmente defendendo práticas agrícolas que usassem matéria orgânica (UNEP, 2019).

Pelo Decreto nº 2.519/1998 o Brasil é signatário da integridade da Convenção sobre a Diversidade Biológica (BRASIL, 1998); em 2003, pelo Decreto nº 4.703/2003 institui as diretrizes do Programa Nacional da Diversidade Biológica – PRONABIO, no âmbito do Sistema Nacional do Meio Ambiente – SISNAMA (art. 2º, III); bem como criou a Comissão Nacional de Biodiversidade – CONABIO (art. 6º), com redação de artigos atualizada pelos Decretos nº 4.339/2003 e Decreto nº 12.017/2024 (BRASIL, 2003; 2024).

A biodiversidade alimentar representa um patrimônio cultural e nutricional dos povos indígenas, construída por meio de saberes ancestrais, práticas sustentáveis e profunda conexão com a natureza, como tem sido apontado por Has *et al.* (2023). Esses autores discutiram a alimentação como patrimônio na educação escolar indígena, perspectiva reforçada em ações de um projeto de extensão e pesquisa da Faculdade de Saúde Pública, da Universidade de São Paulo, destacou os sistemas alimentares de povos originários como formas de resistência e promoção da saúde (Sustentarea, 2023).

A produção de alimentos está ligada à relação do homem com seu meio, de maneira que seu meio reflete a sua cultura, pois reproduz as suas práticas (DERANI, 2005), uma vez que as culturas alimentares asseguram a biodiversidade

e a segurança alimentar e dão identidade territorial aos povos que têm aquele determinado hábito alimentar. Esse modo de produção conserva as culturas alimentares, que declaram Callegaro e López (2017) ser uma maneira de se “assegurar a diversidade das espécies que fazem ou fizeram parte da dieta humana”.

No presente registro etnocientífico tem-se o objetivo de avaliar a manutenção de hábitos da cultura alimentar e a biodiversidade alimentar vegetal e animal do povo Gavião *Pyhcop catiji*, da Aldeia Riachinho, Terra Indígena Governador/MA.

EVOLUÇÃO DO HOMEM E AS TRANSIÇÕES ALIMENTARES

A alimentação dos povos originais começou tendo por base a coleta e extração de partes vegetais; com o tempo evoluíram para o consumo de animais e a cada momento seus organismos foram se adaptando ao longo dos séculos, aprendendo a enfrentar os desafios da sobrevivência e a distinguir o que era ou não nocivos aos seus organismos. Então, os que se observa na alimentação de hoje é um processo seletivo de alimentos ao longo das eras de evolução do homem.

Os hábitos alimentares dos primitivos hominídeos estavam relacionados à coleta e extração de frutos, folhas e possivelmente caules e raízes volumosas, ricas em amido (SPONHEIMER & LEE-THORP, 1999) foram evoluindo de coletores para caçadores, na era Paleolítica, onde estes acumulavam gorduras de reserva a partir do consumo de carnes (QUAGLIARIELLO *et al.*, 2022) e por milênios passaram a ser caçadores-coletores até que aconteceu a transição para a agricultura na era Neolítica (GIBBONS, 2013), que levou à produção agrícola de alimentos, à domesticação dos animais e a contaminação com parasitos animais (KEY *et al.*, 2020); Gerbault *et al.* (2011) e Evershed *et al.* (2022) referem início do consumo de leite, a persistência da lactase e a organização social.

Para Huang *et al.* (2018), Clemente-Suárez *et al.* (2021) e Quagliariello *et al.* (2022) cada fase de acomodação com a introdução de diferentes alimentos levou a adaptação da microbiota oral e intestinal. Aiello e Wheeler (1995), Evershed *et al.* (2022) e Lucas *et al.* (2008) registraram que a alteração alimentar levou à redução do volume intestinal, adaptações ósseas para o aumento cerebral; dentárias e musculares; segundo Domínguez-Andrés *et al.* (2021), ao desenvolvimento da imunidade para chegar ao homem atual.

Gómez-Robles *et al.* (2017) e Navarrete *et al.* (2011) não consideram o paralelismo do aumento cerebral com redução dentais dos pré-molares e dos molares, pois isso não foi observado na evolução de todos os hominídeos estudados, supondo outros fatores intervenientes, como ecológicos e comportamentais específicos, que agiram em diferentes combinações nos estágios evolutivos estudados. Miller e Colagiuri (1994) e Carmody *et al.* (2011) referem que a introdução de carne e leite no hábito alimentar e do domínio do fogo para cozer os alimentos resultou na maior decomposição de carboidratos, aumento da adiposidade, da resistência à insulina e persistência da lactase nos organismos evoluídos.

Desde a alimentação primitiva foram mostrados aspectos evolutivos de adaptação do organismo humano às transições e riscos à segurança alimentar. Segurança essa, paulatinamente, ameaçada pelo conhecimento e domínio do fogo que trouxe as alterações determinadas pelo cozimento excessivo dos alimentos, alterando-os e resultando na maior disponibilidade aos seus componentes calóricos e pelas alterações químicas por adições e ultraprocessamentos da indústria alimentícia.

METODOLOGIA

Estudo observacional participativo fundamentado no etnoconhecimento vivenciado pelo povo Gavião Pukobiê ou *Pyhcop catiji* (Jê) em registro etnocientífico como entende ser Sturtevant (1964) e assegura a Lei nº 13.123/2015, art. 2º, II e IV, aos seus direitos sobre o conhecimento tradicional associado (recursos genéticos naturais em seus territórios, reprodução cultural, ancestral, social); art. 8º, § 3º, I, registro em publicações científicas e § 4º, intercâmbio e difusão do patrimônio genético e do conhecimento tradicional (BRASIL, 2015).

A Terra Indígena Governador (T.I. Governador) está localizada no município de Amarante do Maranhão foi regularizada e homologada pelo Decreto nº 88.001/1982, no Governo do Presidente João Figueiredo (BRASIL, 1982), tendo área oficial de 41.643.7567 ha e perímetro de 92.33800 km e abriga povos indígenas das etnias Gavião Pykopjê/Gavião *Pyhcop catiji* e Tenetehara (FUNAI, 2025). O Censo IBGE 2022, registrou 1.360 residentes na área (FUNAI, 2022).

Atualmente há 18 aldeias do povo Gavião Pukobiê: Água Viva, Bom Jardim, Bom Jesus, Canaã, Canto Bom, *Craht' Re cuh*, Cocal, 12 irmãos, Governador, Nova, Passagem Grande, *Põ' xyhr*, Marajá, Monte Alegre, Raposa, Riachinho, Rubiácea e São Felix. No Noroeste há povo Tenetehara (Guajajara).

Observar que após o traçado da Terra Indígena Governador (área laranja – Figura 1), as propriedades do entorno são devastadas pelo desmatamento (Figura 2), a maioria das quais consequentes aos empreendimentos do agro-negócio. Na área laranja verifica-se que a figura contém duas expressões de biomas: na parte superior, o bioma Amazônia em extensões que se inserem no bioma ssubjacente; na parte inferior, a pesquisadora informa que o bioma Cerrado, tem bastante áreas de chapada nessa zona do ecótono.

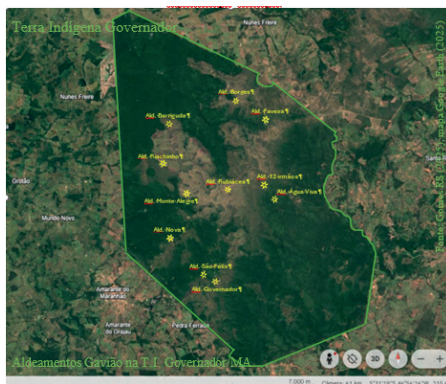
Na Figura 2 foram indicados alguns aldeamentos gaviões, identificados pelo Google Earth (2025). É distinta uma área de conservação do bioma da mata amazônica quando se vê o limite com áreas devastadas no entorno da área da terra indígena; a mata se insere em alongamentos digitiformes e ínsulas criando tensões no ecótono quando invade na parte central a região de cerrado (Figuras 2 e 4), em suas variadas expressões.

Figura 1 - Terra Indígena Governador – Ecótono Bioma Amazônico x Bioma Cerrado – 2025.



Fonte: Gomes RS (2025), baseado em Funai (2025). Coordenadas: 5°29'50"S – 46°39'24"W.

Figura 2 - Terra Indígena Governador e Aldeias Gavião Pyhcop catiji – 2025.



Fonte: Gomes RS (2025), baseado em Funai (2025). Coordenadas: 5°31'19"S – 45°56'16"W 215 m.

Na Figura 3 região do meio Oeste da Terra Indígena Governador onde pode ser observada a proximidade da aldeia Riachinho com a sede do município

de Amarante do Maranhão (16,5 km), o que facilita a aquisição de produtos ultraprocessados nos comércios das localidades no entorno da área. Na Figura 4 observa-se a estrutura circular radiada que caracteriza as aldeias da etnia Gavião *Pyhcop catjii*: um pátio central de convivência e festividades comunitárias; residências com quintais aldeares externos e pátios mediais arborizados com espécies frutíferas e floríferas nativas ou plantadas.

Figura 3 - Percurso rodoviário: Aldeia Riachinho e Amarante do Maranhão – 2025.



Fonte: Gomes RS (2025), mapa Google Earth (2025) – 287 m. Distância do percurso: 16,5 km.

Figura 4 - Organização aldear: Aldeia Riachinho – T.I. Governador – 2025.



Fonte: Gomes RS (2025), baseado em Google Earth (2025). Coordenadas: 5°28'16"S – 46°42'47"W – 315 m.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas comunidades indígenas antigas era muito comum e constante o consumo somente de alimentos tradicionais, uma vez que o povo gavião vivia de recursos extraídos da natureza. Possuíam hábitos alimentares diversificados que resultaram de suas estratégias de sua obtenção, refletindo a biodiversidade da região em plantas comestíveis, frutas coletadas ou extraídas e animais caçados ou pescados nos ambientes naturais disponíveis no território.

Extrativismo vegetal

A coleta extrativista nos cerrados e árvores próximas às aldeias é a mais comum atividade na formação dos hábitos alimentares do povo Gavião do Maranhão, pelo consumo de frutas nativas dos biomas cerrado e amazônico. Essas frutíferas não foram plantadas, faziam parte do bioma da região, como:

bacuri, bruto, cajá, caju, cajuí, catolé, manga, mangaba, murici, pequi, pitomba, puçá, tucum rasteiro e oiti.

Na região de matas e banhados a certa distância da aldeia são colhidos: babaçu, bacaba, bacupari, cacau, caju-de-janeiro, coco-de-espinho, ingás, jacarandá, jatobá-da-mata, mamuí, manga, najá e taturubá; nos banhados são coletados ou extraídos: açaí, buriti, buritirana, ingarana, juçara, marajá e partes das plantas para fins não alimentares

Nos quintais aldeares há práticas agropastoris comuns em comunidades indígenas que são utilizadas para consumo de subsistência, de maneira que nenhum produto deles obtidos tem finalidades lucrativa. A plantação é toda natural, sem uso de maquinário, de sistema de irrigação, de adubo ou agrotóxicos; o plantio segue calendários lunar e solar, conforme saberes tradicionais, coletando safras com boa produtividade e permitindo coletas compartilhadas com comunidades que não têm aquelas frutíferas da Aldeia Riachinho (PINCUI & GOMES, 2026b).

Nesses quintais são encontradas frutíferas como: abacate, bacaba, banana, caju, coco, cupu, ingá, jaca, jambo, juçara, laranja, manga, murici; e frutíferas nativas dos bioma Amazônico e do Cerrado, tais como: bruto, cacau, cajá, mangaba, oiti, pequi e pitomba.

Extratativismo animal

Na região da Terra Indígena Governador, onde está localizada a aldeia Riachinho e arredores, onde se localiza uma mata bem fria e de localidades ainda não exploradas, a presença da fauna é bastante significativa, mostrando a força da natureza e a importância da preservação ambiental mantida pela comunidade. Antigamente não havia desmatamento e a mata virgem era a natureza fazendo oferta de uma alimentação típica para a comunidade indígena. Como os Kaiowá, Tapirapé, Karajá, Javaé e outros, a caça e a pesca são estratégias ancestrais na obtenção de proteínas animais obtidas na própria natureza (HEIZER, 1986; LOPES & GISLOTI, 2022; SALERA JR. *et al.*, 2009; SILVA & BARROS, 2020; SILVA & UMMUS, 2017).

Da Caça

As estratégias de caça da etnia Gavião Pukobiê são um conjunto de conhecimentos pautados na observação da natureza, seguindo saberes passados ao longo das gerações, com respeito e uso consciente dos recursos naturais, inteligência e adaptação ao ambiente para garantia da sobrevivência humana sem afetar demasiado a das espécies. São elas:

O 'rastreamento', uma das principais estratégias, onde o caçador identifica sons, ramagens quebradas, pegadas e sinais deixados pelos animais (restos de frutos, flores, fezes); com alguma tecnologia de observação, a 'espera', feita em locais estratégicos como trilhas, beira-d'água; a 'varrida', em locais de caída de frutos e a construção de 'armadilhas', com materiais da própria mata, associadas ou não à utilização de 'cães' para localizar os animais.

Na 'espera', a técnica emprega a época de safra de uma dada frutífera, na floração ou frutificação, para abater determinados animais; o caçador adapta uma plataforma ('*mutá*') ou forquilha para atar uma rede de maneira a não serem identificados pelos animais e que pode ser empregada a qualquer hora do dia, quando serão abatidos por arma de fogo. Na 'varrida', procuram árvores com frutos apreciados pelos animais, varrem o local e abrem caminhos de acesso para que não sejam percebidos pelos animais que estejam se alimentando de frutos caídos ou deixados na área do abate, já descrito por Pincuu e Gomes (2026a).

As 'armadilhas' são técnicas de trapaça para atrair os animais muito utilizadas para apanhar pequenos animais, montadas com materiais da mata (galhos, folhas, cipós etc.) e nas quais o povo Tupinambá é exímio (PEREIRA & SCHIAVETTI, 2010). A 'tatuzeira' é montada na entrada do buraco de tatu e visitada, diariamente, para que o animal preso não morra e putrefe. Essas 'arapucas' são criadas com o atrativo de alimentos apreciados pelos animais de pequeno porte, principalmente, galináceos de pouco vôo, como: juruti, lambu e perdiz.

O 'badogue' é pouco usado pelo risco de acidente a outros caçadores ou passantes que desconhecem sua instalação, é constituído como arma artesanal montada e direcionada a uma área onde foi estruturada com alimento da atração ('*ceva*'); quando o animal tensiona um fio amarrado ao gatilho da

arma é acionado pelo animal, então dispara e o abate. Essa técnica é empregada na caça de tatus maiores, veados e caititus que costumam fazer sempre o mesmo percurso.

Os animais caçados compõem o ecossistema e a cultura alimentar tradicional, sendo os principais no fornecimento das carnes consumidas nas comunidades gavião os seguintes: caititu, cutia, mambira (tamanduá mirim), macaco, onça, peba, preguiça, quati, raposa, tatu e veado e aves terrestres com vôo curto com: jacu, juruti, lambu e perdiz (Quadro 1).

Quadro 1 - Animais de fauna alimentar do povo Gavião do Maranhão capturados às proximidades da Aldeia Riachinho - Terra Indígena Governador, Estado do Maranhão, Brasil – 2026.

Nome de Caça da Fauna alimentar	Nome Científico ¹	Técnica de Caça
Caititu (cateto)	<i>Pecari tajacu</i>	Espera, varrida
Cutia	<i>Dasyprocta prymmolopha</i>	Cães, espera, varrida
Jacu-do-cerrado	<i>Penelope ochrogaster</i>	Armadilha
Juriti	<i>Leptotila verreauxi</i>	Armadilha
Lambu	<i>Crypturellus parvirostris</i>	Armadilha
Mambira (tamanduá-mirim)	<i>Dasypus septemcinctus</i>	Armadilha
Macaco guariba (capelão, bugio)	<i>Alouatta belzebul</i>	Espera
Macaco prego	<i>Cebus apella</i>	Espera
Onça	<i>Panthera onca</i>	Espera, varrida
Peba (tatu peba)	<i>Euphractus sexcinctus</i>	Cães, espera, varrida, armadilha
Perdiz	<i>Rhynchotus rufescens</i>	Armadilha
Preguiça	<i>Bradypus variegatus</i>	Cães, espera
Quati	<i>Nasua nasua</i>	Espera, varrida
Raposa-do-campo	<i>Lycalopex vetulus</i>	Badogue
Tatu (verdadeiro)	<i>Dasypus novemcinctus</i>	Cães, badogue
Veado catingueiro	<i>Subulo gouazoubira</i>	Espera, varrida, badogue
Veado mateiro	<i>Mazama americana</i>	Espera, varrida, badogue

Dados: ¹. Animal Diversity Web; ². Plants of the World online.

Fonte: Pincu & Gomes (2026).

Da Pesca

A pesca era uma atividade importante na cultura alimentar de rotina do povo Gavião *Pyhcop catjii* reunir-se para sair e pescar em coletividade, pois fornecia peixes frescos para a dieta e, enquanto durava a pesca, os pescadores podiam

assar o pescado na beira do rio, para seu consumo durante a atividade. As estratégias empregadas por ele são:

A 'tapagem' é feita com a obstrução de um trecho de riacho, acima e abaixo, aprisionando os peixes naquele espaço e pescando-os com o 'landuá', uma rede artesanal feita de embira de palha de tucum rasteiro, mas hoje pouco usada. Nos riachos rasos é feita a 'pesca com tingui' quando se dá a ação de toxinas da 'raiz do tingui' (*Tephrosia vogelii*), planta reproduzida nos quintais da aldeia (HEIZER, 1986; PINCUU & GOMES, 2026a), da qual se utiliza o macerado de sua raiz que libera substância que dificulta a natação dos peixes, facilitando a sua captura na superfície, que são de diversas variedades, recolhidos e transportados nos 'pacarás' ou nos 'côfos'.

No dia anterior à pescaria é feito o macerado da raiz, transportado ao riacho em pacarás que são colocados na margem do riacho para amolecer o macerado que se dissolve e espalha e no dia seguinte colocado o cesto de transporte à beira d'água para hidratar a massa que libera a toxina que se espalha na água; os peixes deixam de nadar, sobem à superfície e são capturados.

Quando se estima que a pesca vai ser prolongada, o grupo de pescadores tem o costume limpar alguns dos pescados e os enrolar em folhas de bananeira (*Musa spp.*) para poder colocá-los para assar em um 'moquém', às margens dos riachos; os pescados enrolados de igual maneira podem ser assados em panela, na aldeia uma vez que a folha da bananeira deixa uma sabor delicioso na carne do peixe fresco, um costume típico dos hábitos alimentares do povo Gavião do Maranhão.

Na pesca atual entrou em desuso o arco e flecha; bem como o uso da lança. Esses instrumentos ainda são elaborados, apenas para manufatura artesanal; outro instrumento de pesca que não mais se usa é o 'landuá', rede usada para lançamentos ou tapagens, elaborada com fibras vegetais. Igualmente não se utiliza a planta timbó, uma vez que é da mata e de difícil obtenção; então, não se usa essa planta tóxica na aldeia Riachinho.

O uso desse cipó é de importância na subsistência do povo Apyãwa (Tapirapé), de Mato Grosso, pois continua a ser praticada a pesca com o timbó (*Serjania acuminata*): o cipó é cortado em pedaços regulares, levado em feixes e batido com paus/toras para ser macerado dentro d'água e assim liberar a seiva com a

toxina que imobiliza os peixes. A prática é empregada na época de seca, quando as águas baixam nos riachos próximos das aldeias, quando o grupo grande se mobiliza para a extração (TAPIRAPÉ & LEÃO, 2017).

No Quadro 2 constam os peixes citados por Pincuu e Gomes (2026a). Os anciões citaram o peixe ‘lampreia’, mas esse peixe não ocorre no Brasil, apenas no Hemisfério Norte (FROESE & PAULY, 2025), por isso aqui se refere à espécie de peixe semelhante em forma à da lampreia, que tem o nome popular de *mussum* ou muçum e o nome científico de *Synbranchus marmoratus*, pescado em alagados e brejos do Maranhão e no quadro abaixo identificado como tal.

Quadro 2 - Animais extraídos da fauna aquática de riachos Aldeia Riachinho - Terra Indígena Governador, Estado do Maranhão, Brasil – 2026.

Nome do Pescado	Nome Científico¹	Técnica de Pesca e parte usada²
Cará (acará)	<i>Geophagus brasiliensis</i>	Raiz de tingui (toxina)
Cascudo (acari)	<i>Hipostomus affinis</i>	Raiz de tingui (toxina)
Lambari	<i>Astyanax elachylepis</i>	Raiz de tingui (toxina)
Muçum (mussum)	<i>Synbranchus marmoratus</i>	Raiz de tingui (toxina)
Piaba	<i>Leporinus frederici</i>	Raiz de tingui (toxina)
Piau	<i>Leporinus obtusidens</i>	Raiz de tingui (toxina)
Poraquê	<i>Electrophorus electricus</i>	Raiz de tingui (toxina)
Traíra	<i>Hoplia malabaricus</i>	Raiz de tingui (toxina)
Plantas citadas	Nome Científico¹	Partes/artefatos usados
Bananeira	<i>Musa spp.</i>	Palma (cestaria, transporte)
Timbó	<i>Serjania acuminata</i>	Caule (batido, para macerar na água)
Tingui (leguminosa)	<i>Tephrosia vogelii</i>	Raiz (macerado, ação tóxica)

Fonte: Pincuu & Gomes (2026). Dados: ¹www.fishbase.se; ambientebrasil; ². The Plant List.

Práticas agrícolas

O povo da Aldeia Riachinho, da etnia Gavião *Pyhcop catiji*, mantém plantios agrícolas em roças itinerantes conhecidas por ‘coivaras’, às quais na T.I. Governador, denominam-se ‘roças manuais’ utilizadas por comunidades tradicionais, diferenciando-as daquelas feitas por máquinas agrícolas e que existem no entorno da área. Elas são feitas na mata que dista de 3 a 6 km da aldeia, por serem áreas de terras consideradas férteis e com boa produtividade nas roças.

Da Coivara (roças itinerantes na mata)

Para produzir certa quantidade de alimentos é preciso saber o tamanho exato da roça que querem fazer, pois sabendo disso se tem uma base da quantidade de alimentos a ser produzido na roça. É preciso fazer uma boa escolha de local, existindo dois deles onde se pode fazer uma roça: na mata ou em locais onde já foi feito uma roça no passado, chamados de 'capoeiras': podem ser coletivas, mas geralmente familiares.

A medida usada pelos indígenas é chamada 'linha': uma linha de roça é equivalente a 0,30 hectares, então nesse caso 10 linhas de roça são equivalentes a 3 hectares, o suficiente para uma boa quantidade de alimentos. A época na qual se deve fazer uma roça é essencial uma vez que serão usados os recursos naturais do tempo, como verão e inverno. Escolhido o local é preciso esperar o tempo de roçar, que é no mês de abril o 'tempo de brocar': essa é a etapa mais trabalhosa, pois tudo é feito manualmente. Depois de brocar toda a roça começa a etapa da 'derrubada', que consiste em eliminar as árvores maiores que estão no local; igualmente trabalhosa e muito perigosa.

Durante três meses a roça fica ressecando ao Sol para que o roçado fique sensível para uma boa 'queimada', a ser feita no mês de agosto. Antes da queimada é feito um 'aceiro' ao redor de toda a roça, processo de desmatamento arbustivo que impede que o fogo saia da área da roça e entre na mata e cause incêndio. O conhecimento das épocas de roça é muito necessário, visto a elevada sensibilidade da mata para ocorrência de incêndios florestais. Negreiros & Haverroth (2010) registram sazonalidades de roças 'agroflorestais', pelos Kulina do Estado do Acre e estas são ligeiramente semelhantes às das coivaras dos Gaviões.

Depois da primeira chuva, geralmente setembro, começa o 'plantio' que perdurará todo o inverno até fevereiro. Alguns plantam na primeira chuva, as rápidas produções de: abóbora, feijão melancia e milho, que serão colhidos de dezembro a janeiro e que serão replantados no mesmo ano. Em época de chuvas fortes são plantados: arroz, banana, batata, fava, inhame, macaxeira, mandioca a serem colhidos de abril a julho; lembrando que a mandioca e a macaxeira levam de 6-12 meses para um bom desenvolvimento.

O período de descanso ou 'pousio' dessas roças é de 1-2 anos e uma determinada área utilizada ('capoeira') pode ser reutilizada até quatro vezes, se for observado terem condições de produtividade. Falcão e Lopes (2020) registraram que o pousio das roças Deni dura 2 anos; enquanto Marques e Noda (2013) observaram que o pousio das roças do povo Ingarikó, no Estado de Roraima, é de 3-4 anos.

Nas coivaras da Aldeia Riachinho têm-se duas safras bem estabelecidas e outras intervalares, de acordo com as características de desenvolvimento das plantas; o povo Tukano do Noroeste do Amazonas, realiza duas safras no período de verão prolongado (SILVA & MATOS, 2023). Os Gaviões *Pyhcop catiji* plantam nessas roças sementes, estacas, rizomas raízes de plantas comestíveis usando, geralmente, o 'calendário lunar' (Quadro 3).

A lua nova favorece o crescimento para baixo (raízes fortes), quando se planta batatas roxa e branca (cará), inhame roxo e branco, macaxeira e mandioca; na lua crescente se planta arroz, amendoim, abóbora, fava, feijão, milho; na lua cheia pode-se plantar de tudo tem boa produtividade; a lua minguante não se planta, pela baixa produtividade, pois ocorrem pragas, como: gafanhotos, lagartas, saúvas e pulgões.

Quadro 3 - Calendário Lunar de alimentos plantados pelo povo Gavião do Maranhão em Roças Coivara e do Cerrado - Aldeia Riachinho - Terra Indígena Governador, Maranhão, Brasil – 2026.

Tipos de ROÇAS	ALIMENTOS PLANTADOS NAS FASES DA LUA			
COIVARA/CERRADO	CRESCENTE	CHEIA	MINGUANTE	NOVA
Nomes científicos ¹	Crescem para cima (caule,)	Planta-se tudo, tempo bom	Não se planta (ocorrem pragas)	Crescem para baixo (raízes)
<i>Cucurbita pepo</i>	Abóbora	Abóbora	Gafanhotos Lagartas Saúvas Pulgões	
<i>Oryza sativa</i>	Arroz	Arroz		
<i>Arachis hypogaea</i>	Amendoim	Amendoim		
<i>Musa spp.</i>		Banana		
<i>Ipomoea batatas</i>		Batata doce		Batata doce
<i>Discorea cayanensis</i>		Cará roxo/branco		Cará roxo/branco
<i>Vicia fava</i>	Fava	Fava		
<i>Phaseolus vulgaris</i>	Feijão	Feijão		
<i>Colocasia esculenta</i>		Inhame roxo/branco		Inhame roxo/branco
<i>Manihot esculenta</i>		Macaxeira		Macaxeira
<i>Manihot esculenta</i>		Mandioca		Mandioca
<i>Zea mays</i>	Milho	Milho		
<i>Citrullus lanatus</i>		Melancia		

Fonte: Pincuu & Gomes (2026). Dados: ¹. The Plant List.

Na revisão de estudos sobre coivaras indígenas, por Norder *et al.* (2019), os autores observaram que a introdução da agroecologia fez com que as técnicas de coivaras itinerantes reduzissem seus manejos em várias etnias, dentre as quais, as citadas por: Negreiros e Haverroth (2010), povo Kulina, do Estado do Acre; Noda *et al.* (2012), povos Ticuna e Cocama, do Estado do Amazonas. Almeida (2012) relata que o povo Guarani Nhandewa, do Estado do Paraná, está abandonando as práticas tradicionais e a exercer a agricultura moderna.

Das Roças no Cerrado

Assim como na mata, o roçado no cerrado é uma opção de produção de alimentos na chapada, onde se localiza a Aldeia Riachinho, com a vantagem de estarem próximas da casa (50-100 m), de exploração individual (unifamiliar), usando o padrão do calendário lunar e plantando os mesmos alimentos das roças da mata, mas com menor produtividade.

As famílias individuais escolhem o local das roças no mês de julho: algumas decidem roçar e queimar, sendo a queima no mês de setembro; outras preferem aradar e fazem o tratamento até o mês de plantar (setembro): a colheita começa em dezembro com o feijão, melancia e milho. Alimentos plantados no cerrado são os mesmos da coivara: abóbora, amendoim, fava, feijão, macaxeira, mandioca, melancia e milho. Alguns preferem plantar um único tipo de alimento com melhor produtividade: feijão, mandioca ou milho.

Os tempos de início e fim de safra são os mesmos: no caso de abóbora, feijão, melancia e milho, são dezembro e janeiro; os do arroz e fava são abril e junho; os da macaxeira e a mandioca levavam de 6-12 meses de desenvolvimento, do plantio à colheita e sempre observando o tempo do ciclo lunar em que foram plantados. As roças do cerrado podem ser utilizadas mais de quatro vezes, na dependência do que tenha rendido a produção e o tempo de pousio nesse local é de 6-8 meses para que possa ser reutilizado.

Dos Quintais agrossustentáveis

As práticas agropastoris em quintais aldeares são diferentes àquelas de grandes produtores da comunidade, pois famílias a praticam para seu auto-consumo, que reforçam a íntima relação entre a comunidade do povo Gavião do Maranhão e a natureza.

Cada uma das plantas cultivadas nos quintais necessita de cuidados específicos, sendo que as regas são feitas, diariamente, pela manhã e à tarde, para um bom desenvolvimento, como conhecimentos que preservam saberes tradicionais relacionados a saúde e alimentação dos relatores. É comum estabelecer um novo local da aldeia, quintais ou pátios centrais, para plantar vários tipos de árvores.

No Quadro 4 lista de 32 tipos de frutíferas, segundo o interesse do morador, plantadas em quintais e pátios: abacate, abacaxi, açaí, ata, bacaba, bacuri, banana, bruto, cacau, cajá, caju, cajuí, coco, cupuaçu, ingás, jaca, jambo, juçara, laranja, limão, mamão, manga, mangaba, maracujá, melancia, murici, oiti, pequi do cerrado, pitomba, tangerina etc.

Quadro 4 - Extrativismo de frutas em quintais e pátios da Aldeia Riachinho – Terra Indígena Governador, Estado do Maranhão – Brasil, 2026.

Frutos	Nomes Científicos ¹	Frutos	Nomes Científicos ¹
Abacate	<i>Persea americana</i>	Ingá (variedades)	<i>Inga spp.</i>
Abacaxi	<i>Ananas comosus</i>	Jaca	<i>Artocarpus heterophyllus</i>
Açaí	<i>Euterpe oleraceae</i>	Jambo roxo	<i>Syzygium malaccense</i>
Ata (fruta-do-conde)	<i>Annona squamosa</i>	Juçara	<i>Euterpe edulis</i>
Bacaba	<i>Oenocarpus bacaba</i>	Laranja	<i>Citrus sinensis</i>
Bacuri	<i>Platonia insignis</i>	Limão	<i>Citrus sinensis</i>
Banana variedades)	<i>Musa spp</i>	Mamão	<i>Carica papaya</i>
Bruto (araticum)	<i>Annona crassiflora</i>	Manga	<i>Mangifera indica</i>
Cacau	<i>Theobroma cacao</i>	Mangaba	<i>Hancornia speciosa</i>
Cajá	<i>Spondias mombin</i>	Maracujá	<i>Passiflora edulis</i>
Caju	<i>Anacardium occidentale</i>	Melancia	<i>Citrullus lanatus</i>
Cajuí	<i>Anacardium nanum</i>	Murici	<i>Byrsonima crassifolia</i>
Coco da praia	<i>Cocos nucifera</i>	Oiti	<i>Licania tomentosa</i>
Cupuaçu	<i>Theobroma grandiflorum</i>	Pequi do cerrado	<i>Caryocar brasiliense</i>
Ingá chato	<i>Inga cinnamomea</i>	Pitomba	<i>Talisia esculenta</i>
Ingá corda	<i>Inga edulis</i>	Tangerina	<i>Citrus reticulata</i>

Fonte: Pincuu & Gomes (2026), atualizada. Dados: ¹. The Plant List.

Os anciões relatam que são cultivadas outras plantas alimentícias, como legumes e verduras: batata roxa e branca (cará), cebolinha, coentro, maxixe, quiabo e vinagreira; especiarias para tempero e plantas medicinais: boldo, gengibre, mastruz e pimentas. No Quadro 5 estão relacionadas seis outros tipos de plantas de uso alimentício ou medicinal plantadas nos quintais aldeares da Aldeia Riachinho, do povo Gavião Pukobiê.

Quadro 5 - Plantio de legumes, verduras, especiarias/tempero e plantas medicinais em Quintais Agroflorestais da Aldeia Riachinho – Terra Indígena Governador, Estado do Maranhão – Brasil, 2026.

Legumes/Verduras	Nomes Científicos ¹	Especiarias/Medicinais	Nomes Científicos ¹
Batatas roxa e branca	<i>Discorea cayanensis</i>	Gengibre	<i>Zingiber officinale</i>
Maxixe	<i>Cucumis anguria</i>	Pimenta	<i>Capsicum spp.</i>
Quiabo	<i>Abelmoschus esculentus</i>	Boldo	<i>Plectranthus barbatus</i>
Cebolinha	<i>Allium schoenoprasum</i>	Mastruz	<i>Dysphania ambrosioides</i>
Coentro	<i>Coriandrum sativum</i>	Vinagreira	<i>Hibiscus sabdariffa</i>

Fonte: Pincuu & Gomes (2026). Dados: ¹. The Plant List.

Os povos indígenas ocupam grandes áreas dos cerrados brasileiros e contribuem para a manutenção da biodiversidade em face de seus hábitos de conservação da diversidade de fauna e da flora, apesar de usarem recursos dessas origens para a sua sustentabilidade e soberania alimentar. Nos cerrados do Centro-Oeste e Nordeste brasileiro, Silva *et al.* (2024) referem que os indígenas costumam caçar alimentos animais (capivara, caititu, gato-do-mato, jacú, lontra, macaco-prego, paca, queixada, raposa-do-campo, tamanduá-bandeira, tatu-canastra, teiu, veado-mateiro); das plantas coletam caule, folhas, palhas, raízes, sementes e frutos (araticum, baru, buriti, cagaita, coco-babaçu, maracujá, murici, pequi etc.). Algumas plantas têm importância no emprego de rituais, tratamento curativos e tóxicos (algodão, arnica, barbatimão, jatobá, maracujá, sucupira etc.) e outros na confecção de adornos, artesanatos, pinturas corporais etc.

TRANSIÇÃO ALIMENTAR

Uma importante referência feita pelo anciões da Aldeia Riachinho, da etnia Gavião *Pyhcop catiji*, foi quanto aos alimentos consumidos frescos, recém-retirados das hortas e quintais aldeares ou das roças da mata e do cerrado: abóbora, amendoim, arroz novo, banana, batata doce, fava verde, feijão verde, macaxeira, melancia e milho. Esses hábitos alimentares são cotidianos e reforçam a importância da agricultura tradicional na manutenção da cultura alimentar das comunidades.

A comunidade coleta frutas e cocos-babaçu para extração das castanhas que são utilizadas em alguns pratos típicos. A produção de alimentos é muito diversificada para produção de farinha a ser usados na preparação do 'papa-ruto', do 'berarubu', do 'grolado' e do 'beiju'. Essas comidas são oriundas dos alimentos da própria roça, feitos com a massa da mandioca e da macaxeira e são alimentos tradicionais em uso até os dias de hoje, bastante produzidos e consumidos, não somente em festas culturais, mas no dia a dia.

A bacaba, o buriti e a juçara são consumidas como bebidas tradicionais extraídas por processo manual ou máquinas adaptadas para o despolpamento e comidas com farinha de mandioca, pois na bebida fica 'inchada' (hidratada), aumenta o volume e supre a saciedade. O povo Gavião do Maranhão tem o

costume de consumir a farinha azeda junto com carnes de caças assadas. Os hábitos tradicionais foram sendo perdidos aos poucos, mas não definitivamente, pois até os dias de hoje ainda são produzidos alimentos tradicionais, sem a frequência de antigamente e levado à perda de práticas tradicionais como as de caça, pesca e agricultura, que são fundamentais para a identidade cultural e a sustentabilidade das comunidades.

Essa alteração de hábitos alimentares está sendo induzida pela entrada de alimentos industrializados ricos em açúcares, gorduras e sódio e que se refletem na saúde com grande impacto na saúde e na cultura das comunidades indígenas, levando ao aumento de doenças como obesidade, hipertensão e diabetes. Ribas *et al.* (2007) analisaram publicações de quando começou a acontecer a transição alimentar e o aumento da morbidade das populações indígenas, relacionando os deslocamentos populacionais à maior vulnerabilidade delas às condições de riscos ambientais, com a mudança dos ambientes físicos e culturais que resultaram na alteração de seus padrões de vida.

A Aldeia Riachinho dista 16,5 km da sede do município de Amarante do Maranhão, de maneira que facilita o acesso de integrantes às relações interétnicas e ao consumo de alimentos processados e ultraprocessados, responsáveis por alterações dos hábitos alimentares tradicionais e maior ocorrência de doenças crônicas não degenerativas. Esses impactos destacam a importância de se promover políticas que incentivem a preservação dos hábitos alimentares tradicionais e a soberania alimentar das comunidades indígenas, para manter sempre vivo e forte o laço cultural entre a comunidade e a natureza.

CONCLUSÃO

Nos relatos vivenciados foram registradas as seguintes espécies da biodiversidade vegetal alimentar:

- a. ***Alimentos plantados em roças de coivara (13):*** abóbora, arroz, amendoim, banana, batata doce, cará roxo/branco, fava, feijão, inhame roxo/branco, macaxeira, mandioca, milho, melancia;

- b. ***Alimentos em quintais aldeares e roças de cerrado (13)***: bacuri, bruto/araticum/marolo, cajá, caju, catolé/coco-babão, manga, mangaba, murici, oiti, pequi-do-cerrado, pitomba, puçá (croada), tucum rasteiro;
- c. ***Hortas de quintais agrossustentáveis***: legumes (2): batatas roxa e branca (cará), maxixe, quiabo; verduras (2): cebolinha, coentro; especiarias/temperos (2): gengibre, pimenta; ervas medicinais (2): boldo, mastruz, vinagreira;
- d. ***Frutíferas em quintais e pátios aldeares (32)***: abacate, abacaxi, açai, ata (fruta-do-conde), bacaba, bacuri, banana variedades), bruto (araticum), cacau, cajá, caju, cajuí, coco da praia, cupuaçu, ingá chato, ingá corda, ingá (variedades), jaca, jambo roxo, juçara, laranja, limão, mamão, manga, mangaba, maracujá, melancia, murici, oiti, pequi-do-cerrado, pitomba, tangerina;
- e. ***Frutíferas em matas e banhados (19)***: açai/açai-do-Pará, babaçu, bacaba, bacupari, buriti, buritirana, cacau, caju-de-janeiro/do mato, coco-de-espinho/macaúba, ingá chato, ingá- cipó/corda, inajá/najá, jacarandá-do-cerrado, jatobá-da-mata, juçara, mamuí, marajá, sapucaia, taturubá/cutite; *Plantas alimentícias em outros usos de suas partes* (6): babaçu, buriti, cojuba/coité, ingarana, guarumã, tucum rasteiro.

Fauna Cinegética: **a.** Tipos de pescado (8): cará (acará), cascudo (acari), lambari, muçum (mussum), piaba, piau, poraquê, traíra; **b.** Plantas ictiotóxicas (2): timbó, tingui (leguminosa); e, folhas de bananeira; **c.** Caças terrestres (17): caititu (cateto), cutia, jacu-do-cerrado, juriti, lambu, mambira (tamanduá-mirim), macaco guariba (capelão, bugio), macaco prego, onça, peba (tatu peba), perdiz, preguiça, quati, raposa-do-campo, tatu (verdadeiro), veado catingueiro, veado mateiro.

O povo Gavião do Maranhão mantém sua cultura e soberania alimentar, sua biodiversidade alimentar e a sustentabilidade ambiental no âmbito da comunidade aldear, apesar de estar acontecendo a transição alimentar e os resultados estarem a afetar a saúde de seus integrantes, precisando de pesquisa epidemiológica para a exata caracterização sanitária e implementação de políticas de saúde médico-nutricional.

REFERÊNCIAS

- AIELLO, L.C.; WHEELER, P. **The expensive-tissue hypothesis: The brain and the digestive system in human and primate evolution.** *Current Anthropology*, 1995; 36(2):199-221.
- ALMEIDA, T. V. V. **A agrobiodiversidade nas terras indígenas Guarani Nhandewa no norte do Paraná: memória, resgate e perspectivas.** Dissertação (Mestrado em Agroecologia e Desenvolvimento Rural - Universidade Federal de São Carlos) Araras/SP: UFSCAR, 2012.
- BRASIL. **Decreto nº 12.017, de 10 de maio de 2024.** Altera o Decreto nº 4.703, de 21 de maio de 2003, e o Decreto nº 10.141, de 28 de novembro de 2019, para dispor sobre a Comissão Nacional de Biodiversidade. D.O.U. de 13.5.2024.
- BRASIL. **Lei nº 13.123, de 20 de maio de 2015.** Regulamenta o inciso II do § 1º e o § 4º do art. 225 da Constituição Federal, o Artigo 1, a alínea *j* do Artigo 8, a alínea *c* do Artigo 10, o Artigo 15 e os §§ 3º e 4º do Artigo 16 da Convenção sobre Diversidade Biológica [...]; e dá outras providências. D.O.U. de 14.5.2015.
- BRASIL. **Decreto nº 4.703, de 21 de maio de 2003.** Dispõe sobre o Programa Nacional da Diversidade Biológica - PRONABIO e a Comissão Nacional da Biodiversidade, e dá outras providências. D.O.U. de 22.5.2003.
- BRASIL. **Decreto nº 4.339, de 22 de agosto de 2001.** Institui princípios e diretrizes para a implementação da Política Nacional da Biodiversidade. D.O.U. de 23.8.2002.
- BRASIL. **Decreto nº 2.519, de 16 de março de 1998.** Promulga a Convenção sobre Diversidade Biológica, assinada no Rio de Janeiro, em 05 de junho de 1992. D.O.U. de 17.3.1998.
- BRASIL. **Decreto nº 88.001, de 28 de dezembro de 1982.** Homologa a demarcação da área indígena que menciona, no Estado do Maranhão. D.O.U. de 29.12.1982.
- CALLEGARO, M. C.; LÓPEZ, X. A. A. **Culturas alimentares, biodiversidade e segurança alimentar no território de identidade.** Jundiaí/SP: Paco Editorial, 2018. ISBN: 978-85.462-0724-4.
- Carmody, N. *et al.* **Energetic consequences of thermal and nonthermal food processing,** *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 2016; 108(48):19199-19203. Doi: 10.1073/pnas.1112128108.
- CLEMENTE-SUÁREZ, V. J. *et al.* **Human digestive physiology and evolutionary diet: A metabolomic perspective on carnivorous and scavenger adaptations.** *Metabolites*, 2025; 15(7):453. Doi: 10.3390/metabo15070453.
- DERANI, C. **Alimento e Biodiversidade: fundamentos de uma normatização.** Hiléia, Revista de Direito Ambiental da Amazônia, 2005; 3(4):53-86. ISSN: 1679-9321.
- DOMÍNGUEZ-ANDRES, J. *et al.* **Evolution of cytokine production capacity in ancient and modern European populations.** *e-Life*, 2021; 10:e64971. Doi: 10.7554/eLife.64971.
- EVERSHED, R. P. *et al.* **Dairying diseases and the evolution of lactase persistence in Europe.** *Nature*, 2022; 608(7922):336-345. Doi: 10.1038/s41586-022-05010-7.
- FALCÃO, M. T. & LOPES, R. Q. **Aspectos agroecológicos das roças indígenas: terra indígena Raposa Serra do Sol -Uiramutã em Roraima.** Cadernos de Agroecologia –Anais do XI Congresso Brasileiro de Agroecologia, São Cristóvão, Sergipe, 2020; 15(2):e5828. ISSN 2236-7934.
- FROESE, R. & PAULY, D. (eds.). **Family Petromyzontidae.** *FishBase*. nov/2025.

FUNAI. Fundação Nacional do Índio. Ministério da Justiça. **Sistema Indigenista de Informações: Terras indígenas: Governador** (2025).

FUNAI. Fundação Nacional dos Povos Indígenas. **Painel Terras Indígenas no Brasil** (2022).

FUNAI. Fundação Nacional do Índio. Ministério da Justiça. **Sistema Indigenista de Informações: Terras indígenas: Governador** (2025).

KEY, F. M. *et al.* **Emergence of human-adapted *Salmonella enterica* is linked to the Neolithization process**, *Nature Ecology & Evolution* (2020); 4(3):324-333. Doi: 10.1038/s41559-020-1106-9.

GERBAULT, A. *et al.* **Evolution of lactase persistence: an example of human niche construction**. *Philosophical Transactions of the Royal Society B, London, Biological Society*, 2011; 366(1566):863-877. Doi: 10.1098/rstb.2010.0268.

GIBBONS, A. **The Evolution of Diet**. *National Geographic*, feb/2013.

GOOGLE Earth. **Aldeia Riachinho. Terra Indígena Governador**. Município de Amarante do Maranhão, Estado do Maranhão, Brasil.

GÓMEZ-ROBLES, A. *et al.* **Brain enlargement and dental reduction were not linked in hominin evolution** *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, (2017); 114(3):468-473. Doi: 10.1073/pnas.1608798114.

LUCAS, P. W. *et al.* **Inferences regarding the diet of extinct hominins: structural and functional trends in dental and mandibular morphology within the hominin clade**. *Journal of Anatomy*, 2008; 212(4):486-500. Doi: 10.1111/j.1469-7580.2008.00877.x.

HAS, M.; GEHRKE, M.; FAUSTINO, R.C. **Alimentação como patrimônio: definição, pesquisa e métodos de abordagem na educação escolar indígena**. *RELACult*. 2021; 7(1):2140. e-ISSN: 2525-7870.

HEIZER, R. F. **Venenos de pesca**. c.5, pp: 95-99. *In*: Ribeiro, Darcy (ed); Ribeiro, Berta G. (coord.). *Suma Etnológica Brasileira. V1: Etnobiologia*. Petrópolis: Vozes-Finep, 1986. Biblioteca Digital Curt Nimuendajú (Coleção Nicolai). Tradução: Raul de Sá Barbosa. *Handbook of South American Indians*.

Huang, C. H. *et al.* **The expensive-tissue hypothesis in vertebrates: gut microbiota effect a review**. *International Journal of Molecular Sciences*, 2018; 19(6):1792. Doi: 10.3390/ijms19061792.

LOPES, I. G.; GISLOTI, L. J. **A caça e os caçadores Kaiowá da Aldeia Pirakaua: uma reflexão na perspectiva da Etnobiologia**. *Ethnoscintia*, 2022; 7(2):Dossiê Jornada Acadêmica de Etnodiversidade. <http://dx.doi.org/10.18542/ethnoscintia.v7i2.12749>.

JUNEJA, L. R. *et al.* **Evolutionary Diet and Evolution of Man**. Ch.5. pp-71-85. *In*: Singh, R.B. *et al.* *The role of functional food security in global health*. Wilmington: Academic Press, 2019. 792 p. Doi: 10.1016/B978-0-12-813148-0.00005-0.

MARQUES, E.S. & NODA. H. **Manejo da floresta na formação de roçado, por uma População Indígena da Amazônia**. *Tellus, Campo Grande/MS*, 2013, 13(25):107-125. Doi: <https://doi.org/10.20435/tellus.v0i25.333>.

MILLER, J. C. & COLAGIURI, S. **The carnivore connection: dietary carbohydrate in the evolution of NIDDM**. *Diabetologia*, 1994; 37(12):1280-1286. Doi: 10.1007/BF00399803.

NAVARRETE, A. *et al.* **Energetics and the evolution of human brain size**. *Nature*, 2011; 480(7375):91-93. Doi: 10.1038/nature10629.

NODA, S. N. *et al.* **Paisagens e etnoconhecimentos na agricultura Ticuna e Cocama no alto rio Solimões, Amazonas.** Dossiê Agriculturas Amazônicas. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas, Belém, 2012; 7(2):397-416. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1981-81222012000200006>.

NEGREIROS, P. R. M. & HAVERROTH, M. **Calendário agrícola e distribuição espacial de roçados indígenas.** *In:* Anais... Etnoecologia e Agroecologia - 353-1. Rio Branco/AC: Embrapa Acre, 2010.

NORDER, L. A. C. *et al.* **Agroecologia em terras indígenas no Brasil: uma revisão bibliográfica.** Espaço Ameríndio, Porto Alegre, 2019; 13(2):291-329.

PEREIRA, J. P. R.; SCHIAVETTI, A. **Conhecimentos e usos da fauna cinegética pelos caçadores indígenas "Tupinambá de Olivença" (Bahia).** Biota Neotropica, 2010; 10(1):175-183. <https://doi.org/10.1590/S1676-06032010000100018>.

PINCUU, A. C. G. & GOMES, R. S. L. C. S. **Fauna alimentar oriunda de caça e pesca em uma comunidade do povo Gavião do Maranhão.** Brazilian Journal of Animal and Environmental Research, Curitiba, 2026a; 9(2):e87804. Doi: <https://doi.org/10.34188/bjaerv9n2-333>.

PINCUU, A. C. G. & GOMES, R. S. L. C. S. **Quintais aldeares: temporada de frutas e hábitos de consumo do povo Gavião do Maranhão - Brasil.** Brazilian Journal of Animal and Environmental Research, Curitiba, 2026b; 9(2):e88048. Doi: <https://doi.org/10.34188/bjaerv9n2-374>.

QUAGLIARIELLO, A. *et al.* **Ancient oral microbiomes support gradual Neolithic dietary shifts towards agriculture.** Nature Communications, 2022; 13(1):6927. Doi: 10.1038/s41467-022-34416-0.

SALERA JR., G. *et al.* **Caça e pesca entre os índios Karajá do Norte.** Recanto das Letras, 03/03/2009.

SILVA, L. G. *et al.* **Povos indígenas do cerrado brasileiro: investigação-ação-participativa e sustentabilidade territorial e sociocultural.** Revista GeoPantanal, UFMS - Corumbá/MS, 2024; 37:12-26. Doi: 10.55028/geop.v19i37.24053.

SILVA, J. F.; MATOS, G. C. G.. **Coivara: uma prática secular no manejo agrícola indígena da etnia Tukano, da comunidade de Santo Antônio de São Gabriel da Cachoeira/AM.** *In:* VII EPPAC. Encontro de Políticas Públicas para a Pan-Amazônia e Caribe. São Gabriel da Cachoeira/AM, 16 e 17/10/2023. 11 p.

SILVA, E. S. & BARROS, F. B. **A caça e os caçadores Tapirapé da Aldeia Tapi'itãwa.** Tellus, Campo Grande/MS, 2020; 20(42):217-247. 2020. Doi: <http://dx.doi.org/10.20435/tellus.v0i42.686>.

SILVA, A. P. & UMMUS, M. E. **A pesca com arco e flecha e o conhecimento tradicional indígena na Ilha do Bananal, Rio Araguaia, Tocantins, Basil.** *In:* XII Reunião Científica do Instituto de Pesca, 5-7/4/2017. ISSN 2526-4656.

SPONHEIMER, M. & LEE-THORP, J.A. **Isotopic Evidence for the Diet of an Early Hominid, *Australopithecus africanus*.** Science, 1999; 283(5400):368-370. Doi: 10.1126/science.283.5400.368.

STURTEVANT, W. C. **Studies in Ethnoscience.** American Anthropologist, 1964; 66(3):99-131. Doi: 10.1525/aa.1964.66.3.02a00850.

SUSTENTAREA. Universidade de São Paulo. **Sistemas alimentares dos povos originários e tradicionais.** (Por: Manzini, G.). FSP-USP, 2023.

TAPIRAPÉ, X.; LEÃO, M. F. Marcelo Franco. **A importância da pesca com timbó para o povo indígena Apyãwa (Tapirapé) de Mato Grosso.** Revista Destaques Acadêmicos, Lajeado/RS, 2017; 9(3):155-167. Doi: <https://doi.org/10.22410/issn.2176-3070.v9i3a2017i1472>.

UNEP. United Nations Environment Programme. **2011-2020. United Nations Decade on Biodiversity** (press release, 6 May 2019). Secretariat of the Convention on Biological Diversity. Montreal, Canada.

UNEP. United Nation Environment Programme. **The Convention on Biological Diversity**. 29 Dec. 1993.

VIVEIROS DE CASTRO, E. **Araweté: o povo do Ipixuna**. São Paulo/SP: CEDI, 1992. 192 p.

VITAMINA D E RESISTÊNCIA À INSULINA NA SÍNDROME DOS OVÁRIOS POLICÍSTICOS: UMA REVISÃO NARRATIVA

Geovana Letícia de Almeida Silva

Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)

Danielle Soares Bezerra

Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)

Adriana da Silva Brito

Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)

RESUMO

A Síndrome dos Ovários Policísticos (SOP) — ou Síndrome Ovariana Metabólica Poliendócrina (SOMP) — é o distúrbio endócrino mais prevalente em mulheres em idade reprodutiva, estando associada a desfechos clínicos desfavoráveis, notadamente a Resistência à Insulina (RI), que afeta de 50% a 80% das pacientes. A literatura aponta a frequente coexistência da síndrome com a hipovitaminose D (67% a 85% dos casos), deficiência que agrava a RI e o perfil metabólico. Nesse contexto, a Vitamina D (VitD) assume relevância terapêutica na modulação da resposta glicêmica. Diante disso, o presente estudo objetivou analisar, por meio de revisão narrativa, a relação entre as concentrações séricas de VitD e a RI na SOP. A busca bibliográfica foi realizada nas bases Google Acadêmico, Biblioteca Virtual em Saúde (BVS) e PubMed. Os achados indicam que a adequação dos níveis de VitD melhora o metabolismo glicídico das pacientes, reduzindo marcadores relevantes, como o índice *Homeostatic Model Assessment of Insulin Resistance* (HOMA-IR) e a insulina sérica, em aproximadamente 76% dos estudos analisados. Contudo, a ausência de consenso definitivo devido à heterogeneidade nas dosagens e nas características sociodemográficas evidencia a necessidade de novos estudos que subsidiem diretrizes clínicas claras sobre a posologia, tempo de intervenção e especificidades da população alvo.

Palavras-chave: saúde da mulher; hiperandrogenismo; intolerância à glicose; 25-hidroxivitamina D.

INTRODUÇÃO

A Síndrome dos Ovários Policísticos (SOP) é um distúrbio neuroendócrino, metabólico, reprodutivo e heterogêneo de etiologia desconhecida (Araújo, 2019), com prevalência estimada entre 5% e 20% das mulheres em idade reprodutiva, manifestando-se predominantemente na adolescência (Campos *et al.*, 2022; Lana *et al.*, 2020). Para compreender sua fisiopatologia, torna-se essencial resgatar o papel fisiológico dos ovários, que estão entre os principais órgãos afetados pela patologia. Essas estruturas ovais, localizadas na cavidade pélvica feminina, são responsáveis pela produção de hormônios esteroides (estrogênios e progesterona) que, em conjunto com os hormônios folículo-estimulante (FSH) e luteinizante (LH), regulam o ciclo menstrual, mantêm a gestação e controlam os caracteres sexuais secundários (Tortora; Derrickson, 2016).

Devido à abrangência sistêmica da condição, a nomenclatura da SOP foi recentemente revisada no *European Congress of Endocrinology* (ECE 2026), recomendando-se sua transição gradual, até 2028, para Síndrome Ovariana Metabólica Poliendócrina (SOMP). Essa alteração enfatiza a complexidade endócrino-metabólica da patologia, superando a percepção limitada à presença de cistos ovarianos, embora os critérios diagnósticos permaneçam inalterados (Teede *et al.*, 2026). Considerando que a nova diretriz é recente, que a alteração completa ocorrerá apenas daqui a dois anos, e que a literatura disponível ainda utiliza majoritariamente o termo SOP, a presente revisão optou por manter essa terminologia.

A SOP caracteriza-se por um estado inflamatório crônico associado à infertilidade, disfunções ovarianas, hiperandrogenismo e manifestações clínicas como obesidade, dislipidemias, doença hepática gordurosa não alcoólica, hirsutismo, alopecia e distúrbios de humor (BRASIL, 2020; Lana *et al.*, 2020; March *et al.*, 2010; Wang *et al.*, 2020). Entre as manifestações metabólicas associadas à SOP, a resistência à insulina (RI) destaca-se por sua elevada prevalência, acometendo de 50% a 80% das pacientes, independentemente do estado nutricional (eutróficas ou com excesso de peso) (Wolf *et al.*, 2018). Essa condição reduz de 35% a 40% a sensibilidade insulínica, elevando o risco de intolerância à glicose, distúrbios cardiometabólicos e o desenvolvimento de Diabetes *Mellitus* tipo 2 (DM2) (Baptiste *et al.*, 2010; BRASIL, 2020; Lana

et al., 2020)."). O pâncreas atua como o epicentro regulatório desse distúrbio; suas células β -pancreáticas sintetizam e secretam a insulina em resposta ao aumento da glicemia pós-prandial (Tortora; Derrickson, 2016). Na circulação, a insulina promove a captação de glicose pelos tecidos periféricos (músculos e tecido adiposo) para restabelecer a homeostase (Silverthorn, 2017). Na SOP, contudo, esse mecanismo falha devido à refratariedade celular à ação hormonal.

Apesar dos sintomas recorrentes, a heterogeneidade da SOP resulta em diferentes fenótipos, tornando o diagnóstico complexo. Atualmente, aplicam-se os Critérios de *Rotterdam* (2003), que exigem a presença de pelo menos dois dos seguintes fatores: oligo ou anovulação, sinais clínicos ou bioquímicos de hiperandrogenismo e cistos ovarianos, após a exclusão de patologias como hiperplasia adrenal congênita, Síndrome de *Cushing* e tumores secretores de androgênios (Eshre *et al.*, 2004; Brasil, 2020).

Por se tratar de uma condição sistêmica, o manejo terapêutico da SOP requer uma abordagem multidisciplinar. Considerando-se que fatores dietéticos, como o alto consumo de glicose e gorduras saturadas, exacerbam a resposta inflamatória, a modificação do estilo de vida torna-se uma estratégia indispensável para o tratamento (Alves *et al.*, 2025; Chudzicka-Strugała *et al.*, 2022).

Paralelamente, embora intervenções farmacológicas sejam amplamente utilizadas no manejo da SOP, estas podem ocasionar efeitos adversos que impactam negativamente na vida da mulher. Os anticoncepcionais (AC), por exemplo, têm efeito positivo na regulação do ciclo menstrual, porém, podem ocasionar sangramento intermenstrual, ganho de peso, náuseas, dor de cabeça, alterações de humor, redução da libido e eventos trombóticos, especialmente em mulheres com distúrbios da coagulação. A metformina, fármaco amplamente utilizado no manejo da SOP por atuar como um sensibilizador insulínico na periferia, frequentemente acarreta distúrbios gastrointestinais como efeito colateral. Adicionalmente, seu uso durante o período gestacional requer critérios rigorosos de avaliação de risco-benefício. Diante desse cenário, observa-se um crescente interesse por terapias complementares que possam mitigar os sintomas da síndrome com menor incidência de reações adversas (Speelman, 2019).

Frente à crescente prevalência da SOP, o impacto de suas complicações metabólicas e os efeitos adversos associados ao tratamento farmacológico,

torna-se essencial ampliar o entendimento sobre fatores nutricionais que possam atuar como adjuvantes ao tratamento convencional. Entre esses fatores, a vitamina D (VitD) destaca-se por seu potencial papel na modulação da RI e na homeostase glicêmica, visto que a hipovitaminose D agrava o perfil metabólico na síndrome (Vargas *et al.*, 2021). Morgante e colaboradores (2022) constataram que a deficiência de VitD é altamente prevalente na SOP, especialmente no fenótipo caracterizado pelo excesso de andrógenos (Fenótipo B). Ademais, o déficit desse micronutriente afeta diretamente a síntese e a secreção de insulina pelas células β -pancreáticas (Mousa *et al.*, 2015; Joham *et al.*, 2016; Wang *et al.*, 2020). Por outro lado, Tsai (2023) observou que níveis adequados de VitD otimizam a sensibilidade insulínica, atenuam processos inflamatórios, reduzem a hiperandrogenemia e melhoram a qualidade dos oócitos por meio do calcitriol — sua forma metabolicamente ativa —, sugerindo um papel promissor no manejo da infertilidade associada à SOP.

Apesar das evidências relacionarem os níveis séricos de VitD à RI na SOP, ainda persistem lacunas quanto às estratégias de intervenção mais adequadas e à magnitude de seus efeitos clínicos. Desse modo, a relevância deste capítulo reside na necessidade de compreender como a literatura atual aborda a influência da VitD na RI em mulheres com SOP, para fundamentar intervenções nutricionais mais eficazes, individualizadas e com menores efeitos adversos, expandindo o conhecimento científico na área de nutrição e saúde da mulher.

Com base nessa premissa, este estudo tem como objetivo geral analisar, por meio de uma revisão narrativa da literatura, os principais mecanismos envolvidos na influência da vitamina D sobre a resistência à insulina em mulheres com SOP. Para tanto, buscou-se identificar as evidências científicas sobre o *status* sérico desse micronutriente nessa população e descrever os mecanismos fisiopatológicos dessa relação. Adicionalmente, discutem-se as implicações clínicas e os efeitos da suplementação sobre a sensibilidade insulínica, a fim de sugerir direcionamentos para futuras investigações científicas sobre o tema.

METODOLOGIA

Trata-se de uma revisão de literatura do tipo narrativa, de abordagem qualitativa, fundamentada na seleção crítica e reflexiva do material científico

disponível. A busca bibliográfica foi conduzida entre 10 de julho e 5 de agosto de 2025 nas bases de dados Biblioteca Virtual em Saúde (BVS), Google Acadêmico e PubMed. Foram empregados os Descritores em Ciências da Saúde (DeCS) e *Medical Subject Headings* (MeSH): "*Polycystic ovary syndrome*", "*Insulin resistance*", "*Vitamin D*", "*Cholecalciferol*" e "*Vitamin D3*", combinados pelos operadores booleanos *AND* e *OR*.

Os critérios de inclusão compreenderam estudos originais, ensaios clínicos, relatos de caso, revisões de literatura e trabalhos acadêmicos (teses e dissertações) publicados entre 2015 e 2025, nos idiomas inglês e português, que correlacionassem diretamente a deficiência de VitD à RI na SOP e estivessem disponíveis na íntegra de forma gratuita. Foram excluídos os artigos que não atendiam ao escopo temático ou aos critérios temporais estabelecidos.

Em conformidade com as diretrizes estabelecidas pela Portaria nº 2.664/2026 do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), declara-se que o presente estudo contou com o suporte da ferramenta de Inteligência Artificial Generativa *Gemini*. A utilização desse recurso restringiu-se, exclusivamente, a aprimoramentos gramaticais, refinamento de coesão textual e auxílio na organização das referências bibliográficas de acordo com as normas da ABNT. O levantamento bibliográfico, a análise crítica dos dados e a redação final deste capítulo foram realizados integralmente pelas autoras.

DESENVOLVIMENTO

Panorama da Hipovitaminose D na Síndrome dos Ovários Policísticos e sua relação com a resistência à insulina

Segundo as diretrizes da Sociedade Brasileira de Endocrinologia e Metabologia (SBEM, 2017), as concentrações séricas de calcidiol (25(OH)D) devem ser superiores a 20 ng/mL em indivíduos saudáveis. Para grupos de risco, o que inclui portadores de desordens inflamatórias crônicas, os valores recomendados situam-se entre 30 e 60 ng/mL, ao passo que níveis entre 10 e 20 ng/mL são classificados como insuficiência. Uma vez que a SOP é caracterizada por um estado inflamatório crônico de baixo grau, as pacientes integram esse grupo

de risco, necessitando de concentrações mais elevadas do micronutriente para mitigar possíveis danos sistêmicos.

Diversas investigações científicas evidenciam a alta prevalência da hipovitaminose D nessa população. Keshavarz *et al.* (2017) avaliaram 73 mulheres iranianas com a síndrome e identificaram uma taxa de 78,7% de inadequação nos níveis da vitamina; desse total, 68,5% da amostra apresentava deficiência grave (< 10 ng/mL) e apenas 2,7% exibia níveis adequados. Embora esses dados sofram influência de fatores culturais e geográficos — como o uso de vestimentas tradicionais (*hijab* e *chador*) que limitam a exposição solar —, a correlação entre as variáveis permaneceu clara. Em modelos experimentais conduzidos na China, Yuan *et al.* (2023) confirmaram essa associação ao demonstrarem que ratas com SOP induzida apresentavam níveis de vitamina D significativamente menores em comparação ao grupo controle saudável.

Essa tendência também é observada em estudos com amostras populacionais ocidentais mais amplas. Na Holanda, Krul-Poel *et al.* (2018) avaliaram 369 mulheres com SOP e 449 controles saudáveis, detectando hipovitaminose D em 51% das pacientes com a síndrome (média de 19,6 ng/mL) em comparação a 35% no grupo saudável (média de 25,8 ng/mL). Esses resultados reforçam a evidência de que mulheres com SOP apresentam frequentemente concentrações de vitamina D abaixo dos parâmetros recomendados.

Adicionalmente, o estado nutricional atua como um modulador direto do *status* vitamínico. Na Índia, Mishra *et al.* (2016) registraram concentrações severamente reduzidas de vitamina D em pacientes obesas com SOP ($15,31 \pm 2,11$ ng/mL) em relação ao grupo controle. Na mesma linha, Krul-Poel *et al.* (2018) constataram que mulheres com a síndrome e IMC > 25 kg/m² tinham níveis significativamente inferiores a 25(OH)D quando comparadas às suas contrapartes eutróficas. Embora a SOP predisponha ao déficit de vitamina D de forma independente, o excesso de tecido adiposo agrava o quadro clínico devido ao sequestro do micronutriente — que é lipossolúvel — no interior dos adipócitos, o que reduz a sua biodisponibilidade plasmática.

A despeito do volume de dados, persistem algumas divergências na literatura. Lumme *et al.* (2019), em investigação realizada na Finlândia, não observaram disparidades significativas nas concentrações de vitamina D entre mulheres

com sintomas de SOP e o grupo controle. Essa ausência de consenso decorre de variações metodológicas e fatores ambientais, como a oscilação da radiação solar conforme a latitude e a sazonalidade, a falta de controle sobre o padrão dietético e a heterogeneidade fenotípica das amostras. No entanto, o consenso na literatura estima que entre 67% e 85% das mulheres com SOP manifestam hipovitaminose D.

No que se refere ao impacto sobre a sensibilidade insulínica, Hayek *et al.* (2018) conduziram uma revisão abrangendo 17 estudos e demonstraram uma correlação linear entre o declínio nos níveis séricos de vitamina D e a elevação do índice HOMA-IR em pacientes com SOP, cenário acentuado pelo sobrepeso. Postula-se que a hipovitaminose D e a resistência à insulina interagem de forma sinérgica, agravando o perfil lipídico, a adiposidade visceral e a disfunção ovulatória, visto que a deficiência do nutriente remove um importante mecanismo de regulação homeostática da síndrome.

Relação entre os níveis séricos de Vitamina D, Hiperandrogenismo e Resistência à Insulina na SOP

A RI é um fator determinante na fisiopatologia da SOP, acometendo de 50% a 80% das pacientes. A hiperinsulinemia compensatória decorrente desse quadro agrava o hiperandrogenismo ao reduzir a síntese hepática da Globulina Ligadora de Hormônios Sexuais (SHBG), o que eleva a biodisponibilidade de andrógenos, sobretudo a testosterona livre. Estabelece-se, assim, um ciclo de retroalimentação, visto que o excesso de andrógenos também atua como indutor da refratariedade insulínica (Miao *et al.*, 2020; Contreras-Bolívar *et al.*, 2021).

Ademais, a insulina elevada atua sinergicamente com o LH sobre as células da teca por vias diretas (receptores de insulina) e indiretas (receptores de IGF-1), intensificando a esteroidogênese androgênica ovariana (testosterona e androstenediona) (Contreras-Bolívar *et al.*, 2021; Morgante *et al.*, 2022). Esse excedente hormonal exacerba a RI, mecanismo mediado, em parte, pelo aumento da adiposidade visceral e central característico dessas pacientes (Contreras-Bolívar *et al.*, 2021).

Nesse cenário, a VitD atua como um modulador regulatório crucial. Níveis adequados do micronutriente estimulam a produção de SHBG (Kalyanaraman;

Pal, 2021), reduzindo a fração livre dos andrógenos circulantes. Essa restauração proteica atenua o impacto negativo da testosterona sobre a sensibilidade insulínica, favorecendo a homeostase metabólica (Contreras-Bolívar *et al.*, 2021).

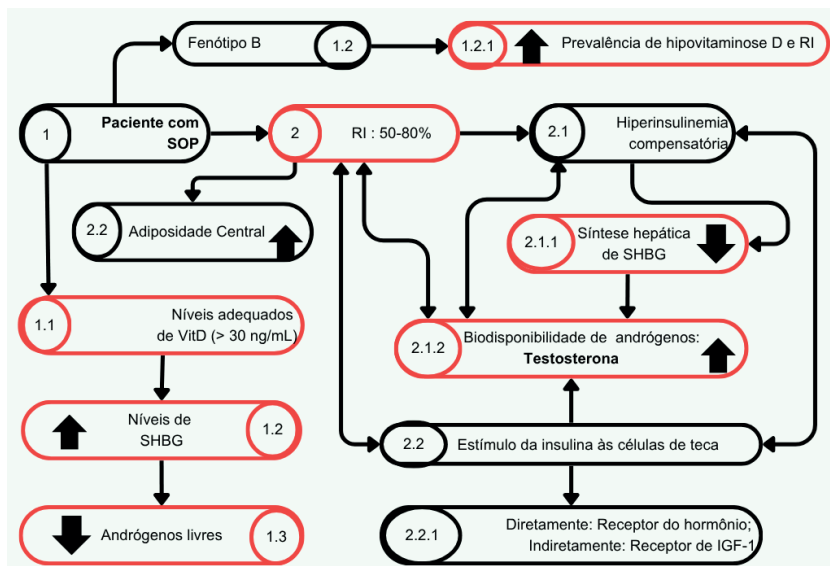
Essa correlação funcional é evidenciada no Fenótipo B da SOP (hiperandrogênico), no qual Morgante *et al.* (2022) observaram maior prevalência de RI associada à deficiência severa de VitD. Portanto, a hipovitaminose D atua removendo um freio fisiológico ao hiperandrogenismo, permitindo a autossustentação e o agravamento do ciclo metabólico da síndrome, conforme esquematizado na Figura 1.

Mecanismos moleculares envolvidos na ação da Vitamina D sobre a homeostase glicêmica e sensibilidade à insulina na SOP

Regulação da expressão gênica, funcionalidade de VDR e Polimorfismos

A melhora da sensibilidade insulínica mediada pela vitamina D envolve uma complexa rede de sinalização intracelular baseada em sua ligação ao VDR. Uma vez ativado, esse receptor nuclear atua como fator de transcrição, modulando a expressão de genes essenciais ao metabolismo glicídico (Cardoso *et al.*, 2022; Mohan *et al.*, 2023). Evidências indicam que o gene do próprio receptor de insulina possui uma região responsiva à VitD, embasando a hipótese de que o micronutriente atua diretamente na transcrição desse receptor e, por conseguinte, na otimização da sensibilidade ao hormônio nos tecidos alvos (Contreras-Bolívar *et al.*, 2021).

Figura 1 - Mecanismos de interação entre a resistência à insulina, hiperandrogenismo e o papel regulador da vitamina D na SOP.



LEGENDA: IGF-1 = Fator de Crescimento Semelhante à Insulina-1; SHBG = Globulina Ligadora de Hormônios Sexuais; SOP = Síndrome dos Ovários Policísticos; VitD = Vitamina D.

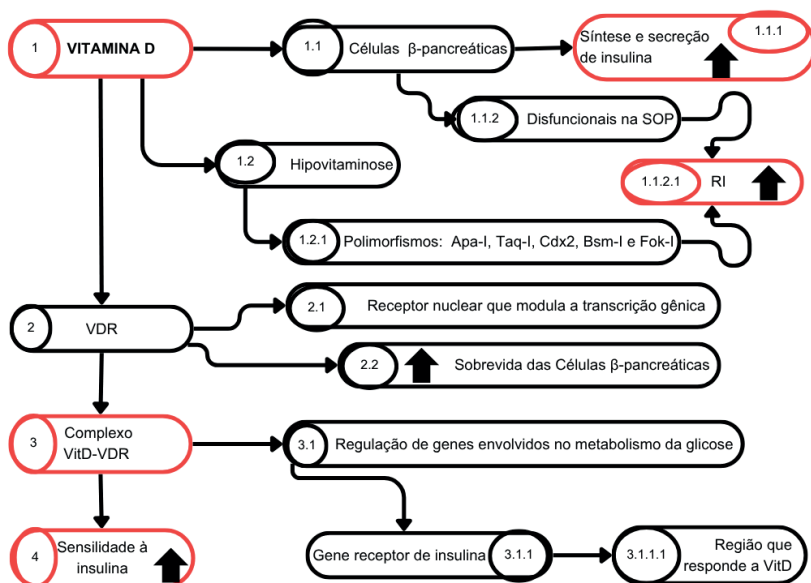
Fonte: Autoria própria (2026).

Além de regular a expressão periférica do receptor de insulina, o calcitriol exerce papel crucial na fisiologia pancreática. Ao ligar-se ao VDR nas células β -pancreáticas, a forma ativa da vitamina estimula a transcrição e o rearranjo do gene da insulina, otimizando a síntese e a secreção do hormônio em resposta à glicose (Wang *et al.*, 2020; Morgante *et al.*, 2022; Mohan *et al.*, 2023). Sob essa ótica, o VDR atua também como um modulador-chave na sobrevivência e integridade estrutural das células β , protegendo-as contra disfunções induzidas pelo estresse glicêmico crônico (Dias *et al.*, 2022; Wen *et al.*, 2024).

A relevância dessa interação torna-se ainda mais evidente diante do fato de que mulheres com SOP frequentemente apresentam disfunção das células β e predisposição à RI (Keshavarz *et al.*, 2017). Sob essa perspectiva, o VDR expresso por essas células é determinante para que concentrações adequadas de VitD promovam uma secreção de insulina mais eficiente (Mishra *et al.*, 2016; Kaminska, Grzesiak, 2021; Cardoso *et al.*, 2022).

Todavia, a eficácia desses mecanismos regulatórios pode ser comprometida pela presença de polimorfismos no gene VDR, tais como Apa-I, Taq-I, Cdx2, Bsm-I e Fok-I (Contreras-Bolívar *et al.*, 2021; Mohan *et al.*, 2023). Essas variações genéticas, frequentemente associadas à hipovitaminose D, alteram a funcionalidade do receptor e prejudicam sua capacidade de regular genes essenciais para a homeostase glicêmica. Consequentemente, tal perfil genético é considerado como um fator de agravamento da SOP, estando vinculado a alterações metabólicas adversas. As ações da VitD sobre a regulação de genes específicos estão esquematizadas na Figura 2.

Figura 2 - Mecanismos genômicos da vitamina D na modulação da transcrição do receptor de insulina e função das células β -pancreáticas na SOP.



LEGENDA: SOP = Síndrome dos Ovários Policísticos; VDR = Receptor de Vitamina D; VitD = Vitamina D.

Fonte: Autoria própria (2026).

Ações da VitD sobre a Captação de Glicose

A captação de glicose em tecidos insulínos dependentes — como o músculo esquelético e o tecido adiposo — é mediada prioritariamente pela isoforma GLUT-4. Desse modo, a sensibilidade insulínica e a homeostase glicêmica dependem diretamente da correta expressão e translocação desse transportador para a

membrana celular (Nelson; Cox, 2018). Evidências científicas demonstram que a VitD otimiza esse processo por meio de vias moleculares complementares ativadas pelo complexo VitD-VDR.

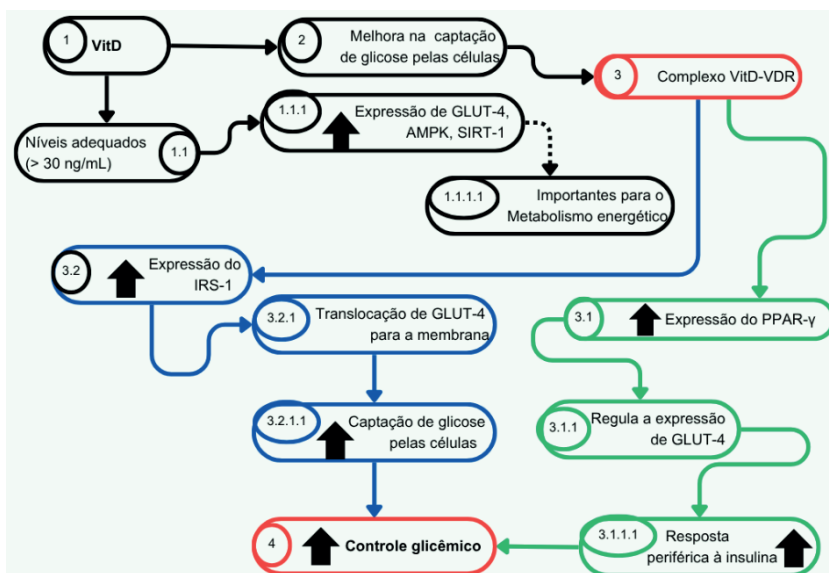
O primeiro mecanismo envolve o estímulo à expressão do Receptor Ativado por Proliferador de Peroxissoma gama (PPAR- γ), um regulador direto da transcrição do gene do GLUT-4 que potencializa a responsividade periférica ao hormônio (Miao *et al.*, 2019; Contreras-Bolívar *et al.*, 2021). No segundo mecanismo, o complexo VitD-VDR eleva a expressão do Substrato 1 do Receptor de Insulina (IRS-1), proteína essencial na cascata de sinalização intracelular que culmina na translocação vesicular do GLUT-4 para a superfície celular (Kohlhoff *et al.*, 2024).

Adicionalmente, a literatura sugere que concentrações adequadas de VitD regulam diretamente a expressão do GLUT-4, bem como da proteína quinase ativada por AMP (AMPK) e da Sirtuína 1 (SIRT-1), moléculas fundamentais para o metabolismo energético e modulação da expressão gênica (Cardoso *et al.*, 2022; Bahramian *et al.*, 2023; Kohlhoff *et al.*, 2024). No contexto da SOP, essas ações integradas do micronutriente sobre o PPAR- γ , IRS-1, AMPK e SIRT-1 atuam como um importante atenuante fisiológico da RI, restaurando a eficiência da captação periférica de glicose, conforme esquematizado na Figura 3.

Influência da VitD na Homeostase do Cálcio

O paratormônio (PTH), secretado pelas glândulas paratireoides, atua como o principal regulador dos níveis de cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}) e fosfato (HPO_4^{2-}) no sangue, além de estimular a conversão renal da VitD em sua forma ativa, o calcitriol (Tortora; Derrickson, 2016). A literatura demonstra uma estreita relação entre a VitD e a homeostase do cálcio, fator determinante para a correta secreção de insulina (Dias *et al.*, 2022). Em ensaio clínico conduzido por Gupta *et al.* (2017), a hipovitaminose D foi associada à elevação compensatória do PTH (hiperparatireoidismo secundário), estado que acarreta prejuízos diretos ao metabolismo da glicose (Cardoso *et al.*, 2022). Em contrapartida, a suplementação de VitD em mulheres com SOP mostrou-se eficaz na supressão do PTH, culminando na melhora da sensibilidade insulínica e do perfil glicídico (Gupta *et al.*, 2017).

Figura 3 - Vias de sinalização e regulação gênica da Vitamina D sobre o transportador GLUT-4.



LEGENDA: AMPK = Proteína Quinase Ativada por AMP; IRS-1 = Substrato 1 do Receptor de Insulina; PPAR-γ = Proliferador de Peroxissoma gama SIRT-1 = Sirtuína 1; VitD = Vitamina D.

Fonte: Autoria própria (2026).

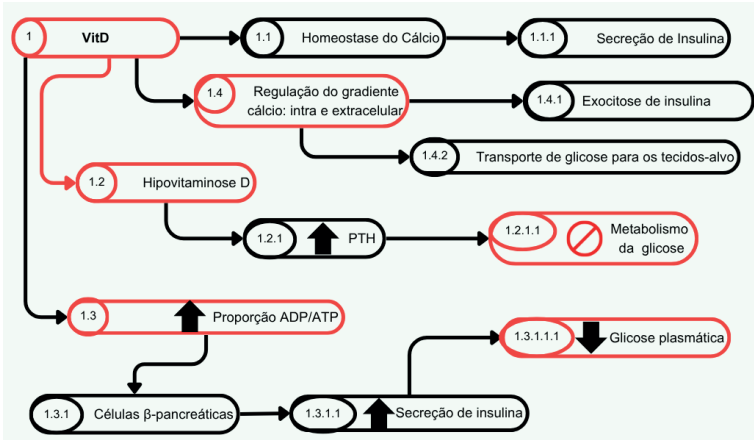
Além do controle hormonal do PTH, a VitD modula o influxo de cálcio necessário para a funcionalidade pancreática. A regulação do gradiente de cálcio intracelular e extracelular, mediada pela vitamina, é essencial tanto para a exocitose das vesículas de insulina nas células β quanto para o transporte de glicose nos tecidos-alvo (Gupta *et al.*, 2017; Keshavarz *et al.*, 2017; Wang *et al.*, 2020; Morgante *et al.*, 2022). Adicionalmente, o micronutriente otimiza o metabolismo energético ao elevar a razão intracelular de ADP/ATP nas células β-pancreáticas, potencializando a secreção do hormônio e favorecendo a homeostase glicêmica celular (Kaminska; Grzesiak, 2021), conforme sintetizado no fluxograma da Figura 4.

Ação Imunomoduladora e Anti-inflamatória da VitD

A literatura científica correlaciona que concentrações séricas adequadas de VitD impactam positivamente sobre a RI, efeito atribuído às propriedades imunomoduladoras desse micronutriente. Na SOP, observa-se um estado

inflamatório crônico, evidenciado pelos níveis elevados de Proteína C-Reativa ultrasensível (hs-CRP) apresentados nestas pacientes em comparação a mulheres sem a síndrome. Nesse cenário, a VitD exerce um papel terapêutico ao atenuar o estresse inflamatório sistêmico (Mishra *et al.*, 2016). Ademais, a vitamina atua na supressão de citocinas pró-inflamatórias diretamente associadas à RI (Mishra *et al.*, 2016; Miao *et al.*, 2019; Wang *et al.*, 2020). Apesar de os estudos não especificarem quais citocinas estão relacionadas a esse processo, observa-se uma relação direta com a redução da hs-CRP, dada a correlação negativa entre as concentrações séricas de VitD e esse marcador inflamatório (Wang *et al.*, 2020).

Figura 4 - Influência da Vitamina D na homeostase do Cálcio e na função secretora das células β -pancreáticas.



LEGENDA: ADP = Adenosina Difosfato; ATP = Adenosina Trifosfato; PTH = Paratormônio; VitD = Vitamina D.

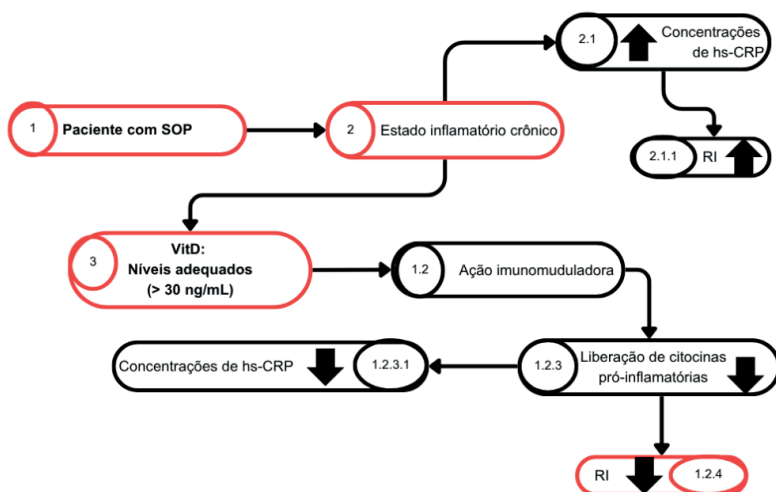
Fonte: Autoria própria (2026).

Diante do impacto negativo que o estado inflamatório exerce sobre a sensibilidade à insulina, a VitD assume um papel de extrema relevância. Evidências apresentadas anteriormente indicam que esse micronutriente é capaz de atenuar a cascata inflamatória associada à RI, exercendo um efeito imunomodulador benéfico. Os mecanismos envolvidos nessa interação estão ilustrados na Figura 5.

Efeito da suplementação de VitD em pacientes com SOP e RI

A literatura atual apresenta uma ampla variedade metodológica na investigação dos efeitos da suplementação de vitamina D na SOP, reunindo modelos animais, revisões (sistemáticas e metanálises) e ensaios clínicos. No âmbito clínico, os protocolos baseiam-se tanto na administração isolada do micronutriente quanto em estratégias de co-suplementação associadas a outros nutrientes (cálcio, ômega-3, vitamina K, zinco e magnésio) ou a agentes farmacológicos como metformina e mio-inositol.

Figura 5 - Mecanismos de interação entre a Vitamina D, marcadores inflamatórios e resistência à insulina na SOP.



LEGENDA: hs-CRP = Proteína C-Reativa ultrasensível; RI = Resistência à Insulina; SOP = Síndrome dos Ovários Policísticos; VitD = Vitamina D.

Fonte: Autoria própria (2026).

Nos modelos experimentais em roedores, a indução da SOP resultou em uma depleção nos níveis séricos de VitD (Behmanesh *et al.*, 2019; Hadjadj *et al.* 2018). Behmanesh *et al.* (2019) correlacionaram essa condição ao agravamento da RI em comparação ao grupo controle ($p < 0,001$), mostrando que a reposição do micronutriente reduziu a glicemia. Embora Hadjadj *et al.* (2018) não tenham observado alterações significativas na glicemia de jejum, o grupo suplementado exibiu melhora expressiva na tolerância à glicose — avaliada

pelo Teste Oral de Tolerância à Glicose (TOTG) de 60 e 120 min ($p < 0,05$) — e redução nos índices de HOMA-IR, enquanto o grupo controle manifestou piora dos parâmetros glicídicos.

Na maioria dos artigos analisados (82,35%), as pacientes apresentavam hipovitaminose D basal (níveis entre 20-30 ng/mL, ou inferiores), o que se correlacionou ao prejuízo metabólico. Tal fato reforça a hipótese de que os benefícios da intervenção dependem do restabelecimento dos níveis fisiológicos. Essa teoria é corroborada por Meneses (2024), ao verificarem que a administração de VitD no metabolismo glicídico é mais efetiva em casos de deficiência prévia. Nesse contexto, Dastorani *et al.* (2018) demonstraram que, em mulheres com SOP e excesso de peso ($\text{IMC} > 25 \text{ kg/m}^2$), a suplementação quinzenal de 50.000 UI reduziu significativamente o HOMA-IR ($p = 0,008$) e a insulina sérica ($p = 0,007$), aumentando a sensibilidade insulínica avaliada pelo índice *Quantitative Insulin Sensitivity Check Index* (QUICKI) ($p = 0,04$).

Contudo, os impactos sobre a glicemia de jejum são controversos. Enquanto alguns autores não observaram impacto nesse marcador estático (Yanachkova *et al.*, 2023; Hadjadj *et al.*, 2018; Williams *et al.*, 2020), outros relataram reduções, ainda que modestas (Yu *et al.*, 2025; Bahramian *et al.*, 2023; Meneses, 2024; Salehpour *et al.*, 2019). Essa disparidade deve-se à heterogeneidade metodológica das pesquisas (dosagens, vias de administração e exposição solar regional) e a fatores intrínsecos das pacientes, como etnia, dieta, nível de atividade física e o IMC.

O papel do peso corporal é destacado pelo fato de 52,94% dos estudos incluírem participantes com sobrepeso ou obesidade ($\text{IMC} > 25 \text{ kg/m}^2$), o que fomenta o debate sobre a etiologia combinada da RI e da hipovitaminose D. Wen *et al.* (2024) verificaram que a suplementação de 2.000 UI em mulheres com a síndrome e deficiência de VitD elevou as concentrações séricas do nutriente ($p = 0,008$), com melhora concomitante no IMC e nos marcadores glicídicos (insulina, HOMA-IR e TOTG) ($p < 0,05$). O estudo evidenciou que os resultados foram mais expressivos nas pacientes obesas ($\text{IMC} > 30 \text{ kg/m}^2$), sugerindo que a RI e a hipovitaminose D sofrem influência direta do estado nutricional, não dependendo apenas da fisiopatologia isolada da SOP.

A literatura, contudo, carece de consenso. Javed *et al.* (2019) e Irani *et al.* (2015) não verificaram efeito metabólico após a suplementação de VitD em pacientes com SOP, excesso de peso e carência de VitD. Contudo, Yanachkova *et al.* (2023) notaram melhores resultados no HOMA-IR em uma população com perfil semelhante, embora sem interferência sobre a glicemia em jejum.

A variabilidade da dose terapêutica também dificulta o estabelecimento de uma relação dose-resposta clara. Irani *et al.* (2015) observaram que a suplementação de 50.000 UI/semana de VitD3 elevou as concentrações séricas do nutriente ($p < 0,01$), porém sem benefícios aos parâmetros glicêmicos, questionando a eficácia de regimes com doses elevadas e intermitentes.

Nesse contexto, Meneses *et al.* (2024) pontuam que protocolos com doses elevadas, como uma dose única de 300.000 UI ou quinzenais de 50.000 UI, podem melhorar o perfil glicêmico. Por outro lado, Jamilian *et al.* (2017) demonstram que a administração de doses diárias de 4.000 UI/dia foi mais eficaz na redução do HOMA-IR ($p = 0,02$) e da insulina sérica ($p = 0,003$) do que doses de 1.000 UI/dia. A eficácia da dose de 4.000 UI/dia, ou menos, também foi corroborada por Lagowska *et al.* (2018) e Jamilian *et al.* (2017), evidenciando a falta de padronização sobre a posologia ideal.

Além da dose, os protocolos variaram quanto à duração e ao uso de compostos isolados ou associados. Bahramian *et al.* (2023) avaliaram o efeito da suplementação isolada e combinada de VitD e ômega-3, constatando que todas as estratégias foram promissoras na redução da RI, mas a co-suplementação apresentou superioridade terapêutica ($p < 0,05$). Achados semelhantes foram encontrados por Lagowska *et al.* (2018), onde a suplementação de VitD isolada não produziu efeitos glicêmicos significativos, enquanto sua associação com vitamina K, zinco, magnésio e cálcio foi efetiva na redução de HOMA-IR. Williams *et al.* (2020) verificaram também que a combinação entre cálcio e VitD produziu melhores resultados do que o uso isolado do micronutriente ($p = 0,008$).

A literatura também descreve o efeito promissor da VitD como adjuvante de fármacos hipoglicemiantes. Jamilian *et al.* (2017) observaram que a administração conjunta de VitD e metformina elevou a ação do fármaco; o grupo que recebeu o medicamento associado a 4.000 UI de VitD apresentou valores significativamente menores de HOMA-IR ($p = 0,02$). Análogo a isso, Yanachkova,

et al. (2021) verificaram que a associação da vitamina com mio-inositol promoveu melhor ação nos indicadores do metabolismo glicídico do que o uso isolado do fármaco, reforçando a ação benéfica da suplementação de VitD na RI.

Em suma, os dados indicam que a suplementação de vitamina D constitui uma abordagem complementar promissora, com impactos concentrados na redução do HOMA-IR e da insulina sérica, sem efeitos expressivos na glicemia de jejum. A magnitude dos benefícios metabólicos está diretamente vinculada ao déficit vitamínico prévio e ao controle do peso corporal, sendo os protocolos baseados em co-suplementações e associações terapêuticas os que demonstram os desfechos clínicos mais satisfatórios.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A íntima coexistência entre a resistência à insulina e a hipovitaminose D é uma realidade clínica marcante na SOP. Embora os mecanismos bioquímicos e fisiológicos que interligam essa carência vitamínica ao estresse metabólico sejam multifatoriais, este estudo evidenciou que a vitamina D atua como um modulador essencial, exercendo funções que compreendem desde a transcrição do receptor de insulina até a proteção estrutural e sobrevivência das células β -pancreáticas.

Com base nos dados analisados, a suplementação de VitD consolida-se como uma estratégia complementar promissora no manejo da síndrome. A melhora nos marcadores do metabolismo glicídico, observada em aproximadamente 76% das investigações, é especialmente acentuada em pacientes com excesso de peso (IMC > 25 kg/m²) e deficiência nutricional prévia (< 20 ng/mL). Isso sugere que o restabelecimento dos níveis fisiológicos do micronutriente é determinante para a homeostase metabólica. Contudo, a persistência de divergências sobre a posologia ideal e o tempo de intervenção reitera a urgência de novos ensaios clínicos controlados e randomizados, dotados de maior rigor metodológico, para a consolidação de diretrizes clínicas claras e padronizadas.

Agradecimentos

Agradecemos à Dr^a. Rayane Bartira Silva do Nascimento Mendonça e à Dr^a. Layanne Cristini Martin Sousa pelas valiosas contribuições para o desenvolvimento desse trabalho.

REFERÊNCIAS

- ALVES, A. C. S. *et al.* Papel da nutrição e do estilo de vida na síndrome dos ovários policísticos (SOP). **Revista CPAQV-Centro de Pesquisas Avançadas em Qualidade de Vida**, v. 17, n. 1, p. 10-10, 2025.
- ARAÚJO, A. P. S. **Avaliação dos níveis séricos de vitamina D e fatores associados à sua deficiência em mulheres obesas na pré-menopausa**. 2019. 110 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Saúde) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019.
- BAHRAMIAN, H. *et al.* Effects of single-dose and co-supplementation of vitamin D and omega-3 on metabolic profile in women with polycystic ovary syndrome: An RCT. **International Journal of Reproductive BioMedicine**, v. 21, n. 7, p. 563-576, 2023.
- BAPTISTE, C. G. *et al.* Insulin and hyperandrogenism in women with polycystic ovary syndrome. **The Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology**, v. 122, n. 1-3, p. 42-52, 2010.
- BEHMANESH, N. *et al.* Effects of vitamin D supplementation on follicular development, gonadotropins and sex hormone concentrations, and insulin resistance in induced polycystic ovary syndrome. **Turkish Journal of Obstetrics and Gynecology**, v. 16, n. 3, p. 143-150, 2019.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Protocolo Clínico e Diretrizes Terapêuticas da Síndrome de Ovários Policísticos**. Brasília: Ministério da Saúde, 2020.
- CAMPOS, P. C. *et al.* Prevalência de sintomas associados à síndrome do ovário policístico. **RBONE - Revista Brasileira de Obesidade, Nutrição e Emagrecimento**, v. 15, n. 94, p. 390-402, 2022.
- CARDOSO, C. A. G. *et al.* Suplementação do ômega-3 e da vitamina D na atenuação dos sintomas da síndrome dos ovários policísticos. **RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar**, v. 3, n. 1, e311072, 2022.
- CHUDZICKA-STRUGAŁA, I. *et al.* The role of individually selected diets in obese women with PCOS—a review. **Nutrients**, v. 14, n. 21, p. 4555, 2022.
- CONTRERAS-BOLÍVAR, V. *et al.* Mechanisms Involved in the Relationship between Vitamin D and Insulin Resistance: Impact on Clinical Practice. **Nutrients**, v. 13, n. 10, 3491, 2021.
- DASTORANI, M. *et al.* The effects of vitamin D supplementation on metabolic profiles and gene expression of insulin and lipid metabolism in infertile polycystic ovary syndrome candidates for in vitro fertilization. **Reproductive Biology and Endocrinology**, v. 16, n. 1, 94, 2018.
- DIAS, D. A. M. *et al.* Síndrome do Ovário Policístico e Vitamina D. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 11, e521111131907, 2022.

ESHRE, T. R. *et al.* Revised 2003 consensus on diagnostic criteria and long-term health risks related to polycystic ovary syndrome. **Fertility and Sterility**, v. 81, n. 1, p. 19-25, 2004.

GUPTA, T. *et al.* Study of Effect of Vitamin D Supplementation on the Clinical, Hormonal and Metabolic Profile of the PCOS Women. **The Journal of Obstetrics and Gynecology of India**, v. 67, n. 5, p. 349-355, 2017.

HADJADJ, L. *et al.* Insulin resistance in an animal model of polycystic ovary disease is aggravated by vitamin D deficiency: Vascular consequences. **Diabetes & Vascular Disease Research**, v. 15, n. 4, p. 294-301, 2018.

HAYET, P. J.; *et al.* Vitamina D e resistência insulínica em mulheres com síndrome dos ovários policísticos: Uma revisão. **Femina**, v. 46, n. 6, p. 417-422, 2018.

IRANI, M. *et al.* Vitamin D Supplementation Decreases TGF- β 1 Bioavailability in PCOS: A Randomized Placebo-Controlled Trial. **The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism**, v. 100, n. 11, p. 4307-4314, 2015.

JAMILIAN, M. *et al.* Effect of Two Different Doses of Vitamin D Supplementation on Metabolic Profiles of Insulin-Resistant Patients with Polycystic Ovary Syndrome. **Nutrients**, v. 9, n. 12, 1280, 2017.

JAVED, Z. *et al.* A Randomized, Controlled Trial of Vitamin D Supplementation on Cardiovascular Risk Factors, Hormones, and Liver Markers in Women with Polycystic Ovary Syndrome. **Nutrients**, v. 11, n. 1, 188, 2019.

JOHAM, A. E. *et al.* Vitamin D in polycystic ovary syndrome: relationship to obesity and insulin resistance. **Molecular Nutrition & Food Research**, Weinheim, v. 60, n. 1, p. 110-118, 2016.

KALYANARAMAN, R.; PAL, L. A Narrative Review of Current Understanding of the Pathophysiology of Polycystic Ovary Syndrome: Focus on Plausible Relevance of Vitamin D. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 22, n. 9, 4905, 2021.

KAMINSKA, K.; GRZESIAK, M. The relationship between vitamin D3 and insulin in polycystic ovary syndrome - a critical review. **Journal of Physiology and Pharmacology**, v. 72, n. 1, p. 13-22, 2021.

KESHAVARZ, M. A. *et al.* Association between serum 25(OH) vitamin D and metabolic disturbances in polycystic ovary syndrome. **The Netherlands Journal of Medicine**, v. 75, n. 5, p. 190-197, jun. 2017.

KOHLHOFF, G. *et al.* The effect of vitamin D supplementation on markers of insulin resistance in women with polycystic ovarian syndrome: a systematic review. **European Journal of Nutrition**, v. 63, n. 8, p. 2859-2869, 2024.

KRUL-POEL, Y. H. M. *et al.* Vitamin D and metabolic disturbances in polycystic ovary syndrome (PCOS): A cross-sectional study. **PLOS ONE**, v. 13, n. 12, e0204748, 2018.

ŁAGOWSKA, K. *et al.* The Role of Vitamin D Oral Supplementation in Insulin Resistance in Women with Polycystic Ovary Syndrome: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. **Nutrients**, v. 10, n. 11, 1637, 2018.

LANA, A. M. P. *et al.* Metabolic compromise in women with PCOS: earlier than expected. **Revista da Associação Médica Brasileira**, v. 66, n. 9, p. 1225-1228, set. 2020.

LUMME, J. *et al.* Vitamin D Levels in Women with Polycystic Ovary Syndrome: A Population-Based Study. **Nutrients**, v. 11, n. 11, 2831, 2019.

MARCH, W. A. *et al.* The prevalence of polycystic ovary syndrome in a community sample assessed under contrasting diagnostic criteria. **Human Reproduction**, v. 25, n. 2, p. 544-551, 2010.

MENESES, E. S. **Avaliação do efeito da suplementação de vitamina D em mulheres portadoras da Síndrome do Ovário Policístico (SOP): uma revisão integrativa.** 2024. 52 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Nutrição) – Centro de Ciências da Saúde, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2024.

MIAO, C. Y. *et al.* Effect of vitamin D supplementation on polycystic ovary syndrome: A meta-analysis. **Experimental and Therapeutic Medicine**, v. 19, n. 4, p. 2641-2649, abr. 2020.

MISHRA, S. *et al.* Hypovitaminosis D and Associated Cardiometabolic Risk in Women with PCOS. **Journal of Clinical and Diagnostic Research**, v. 10, n. 6, p. BC01-BC05, 2016.

MOHAN, A. *et al.* Vitamin D and polycystic ovary syndrome (PCOS): a review. **Annals of Medicine and Surgery**, v. 85, n. 7, p. 3506-3511, 2023.

MORGANTE, G. *et al.* PCOS Physiopathology and Vitamin D Deficiency: Biological Insights and Perspectives for Treatment. **Journal of Clinical Medicine**, v. 11, n. 15, 4509, 2022.

MOUSA, A. *et al.* Vitamin D and cardiometabolic risk factors and diseases. **Minerva Endocrinol**, v. 40, n. 3, p. 213-230, 2015.

NELSON, David L.; COX, Michael M. **Princípios de bioquímica de Lehninger.** 7. ed. Porto Alegre: Artmed, 2018. 1312 p.

SALEHPOUR, S. *et al.* The effect of vitamin D supplementation on insulin resistance among women with polycystic ovary syndrome. **JBRA Assisted Reproduction**, v. 23, n. 3, p. 235-238, 2019.

SILVERTHORN, Dee Unglaub. *Fisiologia humana: uma abordagem integrada.* 7. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE ENDOCRINOLOGIA E METABOLOGIA (SBEM). **Vitamina D: Novos Valores de Referência.** [S. l.], 6 out. 2017.

SPEELMAN, D. L. Nonpharmacologic management of symptoms in females with polycystic ovary syndrome: a narrative review. **Journal of Osteopathic Medicine**, v. 119, n. 1, p. 25-39, 2019.

TEEDE, Helena J. *et al.* Polyendocrine metabolic ovarian syndrome, the new name for polycystic ovary syndrome: a multistep global consensus process. **The Lancet**, 2026.

TORTORA, Gerard J.; DERRICKSON, Bryan. **Princípios de anatomia e fisiologia.** Tradução de Ana Cavalcanti C. Botelho *et al.* 14. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

TSAI, Y. *et al.* Current advances in cellular approaches for pathophysiology and treatment of polycystic ovary syndrome. **Cells**, v. 12, n. 17, p. 2189, 2023.

VARGAS, D. M. *et al.* Associação entre vitamina D sérica e parâmetros bioquímicos de resistência à insulina em adolescentes com excesso de peso. **Arquivos Catarinenses de Medicina**, v. 50, n. 2, p. 38-49, 2021.

WANG, L. *et al.* Vitamin D deficiency is associated with metabolic risk factors in women with polycystic ovary syndrome: a cross-sectional study in Shaanxi China. **Frontiers in Endocrinology**, v. 11, 171, 2020.

WEN, X. *et al.* Effects of vitamin D supplementation on metabolic parameters in women with polycystic ovary syndrome: a randomized controlled trial. **Journal of Ovarian Research**, v. 17, n. 1, 147, 2024.

WILLIAMS, A. *et al.* The Effects of Vitamin D on Metabolic Profiles in Women with Polycystic Ovary Syndrome: A Systematic Review. **Hormone and Metabolic Research**, v. 52, n. 7, p. 485-491, 2020.

WOLF, W. M. *et al.* The current description and future need for multidisciplinary PCOS clinics. **Journal of Clinical Medicine**, v. 7, n. 11, p. 395, 2018.

YANACHKOVA, V. *et al.* Benefits of using a microencapsulated vitamin D delivery system in women with polycystic ovary syndrome. **European Journal of Hospital Pharmacy**, v. 30, n. 5, p. 284-287, 2023.

YU, M. *et al.* The impact of vitamin D supplementation on glycemic control and lipid metabolism in polycystic ovary syndrome: a systematic review of randomized controlled trials. **BMC Endocrine Disorders**, v. 25, n. 1, 110, 2025.

YUAN, X. *et al.* 1,25-Dihydroxyvitamin D inhibits hepatic diacylglycerol accumulation and ameliorates metabolic dysfunction in polycystic ovary syndrome rat models. **Frontiers in Pharmacology**, v. 14, 1077014, abr. 2023.

POLÍTICAS INTERSETORIAIS DE COMBATE À FOME NO BRASIL: AVANÇOS, DESAFIOS E PERSPECTIVAS

Andressa Barreto Lima

Universidade de Salvador (UNIFACS)

Vera ferreira Andrade de Almeida

Universidade do Estado da Bahia (UNEB)

Rosemary do Nascimento Porto Bragança

Universidade do Estado da Bahia (UNEB)

Edilene Maria Queiroz Araújo

Universidade do Estado da Bahia (UNEB)

Francisca de Paula Santos Silva

Universidade do Estado da Bahia (UNEB)

Clícia Maria de Jesus Benevides

Universidade do Estado da Bahia (UNEB)

RESUMO

A insegurança alimentar permanece como um dos principais desafios sociais no Brasil, agravada por desigualdades estruturais, crises econômicas e pelos impactos da pandemia de COVID-19. Este estudo teve como objetivo analisar criticamente os principais programas e políticas públicas de combate à fome e de promoção da Segurança Alimentar e Nutricional (SAN), destacando suas contribuições para a garantia do Direito Humano à Alimentação Adequada (DHAA). Trata-se de uma pesquisa qualitativa, de natureza bibliográfica e documental, fundamentada na análise de marcos legais, documentos institucionais e produção científica sobre políticas públicas de segurança alimentar. Foram analisados o Programa Bolsa Família, o Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE), o Programa de Aquisição de Alimentos (PAA), a Política Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional (PNSAN), o Plano Brasil Sem Fome, o Programa Cozinha Solidária, a Rede Brasileira de Bancos de Alimentos e o Programa Estadual Bahia Sem Fome. Os resultados evidenciam que essas iniciativas desempenham papel estratégico na redução da insegurança alimentar, no fortalecimento da agricultura familiar, na promoção da inclusão social e na consolidação da alimentação como direito humano fundamental. Entretanto, persistem desafios relacionados à articulação interfederativa, ao financiamento contínuo das ações, às desigualdades regionais e à continuidade das políticas públicas. Conclui-se que o enfrentamento da fome requer políticas permanentes, intersetoriais e integradas, capazes de fortalecer a governança da SAN e promover a justiça social no Brasil.

Palavras-chave: políticas públicas; combate à fome; direito humano à alimentação adequada.

INTRODUÇÃO

A insegurança alimentar no Brasil constitui uma das mais graves expressões da desigualdade social, refletindo não apenas a insuficiência de alimentos, mas também profundas desigualdades no acesso à renda, ao trabalho, à educação, à saúde e às políticas públicas. Trata-se de um fenômeno multidimensional, diretamente relacionado às condições socioeconômicas, às disparidades regionais e às fragilidades dos sistemas de produção, abastecimento e acesso aos alimentos. Segundo a Lei Orgânica de Segurança Alimentar e Nutricional (LOSAN) aprovada em 2006, a Segurança Alimentar e Nutricional (SAN) consiste na realização do direito de todos ao acesso regular e permanente a alimentos de qualidade, em quantidade suficiente, sem comprometer o acesso a outras necessidades essenciais, tendo como base práticas alimentares promotoras de saúde, respeitando a diversidade cultural e sendo ambiental, econômica e socialmente sustentáveis (BRASIL, 2006).

A discussão sobre a fome no Brasil ganhou relevância científica e política a partir das contribuições de Josué de Castro, cuja obra *Geografia da Fome* (1946) demonstrou que a fome não decorre exclusivamente de fatores naturais, mas é resultado das desigualdades estruturais produzidas pelo próprio modelo de desenvolvimento econômico. Para o autor, a fome representa um problema social e político, associado à concentração da riqueza, à exclusão social e à ausência de políticas públicas capazes de assegurar condições dignas de vida. Essa perspectiva permanece atual ao evidenciar que o enfrentamento da insegurança alimentar exige ações estruturantes e intersetoriais voltadas à promoção da justiça social (CASTRO, 2008).

Nas últimas décadas, o Brasil consolidou importantes políticas públicas voltadas ao combate à fome e à promoção da Segurança Alimentar e Nutricional, alcançando reconhecimento internacional pela construção de um modelo articulado entre proteção social, fortalecimento da agricultura familiar, participação social e garantia do Direito Humano à Alimentação Adequada (DHAA). Programas como o Bolsa Família, o Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE), o Programa de Aquisição de Alimentos (PAA), a Política Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional (PNSAN), e a criação do Sistema Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional (SISAN) constituem marcos fundamentais

desse processo, promovendo ações integradas entre os diferentes entes federativos e diversos setores governamentais (BRASIL, 2006; BRASIL, 2010).

Essas iniciativas contribuíram significativamente para a redução da pobreza extrema, da desnutrição e da insegurança alimentar, permitindo que o Brasil deixasse o Mapa da Fome da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) em 2014. Entretanto, os avanços observados sofreram retrocessos importantes a partir da segunda metade da década de 2010, em decorrência da desaceleração econômica, do aumento do desemprego, da redução da renda das famílias, do enfraquecimento de políticas sociais e dos impactos provocados pela pandemia de COVID-19.

De acordo com o II Inquérito Nacional sobre Insegurança Alimentar no Contexto da Pandemia da COVID-19, aproximadamente 33,1 milhões de brasileiros encontravam-se em situação de fome em 2022, enquanto mais da metade dos domicílios brasileiros vivenciava algum grau de insegurança alimentar (REDE PENSSAN, 2022).

Diante desse cenário, torna-se imprescindível compreender a evolução histórica das políticas públicas de combate à fome, seus mecanismos de implementação, seus resultados e os desafios enfrentados para sua consolidação. Mais do que programas assistenciais, essas políticas representam instrumentos de garantia de direitos, redução das desigualdades sociais, fortalecimento da agricultura familiar, promoção do desenvolvimento sustentável e efetivação da cidadania alimentar.

Nesse contexto, o presente estudo analisa os principais programas e políticas públicas de combate à fome implementados no Brasil, destacando seus fundamentos, estratégias de atuação, avanços e limitações. Busca-se compreender como essas iniciativas contribuíram para a promoção da Segurança Alimentar e Nutricional e para a efetivação do Direito Humano à Alimentação Adequada, ressaltando a necessidade de estratégias permanentes, intersetoriais e cooperativas entre União, estados, municípios e sociedade civil para o enfrentamento das múltiplas dimensões da insegurança alimentar. Analisar criticamente os principais programas e políticas públicas de combate à fome e de promoção da Segurança Alimentar e Nutricional implementados no Brasil, por meio de revisão bibliográfica e documental, identificando seus fundamentos, avanços,

desafios e contribuições para a garantia do Direito Humano à Alimentação Adequada, para o fortalecimento da agricultura familiar e para a redução das desigualdades sociais.

MÉTODO

Esta pesquisa fundamenta-se em uma abordagem qualitativa, com base em revisão bibliográfica e documental, visando analisar criticamente os principais programas de combate à fome implementados no Brasil nas últimas décadas.

Segundo Fonseca, Lima e Segatto (2021), a pesquisa qualitativa constitui uma estratégia metodológica fundamental para o estudo das políticas públicas, especialmente quando o objetivo é compreender fenômenos complexos, analisar processos de implementação, interpretar contextos institucionais e identificar as relações entre os diferentes atores envolvidos.

Diferentemente da abordagem quantitativa, a pesquisa qualitativa privilegia a compreensão aprofundada dos fenômenos sociais, utilizando procedimentos sistemáticos de análise documental, revisão bibliográfica e interpretação crítica das evidências, permitindo construir explicações consistentes sobre o funcionamento e os resultados das políticas públicas (MINAYO, 2025; CELLARD, 2008; GIL, 2019).

Assim, sua adoção neste estudo justifica-se por possibilitar uma análise abrangente dos programas brasileiros de Segurança Alimentar e Nutricional, considerando seus fundamentos normativos, processos de implementação, avanços, desafios e contribuições para a garantia do Direito Humano à Alimentação Adequada.

O estudo se sustenta em referenciais teóricos multirreferenciais que envolvem os campos da Segurança Alimentar e Nutricional (SAN), políticas públicas, direitos humanos e desenvolvimento social. As políticas públicas essa abordagem possibilita compreender a alimentação como um direito fundamental, um patrimônio cultural e um elemento estratégico para o desenvolvimento sustentável dos territórios.

Nesse contexto, a SAN é entendida como um princípio que assegura o acesso regular e permanente a alimentos adequados, respeitando aspectos

culturais, sociais, econômicos e ambientais, são concebidas como instrumentos de promoção da inclusão produtiva, da valorização dos saberes tradicionais e do fortalecimento das economias locais.

Por sua vez, a perspectiva dos direitos humanos reforça o Direito Humano à Alimentação Adequada e a preservação do patrimônio alimentar como expressão de identidade e cidadania. A metodologia empregada compreende uma revisão integrativa da literatura, buscando sistematizar dados e reflexões sobre programas governamentais como o Fome Zero, o PNAE, e PAA, o Programa Bolsa Família, Plano Brasil Sem Fome (BSF), Programa Cozinha Solidária, Rede Brasileira de Bancos de Alimentos e o mais recente Programa Estadual Bahia Sem Fome, implementado pelo Governo do Estado da Bahia (BAHIA, 2023; BRASIL, 2023; BRASIL, 2009; BRASIL, 2004).

A análise inclui documentos oficiais, relatórios institucionais, artigos acadêmicos e bases legais vigentes. A escolha dessa perspectiva metodológica visa identificar avanços, limitações, hiatos e desafios das estratégias governamentais para o enfrentamento à insegurança alimentar no Brasil, bem como refletir sobre a necessidade de políticas públicas integradas, intersetoriais e sustentáveis, voltadas para a promoção do direito humano à alimentação adequada (LIMA *et al.*, 2025).

ASPECTOS HISTÓRICOS DAS POLÍTICAS DE COMBATE À FOME

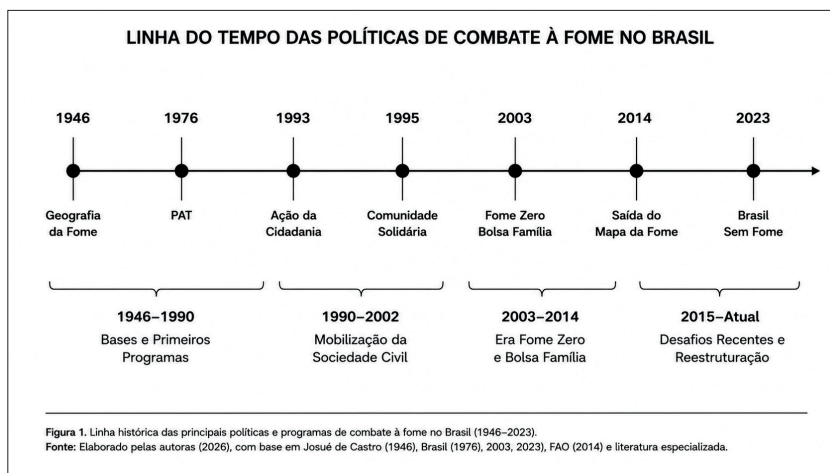
As políticas públicas de combate à fome no Brasil ganham um novo desenho contemplando a segurança alimentar e a soberania alimentar na perspectiva de combater todos os tipos de insegurança alimentar.

Assim, o Programa Fome Zero foi estruturado com base em eixos importantes, como transferência de renda, fortalecimento da agricultura familiar, acesso à água e políticas de alimentação e nutrição (ALIAGA; DOS SANTOS; TRAD, 2019; XIMENES, 2023). O programa Fome Zero contempla várias ações que atuam em sinergia para combater a fome e promover segurança alimentar e nutricional (Tabela 1).

Tabela 01 - Principais programas de Segurança Alimentar e Nutricional no Brasil.

Programa	Ano de Criação	Objetivo Principal	Fundamento Legal/Teórico
Bolsa Família	2003	Promover a transferência de renda para famílias em situação de vulnerabilidade socioeconômica, condicionando o benefício à frequência escolar e ao acompanhamento das ações de saúde, como vacinação e pré-natal.	Brasil (2004); Soares (2010)
PNAE – Programa Nacional de Alimentação Escolar	1955 (fortalecido pela Lei nº 11.947/2009)	Oferecer alimentação escolar adequada e saudável, contribuir para a permanência dos estudantes na escola e assegurar o Direito Humano à Alimentação Adequada (DHAA). Determina que, no mínimo, 30% dos recursos destinados à alimentação escolar sejam utilizados na aquisição de alimentos da agricultura familiar.	Brasil (2009); FNDE (2022).
PAA – Programa de Aquisição de Alimentos	2003	Adquirir alimentos produzidos pela agricultura familiar para abastecer instituições públicas e redes socioassistenciais, promovendo o desenvolvimento local, fortalecendo a produção familiar e ampliando o acesso à alimentação adequada.	Da Silva, Barim e Murta-Nascimento (2025).
PNSAN – Política Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional	2006 (instituída com a LOSAN e o SISAN)	Promover a Segurança Alimentar e Nutricional e garantir o Direito Humano à Alimentação Adequada, valorizando a agricultura familiar, a agroecologia, a biodiversidade e a cultura alimentar dos povos e comunidades tradicionais.	Recine e Vasconcellos (2011); Brasil (2010).
Plano Brasil Sem Fome	2023	Promover a segurança alimentar e nutricional e enfrentar a fome no país, reduzindo a pobreza e garantindo acesso da população a uma alimentação adequada e saudável. Ele articula políticas públicas de diferentes áreas para erradicar a fome e fortalecer a participação social. Com a meta de tirar o Brasil do Mapa da Fome até 2030.	Machado <i>et al.</i> (2026)
Bahia Sem Fome	2023	Garantir o acesso à alimentação adequada para famílias em situação de insegurança alimentar na Bahia por meio da articulação intersetorial de políticas públicas, fortalecimento da agricultura familiar, aquisição de alimentos e promoção da Segurança Alimentar e Nutricional.	Governo do Estado da Bahia (2023); Bahia (2023; 2025).

Figura 1 - Evolução histórica das principais políticas e programas de combate à fome no Brasil (1946–2023).



Fonte: Elaborado pelas autoras (2026), com base em Josué de Castro (1946), Brasil (1976, 2003, 2023), FAO (2014) e literatura especializada.

A trajetória das políticas públicas de combate à fome no Brasil demonstra uma mudança progressiva de uma perspectiva assistencialista para uma abordagem baseada no reconhecimento da alimentação como um direito humano fundamental. Esse processo teve como marco inicial a publicação da obra *Geografia da Fome*, de Josué de Castro, em 1946, considerada uma das mais importantes contribuições para a compreensão da fome como fenômeno social e político. A obra *Geografia da Fome* permanece como referência histórica para compreender a fome enquanto fenômeno social e político (USP, 2021).

Ao analisar a distribuição da fome no território brasileiro, o autor rompeu com a interpretação de que sua ocorrência era consequência exclusiva de fatores naturais, como a seca, demonstrando que a fome resulta, sobretudo, das desigualdades econômicas, da concentração de renda, da exclusão social e das escolhas políticas (CASTRO, 1946). Essa perspectiva permanece atual e continua orientando o debate sobre Segurança Alimentar e Nutricional (SAN), reforçando que o acesso à alimentação adequada depende da ação do Estado e da implementação de políticas públicas estruturantes.

Nas décadas seguintes, foram implementadas iniciativas voltadas à ampliação do acesso à alimentação. Entre elas destaca-se o Programa de Alimentação do

Trabalhador (PAT), instituído em 1976, com o objetivo de melhorar as condições nutricionais dos trabalhadores de baixa renda, contribuindo para a promoção da saúde e da produtividade. Paralelamente, houve a consolidação das políticas de alimentação escolar e a ampliação de programas de distribuição de alimentos durante o processo de redemocratização, constituindo importantes instrumentos de proteção social voltados aos grupos mais vulneráveis.

Durante a década de 1990, o enfrentamento da fome ganhou novo impulso com a mobilização da sociedade civil organizada. A campanha Ação da Cidadania contra a Fome, a Miséria e pela Vida, liderada por Herbert de Souza (Betinho), promoveu ampla participação popular e recolocou a fome no centro da agenda nacional. Nesse período também foi criado o programa Comunidade Solidária, que buscou integrar ações governamentais e organizações da sociedade civil na redução da pobreza e da exclusão social, fortalecendo a articulação entre Estado e sociedade na formulação de políticas públicas.

A partir de 2003, observa-se uma inflexão na política social brasileira com a implementação do Programa Fome Zero, concebido como uma estratégia nacional para integrar políticas estruturais e emergenciais de combate à fome, incluindo fortalecimento da agricultura familiar, acesso à água, geração de renda, alimentação escolar e programas de abastecimento alimentar. Nesse contexto, o Programa Bolsa Família consolidou-se como o principal instrumento de transferência condicionada de renda, integrando benefícios anteriormente existentes e ampliando o acesso das famílias em situação de pobreza aos direitos sociais básicos. Segundo a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO), a combinação entre políticas de proteção social, fortalecimento da agricultura familiar e ampliação do acesso à alimentação foi determinante para que o Brasil deixasse o Mapa da Fome em 2014.

Entretanto, os avanços observados nas décadas anteriores sofreram retrocessos a partir da segunda metade da década de 2010. A combinação entre crise econômica, aumento da pobreza, descontinuidade de políticas públicas e enfraquecimento de mecanismos de governança da Segurança Alimentar e Nutricional contribuiu para o agravamento da insegurança alimentar, culminando no retorno do Brasil ao Mapa da Fome. Em resposta a esse cenário, o Governo Federal lançou, em 2023, o Plano Brasil Sem Fome, estruturado em

ações intersetoriais coordenadas pela Câmara Interministerial de Segurança Alimentar e Nutricional (CAISAN).

O plano organiza suas estratégias em três eixos principais: ampliação da renda e redução da pobreza; promoção da alimentação adequada e saudável; e mobilização dos entes federativos e da sociedade civil para o enfrentamento da fome. Conforme o documento técnico do Ministério do Desenvolvimento e Assistência Social, o plano resgata a tradição brasileira de políticas integradas de Segurança Alimentar e Nutricional, reafirmando o compromisso do Estado com a garantia do Direito Humano à Alimentação Adequada e com a retirada definitiva do país do Mapa da Fome.

Assim, a evolução histórica das políticas públicas de combate à fome demonstra que os avanços obtidos ao longo das últimas décadas estão diretamente associados à continuidade de políticas intersetoriais, ao fortalecimento da proteção social, à valorização da agricultura familiar e à institucionalização do Sistema Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional (SISAN). Em consonância com as reflexões de Josué de Castro, permanece evidente que a fome não constitui um fenômeno natural, mas uma expressão das desigualdades sociais cuja superação depende da atuação permanente do Estado, da participação social e da consolidação de políticas públicas capazes de assegurar o Direito Humano à Alimentação Adequada.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As evidências discutidas neste estudo indicam que a redução da fome no Brasil requer uma abordagem integrada, que transcenda as ações voltadas exclusivamente à transferência de renda e à oferta de alimentos. Nesta perspectiva, a utilização integral dos alimentos surge como uma estratégia fundamental para reduzir o desperdício e maximizar o seu potencial nutricional. Da mesma forma, o reforço das políticas públicas aliado ao reconhecimento e valorização do conhecimento tradicional das comunidades, bem como ao desenvolvimento de estratégias capazes de dar resposta a desafios como as desigualdades regionais, a descontinuidade das políticas públicas e o desperdício alimentar tende a reforçar as iniciativas de segurança alimentar e nutricional, promovendo o desenvolvimento de respostas mais específicas.

Além disso, o apoio à agricultura familiar continua a ser essencial para alargar o acesso da população a alimentos frescos, saudáveis e diversificados, reforçando simultaneamente as redes locais de produção e comercialização. Ao mesmo tempo, a utilização sustentável dos recursos hídricos especialmente em áreas mais vulneráveis deve ser uma prioridade, uma vez que contribui para a manutenção dos sistemas de produção, a proteção do ambiente e a consolidação de condições mais equitativas e duradouras para a segurança alimentar e nutricional.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) pelo apoio concedido ao desenvolvimento desta pesquisa, por meio da concessão de bolsa de estudos, fundamental para a realização das atividades científicas e para o fortalecimento da pesquisa em Segurança Alimentar e Nutricional. Reconhecemos a importância do incentivo à ciência, à inovação e à formação de pesquisadores, contribuindo para a produção de conhecimento voltado ao desenvolvimento social e científico do Estado da Bahia e do Brasil.

REFERÊNCIAS

ALIAGA, Marie Agnès; DOS SANTOS, Sandra Chaves; TRAD, Leny Alves Bomfim. Política(s) de segurança alimentar e nutricional: narrativas de líderes e moradores de um bairro popular de Salvador, Bahia, Brasil. **Saúde e Sociedade**, São Paulo, v. 28, n. 4, p. 124-136, 2019.

BAHIA. Lei nº 14.635, de 28 de novembro de 2023. Institui o Programa Estadual Bahia Sem Fome e dá outras providências. Salvador: Governo do Estado da Bahia, 2023.

BRASIL. Decreto nº 11.679, de 31 de agosto de 2023. Institui o Plano Brasil Sem Fome, estabelece sua estrutura e diretrizes e dá outras providências. **Diário Oficial da União: seção 1**, Brasília, DF, 1 set. 2023. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2023/decreto/d11679.htm. Acesso em: 8 jul. 2025.

BRASIL. Lei nº 6.321, de 14 de abril de 1976. Dispõe sobre a dedução do imposto de renda das pessoas jurídicas pela concessão de benefícios de alimentação ao trabalhador. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 15 abr. 1976.

BRASIL. Lei nº 11.346, de 15 de setembro de 2006. Cria o Sistema Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional (SISAN) com vistas a assegurar o direito humano à alimentação adequada e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 18 set. 2006. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/l11346.htm. Acesso em: 27 jul. 2026.

BRASIL. Lei nº 11.947, de 16 de junho de 2009. Dispõe sobre o atendimento da alimentação escolar e do Programa Dinheiro Direto na Escola aos alunos da educação básica. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 17 jun. 2009.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento e Assistência Social, Família e Combate à Fome. **A trajetória do programa que tirou o Brasil do Mapa da Fome**. Brasília, DF: MDS, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/mds/pt-br/noticias-e-conteudos/desenvolvimento-social/noticias-desenvolvimento-social/a-trajetoria-do-programa-que-tirou-o-brasil-do-mapa-da-fome>. Acesso em: 27 jul. 2026.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento e Assistência Social, Família e Combate à Fome. **Plano Brasil Sem Fome**. Brasília: MDS, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/mds/pt-br/acoes-e-programas/brasil-sem-fome>. Acesso em: 8 jul. 2025.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento e Assistência Social, Família e Combate à Fome. **Plano Brasil Sem Fome: documento técnico**. Brasília, DF: MDS, 2025. Disponível em: https://www.gov.br/mds/pt-br/acoes-e-programas/brasil-sem-fome/plano-brasil-sem-fome/documento_tecnico-plano_brasil_sem_fome.pdf. Acesso em: 27 jul. 2026.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome. **Política Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional (PNSAN)**. Brasília: MDS, 2006. Disponível em: <https://www.gov.br/mds/pt-br/assuntos/seguranca-alimentar-e-nutricional>. Acesso em: 8 jul. 2025.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome. **Programa Bolsa Família: uma síntese da experiência brasileira**. Brasília: MDS, 2004.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Decreto nº 7.272, de 25 de agosto de 2010. Regulamenta a Lei nº 11.346, de 15 de setembro de 2006, que cria o Sistema Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional (SISAN). **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 26 ago. 2010. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/decreto/d7272.htm. Acesso em: 11 jul. 2025.

CASTRO, Josué de. **Geografia da fome: o dilema brasileiro – pão ou aço**. 10. ed. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2008. (Obra originalmente publicada em 1946).

DA SILVA, Vanessa Cristina; BARIM, Estela Maria; MURTA-NASCIMENTO, Cristiane. Políticas públicas de segurança alimentar e nutricional: análise dos instrumentos de planejamento nacional. **Physis: Revista de Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 35, n. 1, e350106, 2025.

FNDE. Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. **Histórico do Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE)**. Brasília: FNDE, 2022.

FONSECA, Elize Massard da; LIMA, Iana Alves de; SEGATTO, Catarina. Pesquisa qualitativa no estudo das políticas públicas: um campo em disputa. **Nexo Políticas Públicas**, São Paulo, 19 jul. 2021. Disponível em: <https://pp.nexojornal.com.br>. Acesso em: 27 jul. 2026.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **The Fome Zero (Zero Hunger) Program: the Brazilian experience**. Rome: FAO, 2013. Disponível em: <https://www.fao.org/3/i3023e/i3023e.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2026.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **O Estado da Segurança Alimentar e Nutricional no Mundo 2014**. Rome: FAO, 2014. Disponível em: <https://www.fao.org/3/i4030o/i4030o.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2026.

GOVERNO DO ESTADO DA BAHIA. **Bahia Sem Fome: Programa Estadual de Combate à Fome**. Salvador: Governo do Estado da Bahia, 2023.

LIMA, Andressa Barreto *et al.* Insegurança alimentar: programas e políticas públicas no Brasil de combate à fome. *In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE ANÁLISE COGNITIVA*, 2025, Salvador. *Anais [...]* Salvador: SIAC, 2025. p. 582. Disponível em: <https://static.even3.com/anais/597191.pdf?v=1785267018360>. Acesso em: 27 jul. 2026.

MACHADO, Mick Lennon *et al.* **Caderno pedagógico da Formasan: trilha de formação dos atores envolvidos no Sisan**. 2026.

RECINE, Elisabetta; VASCONCELLOS, Ana Beatriz. Políticas nacionais e o campo da Alimentação e Nutrição em Saúde Coletiva: cenário atual. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 16, n. 1, p. 73-79, 2011.

REDE BRASILEIRA DE PESQUISA EM SOBERANIA E SEGURANÇA ALIMENTAR E NUTRICIONAL (REDE PENSSAN). **II Inquérito Nacional sobre Insegurança Alimentar no Contexto da Pandemia da COVID-19 no Brasil**. São Paulo: Fundação Friedrich Ebert Brasil, 2022. Disponível em: <https://olheparaafome.com.br/>. Acesso em: 8 jul. 2025.

SOARES, Fábio Veras. O Programa Bolsa Família: sucessos e desafios. *In: CASTRO, Jorge Abrahão de; MODESTO, Laura Tavares (org.). Políticas sociais: acompanhamento e análise*. Brasília: IPEA, 2010. p. 21-48.

SOUSA, Herbert de. Fome: questão política, não natural. *In: _____*. **Betinho: a esperança equilibrista**. Rio de Janeiro: Casa da Palavra, 2004. p. 61-68.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Faculdade de Saúde Pública. **Combate à fome: 75 anos de políticas públicas**. Projeto Geografia da Fome – 75 anos. São Paulo: USP, 2021. Disponível em: <https://geografiadafome.fsp.usp.br/combate-a-fome-75-anos-de-politicas-publicas/>. Acesso em: 27 jul. 2026.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Faculdade de Saúde Pública. **Geografia da Fome: 75 anos depois**. Projeto Geografia da Fome – 75 anos. São Paulo: USP, 2021. Disponível em: <https://geografiadafome.fsp.usp.br/geografia-da-fome-75-anos/>. Acesso em: 27 jul. 2026.

XIMENEZ, Mariane Cordoba. Políticas públicas para o combate à fome no Brasil: uma revisão de literatura. **Interference Journal**, v. 9, p. 12-20, 2023.

CELLARD, A. A Análise Documental. *In: POUPART, J. et al. (Orgs.) A pesquisa qualitativa: enfoques epistemológicos e metodológicos*. Petrópolis, RJ: Vozes, 2008. p. 295 - 316.

GIL, Antonio Carlos. Métodos e técnicas de pesquisa social. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2019.

MINAYO, Maria Cecília de Souza. **O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde**. 15. ed. São Paulo: Hucitec, 2025.

ENTRE DESEMPENHO E SAÚDE: A TRÍADE DA MULHER ATLETA E SEUS FATORES ASSOCIADOS NO ESPORTE

Natália Christinne Ferreira de Oliveira

Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF)

Beatriz Pardal de Matos

Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF)

Marcela Valverde Gemeliano

Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF)

Clara Oliveira de Vasconcelos

Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF)

Bruna Silveira Chaves

Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF)

Eduardo Borba Salzer

Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF)

Cláudia Correa

Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF)

Marcela Rodrigues

Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF)

Clara Mockdece Neves

Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF)

RESUMO

O presente capítulo tem como objetivo apresentar uma revisão sobre a participação feminina no esporte e a Tríade da Mulher Atleta (TMA), bem como os fatores associados a essa condição. Inicialmente, discute-se o contexto histórico e atual da prática esportiva por mulheres e meninas, contemplando as particularidades das modalidades estéticas e as diferenças entre os níveis competitivo e recreativo. Em seguida, aborda-se a TMA, condição caracterizada pela inter-relação entre baixa disponibilidade energética, disfunção menstrual e baixa densidade mineral óssea, descrevendo-se os mecanismos fisiológicos, critérios diagnósticos, formas de triagem e abordagens de tratamento de cada um dos três componentes. Por fim, são discutidos os principais fatores associados à tríade, com destaque para a insatisfação com a imagem corporal e o risco de transtornos alimentares em atletas, sobretudo entre praticantes de modalidades estéticas e de alto rendimento. Conclui-se que a TMA é uma condição multifatorial e ainda subnotificada, cujo reconhecimento precoce depende da conscientização de atletas, treinadores, familiares e profissionais de saúde. Espera-se que este capítulo contribua para ampliar a compreensão sobre o tema e subsidiar estratégias de prevenção, identificação e manejo voltadas à saúde integral da mulher no esporte.

Palavras-chave: Tríade da mulher atleta; esporte; imagem corporal; transtorno alimentar; disponibilidade energética.

INTRODUÇÃO

As modalidades esportivas estéticas são aquelas que prezam pela magreza na performance ou são dependentes do peso (Burgon; Beard; Waller, 2023; Reardon *et al.*, 2019). Esta classificação vem sendo utilizada principalmente no contexto dos aspectos psicológicos da imagem corporal e comportamento alimentar no esporte e suas consequências, como a tríade da mulher atleta (Reardon *et al.*, 2019; Sundgot-Borgen, 2000). As ginásticas, saltos ornamentais, patinação artística, natação, líder de torcida, nado artístico, triatlo, ciclismo, judô e bodybuilding são alguns exemplos de esportes que se encaixam nesta classificação (Chapa *et al.*, 2022).

Sabe-se que o nível de exigência técnica, e consequentemente das pressões percebidas pelos praticantes pode diferir de acordo com o nível competitivo, sendo que dos praticantes não competitivos há menor exigência e menor pressão para vencer, diferentemente dos competitivos (Chen *et al.*, 2017; Neves, 2016; Pi; Chang; Lin, 2022). Por conta disso, quando se trata das questões psicológicas supracitadas, suas demandas e consequências são mais vistas e estudadas no último grupo (Burgon; Beard; Waller, 2023). Porém, ainda que em menores proporções, praticantes recreacionais também apresentam consequências na saúde, muitas vezes devido a programas de treinamento mal administrados, menor conhecimento sobre alimentação, nutrição e saúde, ou uma insatisfação corporal maior em comparação aos atletas (Burgon; Beard; Waller, 2023; Meng *et al.*, 2020; Miranda, 2018; Souza *et al.*, 2014; Torstveit; Sundgot-Borgen, 2005). Para as mulheres que lidam com tais questões nutricionais e/ou psicológicas, as repercussões na saúde podem afetar tanto a função reprodutiva quanto a saúde óssea, condição conhecida como Tríade da Mulher Atleta.

A Tríade da Mulher Atleta (TMA), termo que surgiu em 1992, pela American College of Sports Medicine (ACSM), definida como 3 condições interrelacionadas: amenorreia, osteoporose e distúrbio alimentar (Otis *et al.*, 1997). A partir de 2007, compreendeu-se que para cada componente desta tríade existe um espectro, os quais foram renomeados como: função menstrual, densidade mineral óssea e disponibilidade energética (Nattiv *et al.*, 2007). Dessa forma, a atleta pode ir da saúde à doença em cada componente, em destaque, o último aspecto pode ir de alta a baixa disponibilidade energética (BDE) (Loucks, 2004;

Nattiv *et al.*, 2007). É importante ressaltar que Síndrome da Tríade da Mulher Atleta ou apenas Tríade da Mulher Atleta são as terminologias comumente utilizadas para quando se tem as manifestações clínicas destes componentes e que uma pessoa não precisa ter sinais e sintomas nos três componentes para ser diagnosticada com esta síndrome (Nattiv *et al.*, 2007; Mountjoy *et al.*, 2014).

A BDE e a TMA são problemas de saúde que preocupam atletas, familiares, treinadores e toda a equipe de apoio, uma vez que causa desequilíbrio hormonal, baixa imunidade, problemas gastrointestinais e cardiovasculares, além de saúde psicológica prejudicada (Mountjoy *et al.*, 2014; Burke *et al.*, 2018; Neglia, 2021). Nota-se que as desordens alimentares sustentam uma grande proporção dos casos de BDE (Kelly *et al.*, 2016; Loucks, 2004; Mehta; Thompson; Kling, 2018; Nattiv *et al.*, 2007).

O comportamento alimentar engloba uma ótima nutrição/alimentação até restrições alimentares, além de formas inadequadas de perda de peso como o uso de laxantes, diuréticos, ou exercício físico em excesso. Esses podem ser sintomas dos transtornos alimentares (TAs) que são considerados transtornos psiquiátricos graves descritos no Manual de Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais 5ª edição (DSM-5). Os tipos mais comuns são: anorexia nervosa, bulimia nervosa e transtorno da compulsão alimentar (American Psychiatric Association, 2013). Estes distúrbios podem afetar pessoas de diferentes idades, classes sociais e formas físicas (Flament *et al.*, 2015). Os comportamentos transtornados tendem a ser normalizados em uma sociedade obcecada por dieta e forma física, além disso, muitas pessoas que possuem esta desordem, tendem a negar ou esconder a doença e evitam ajuda profissional. No caso dos atletas, isso ocorre por receio de serem retirados do esporte (Neglia, 2021; Smink *et al.*, 2012; Treasure; Duarte; Schmidt, 2020).

Um estudo de revisão ressalta que a insatisfação com o corpo é um dos agentes influenciadores no desencadeamento de comportamentos de risco para os TAs, devido a supervalorização do ideal do corpo magro (McClean; Paxton, 2019). A insatisfação corporal faz parte do construto multidimensional da imagem corporal, mais precisamente da sua dimensão atitudinal, corresponde à avaliação subjetiva negativa do corpo e está associada a prejuízos físicos e sociais na qualidade de vida (Cash; Smolak, 2002; Lantz *et al.*, 2018).

Além da imagem corporal negativa, as demandas específicas do esporte podem gerar comportamentos de risco para esse distúrbio, dentre alguns fatores de risco para TAs estão a pressão para performance, treinamento específico antes da maturação corporal, lesões, esportes passíveis de julgamento estético, modalidades que requerem baixo peso ou modalidades dependentes do peso, esportes individuais, baixa autoestima, problemas familiares ou alguém da família com TA e histórico de abuso físico ou sexual (Neglia, 2021; Reardon *et al.*, 2019; Sundgot-Borgen, 2000). Portanto, os atletas são considerados grupo de risco para desenvolver transtornos alimentares (Reardon *et al.*, 2019).

Revisões sistemáticas anteriores exploraram a tríade da mulher atleta em diversos contextos esportivos ou artísticos, examinando seus elementos de maneira específica (Hincapié; Cassidy, 2010; Skarakis *et al.*, 2021). No entanto, não foram identificadas revisões que se dediquem aos aspectos da tríade especificamente em esportes estéticos (Sundgot-Borgen, 2000; Reardon *et al.*, 2019). Além disso, há uma escassez de estudos no Brasil que abordem essas questões em mulheres adultas jovens, especialmente para investigar possíveis correlações e suas magnitudes, uma vez que algumas descobertas recentes no país se concentram apenas no público adolescente (Chagas *et al.*, 2021; De Maria; Juzwiak, 2021; Joaquim; Juzwiak; Winckler, 2018; Miranda *et al.*, 2018). Diante dessas lacunas apontadas, este trabalho busca preenchê-las, contribuindo para uma compreensão mais aprofundada dessa temática e dos tópicos relacionados. Portanto, é essencial analisar com maior detalhamento os componentes envolvidos, incluindo a prevalência, os instrumentos utilizados para avaliação e outras variáveis que possam exercer influência nas modalidades estéticas; e destaca-se a importância de estudar as associações entre essas temáticas e outros fatores, como risco para transtorno alimentar e imagem corporal em mulheres adolescentes e adultas jovens (Sundgot-Borgen, 2000; Reardon *et al.*, 2019).

PRÁTICA ESPORTIVA

Contexto feminino

Embora a participação nos séculos XVIII e XIX em esportes competitivos, fosse restrita a homens, mulheres da alta sociedade conseguiam praticar esportes como críquete, tiro com arco, golfe e tênis (Gregg; Gregg, 2017). A partir de 1900, houve um grande avanço nas competições esportivas entre as mulheres, bem como um engajamento para organização e suporte a partir de leis e projetos que incentivassem essa participação do público feminino (Gregg; Gregg, 2017; Mendonça; Bittencourt; Trevisan, 2017). Atualmente, apesar de ainda existir muitas adversidades, houve uma grande melhoria na permissão e participação feminina em esportes (Rubio; Veloso, 2019).

A participação de meninas adolescentes no esporte é extremamente importante para o bem-estar físico, mental e social das jovens. Estudos mostram que as jovens que praticam esportes têm maior resiliência e apreciação corporal, além de desenvolver habilidades de liderança e trabalho em equipe (Drummond *et al.*, 2022).

Evidências mostram que a prevalência da prática de exercício físico nos níveis recomendados é inferior a 20% entre adolescentes do sexo feminino (Sallis *et al.*, 2016). Dentre as meninas que praticam esporte, é mais comum haver desistência devido a inúmeros fatores, como os fatores internos, como confiança e pressão, estereótipos, outros hobbies e a maior atenção que os treinadores dão para os meninos ou as meninas que se destacam (Drummond *et al.*, 2022; Wetton *et al.*, 2013).

Essas questões enfrentadas na adolescência também seguem na idade adulta, com as mulheres praticantes de esporte. Barreiras financeiras e culturais para acessar as oportunidades de treinamento (Mujika; Taipale, 2019). Além disso, as mulheres precisam de investimentos em tecnologias e equipamentos que levem em conta suas particularidades físicas e biomecânicas, acesso a uma equipe de profissionais de saúde especializados em suas necessidades específicas, como médicos, fisioterapeutas e nutricionistas que tenham conhecimento sobre a fisiologia feminina e possam ajudar as atletas a alcançar o melhor desempenho de maneira saudável e segura (Mujika; Taipale, 2019; Sims; Heather, 2018).

Apesar das dificuldades enfrentadas, em muitas modalidades as mulheres estão alcançando níveis de desempenho que antes eram considerados impossíveis. A participação feminina no esporte também está ajudando a mudar as percepções sociais sobre o papel das mulheres no mundo do esporte, como a possibilidade da socialização ou se envolver em papéis de liderança nesse meio, mais oportunidades de patrocínio, de divulgação da mídia, além de treinamento e competição (Huang *et al.*, 2019; Mendonça; Bittencourt; Trevisan, 2017).

Esportes estéticos

Os esportes podem ser classificados das mais diversas formas (tipo de ambiente, equipamentos utilizados, capacidades físicas predominantes). Dentre as rotulações criadas, uma das mais utilizadas no contexto da imagem corporal e comportamento alimentar no esporte é a divisão entre modalidades estéticas e não estéticas. Essa última categoria, que não será o foco neste estudo, refere-se aos esportes que não enfatizam a magreza ou não são dependentes de peso para suas classificações, tais como vôlei, basquete, futebol, handebol e tênis. As modalidades estéticas são modalidades que prezam pela magreza ou são dependentes do peso (Burgon, Beard; Waller, 2023; Reardon *et al.*, 2019). Portanto, as ginásticas, saltos ornamentais, patinação artística, líder de torcida, nado artístico, natação, triatlo, ciclismo e bodybuilding são alguns exemplos dessa classe (Chapa *et al.*, 2022).

Essa definição dos tipos de esporte é interessante nas pesquisas de imagem corporal, risco para transtorno alimentar e suas consequências, como a tríade da mulher atleta (termos que serão abordados nas últimas seções deste capítulo), uma vez que a composição corporal é um fator levado em consideração para a performance e desempenho dos que praticam as modalidades supracitadas (Burgon, Beard; Waller, 2023; Chapa *et al.*, 2022; Ferreira; Castro; Morgado, 2014). Nas ginásticas, por exemplo, a necessidade da exposição corporal, a pressão para ter um corpo dentro dos padrões competitivos, a cobrança vinda de técnicos e/ou familiares acerca do corpo e dos resultados, além da avaliação dos juízes tornam as atletas mais propensas a prevalência de insatisfação corporal (Bruin *et al.*, 2011; Rezende; Penaforte; Martins, 2020; Neglia, 2021). As demandas estéticas e de performance variam entre os tipos

de ginástica, por exemplo, atletas da modalidade rítmica costumam ser altas e magras, enquanto para executar saltos e acrobacias características da ginástica artística, um físico menor e com mais potência muscular é requerido (Tan *et al.*, 2016). Segundo Neglia (2021), as pressões vindas dos familiares e parceiros para ser magro, dieta crônica, traumas psicológicos e a ideia equivocada de que é necessário diminuir a ingestão alimentar, se estiver lesionado, podem desencadear transtornos alimentares em atletas deste esporte.

Dentre as modalidades aquáticas, os fatores que influenciam nas ginásticas também podem ser vistos no nado artístico (Robertson; Benardot; Mountjoy, 2014). Enquanto a natação é um exemplo de esporte considerado de endurance ou resistência que preza pela magreza, porém sem a avaliação de juízes sobre a performance. De acordo com Witkoś *et al.* (2022) o uso de vestimentas ajustadas, assim como ao desejo de alcançar um corpo magro para o desempenho são aspectos presentes neste esporte. Em suma, nos esportes estéticos há uma interseção entre imagem corporal e desempenho atlético.

Nível competitivo no contexto do esporte

A competição no esporte envolve a disputa entre os atletas ou times com o intuito de obter a vitória. Uma série de fatores como treinamento, dedicação, estratégia, o espírito esportivo e o fair play, são incluídas na competição. Muitas vezes há a busca por reconhecimento e a conquista de patrocínios e financiamento podem estar presentes (Timme; Steinacker; Schmeling, 2016).

As competições com nível mais alto (elite) normalmente são comercializadas e profissionalizadas, e isso acontece desde a juventude, com a expectativa e pressão por parte dos atletas, familiares, treinadores e gestores para que os talentos descobertos se tornem profissionais e assinem contratos para seguirem carreiras neste meio (Stracciolini; Sugimoto; Howell, 2017; Timme; Steinacker; Schmeling, 2016). Essa pressão também pode ser prejudicial à vida dos atletas ou da equipe multidisciplinar, o que pode influenciar em comportamentos antiéticos por exemplo, o uso de doping, falsificação da idade, no caso dos atletas mais novos, ou que sejam prejudiciais à saúde (Leyk *et al.*, 2023; Mudrak; Slepicka; Slepickova, 2018).

Outro ponto a ser discutido é sobre a ansiedade relacionada ao esporte. Neste contexto, a ansiedade é definida como “uma tendência de perceber situações competitivas como uma ameaça e responder a essas situações com sentimentos de apreensão e tensão” (Martens; Vealey; Burton, 1990; Patel; Omar; Terry, 2010). São diversos os fatores que podem influenciar, como comprometimento com o esporte, dificuldades na rotina, medo de falhar, experiência, local de competição, comportamento do treinador e autoconfiança (Patel; Omar; Terry, 2010). Além de outras emoções presentes no mundo esportivo, negativas ou positivas, que estão relacionadas a própria performance ou do seu time e a performance do oponente (Jekauc; Fritsch; Latinjak, 2021).

O nível não-competitivo, também conhecido como recreativo ou lazer esportivo, tem se tornado cada vez mais popular nos últimos anos. Com o objetivo principal de promover saúde física e mental, além de proporcionar momentos de diversão e descontração (Heidbuchel *et al.*, 2019; Pi; Chang; Lin, 2022; Tutarel; Gabriel; Diller, 2013). Uma das principais vantagens do nível não-competitivo é a ausência de pressão para vencer, o que torna a prática mais agradável e menos estressante. Dessa forma, pode-se desenvolver habilidades motoras, melhorar a aptidão física e se divertir sem se preocupar com o desempenho (Pi; Chang; Lin, 2022). Diferente do nível competitivo, o recreativo não exige um alto nível de técnica, permitindo que pessoas de diferentes idades e níveis de habilidade possam praticar (Chen *et al.*, 2017).

Existem fatores que influenciam no interesse pela participação esportiva, a nível recreacional, tais como a zona de moradia (urbana ou rural), gênero, nível educacional, motivações relacionadas a saúde ou à aparência, como mostrou uma pesquisa realizada com os taiwaneses (Chen *et al.*, 2017). Além disso, um estudo também mostrou que quanto maior a participação da família em esportes recreacionais, mais fáceis a resiliência e a comunicação (Cho, 2014).

Apesar das atividades serem recreacionais, podem ter consequências semelhantes às atividades competitivas, como lesões (Gean *et al.*, 2020; Peirce; Ranson, 2018) e incontinência urinária, observada em mulheres italianas e americanas (Nygaard *et al.*, 1990; Salvatore *et al.*, 2008). Portanto, ainda que não haja uma meta ou objetivo específico visando a performance, é importante que a prática seja sempre planejada e orientada por um profissional capacitado, ou guias de

saúde bem elaborados pelas instituições responsáveis, de forma a garantir que os participantes estejam sempre progredindo e se divertindo ao mesmo tempo de forma estimulante e eficaz, além de prevenir lesões, ou até eventos cardíacos que podem ser fatais (Faude; Zahner; Donath, 2015).

TRÍADE DA MULHER ATLETA

A Tríade da Mulher Atleta (TMA) foi um termo que surgiu em 1992, pela American College of Sports Medicine (ACSM), definida como 3 condições inter-relacionadas: amenorreia, osteoporose e distúrbio alimentar (Otis *et al.*, 1997). Em 2007, com mais estudos, compreendeu-se que para cada componente desta tríade existe um espectro, renomeados de função menstrual, densidade mineral óssea e disponibilidade energética. Dessa forma, a atleta pode ir da saúde à doença em cada componente, em destaque, o último aspecto pode ir de alta a baixa disponibilidade energética, nota-se que as desordens alimentares sustentam uma grande proporção dos casos de baixa disponibilidade energética (Kelly *et al.*, 2016; Loucks, 2004; Mehta; Thompson; Kling, 2018; Nattiv *et al.*, 2007; Neglia, 2021).

Essa condição tem sido subnotificada por causa da falta de informação entre os treinadores, atletas e profissionais de saúde. Como a tríade existe em um espectro, há uma variedade de apresentações, o que dificulta o reconhecimento dos sinais e sintomas, além disso, muitas atletas podem perceber, porém não relatam os sintomas aos seus treinadores (Matzkin; Curry; Whitlock, 2015). Para ser diagnosticada com a tríade, a mulher não precisa apresentar sintomas nos três componentes, a presença de um ou dois componentes já é critério diagnóstico. Como resultado, a prevalência da TMA aumentou consideravelmente, uma vez que os aspectos não precisam estar interrelacionados (Matzkin; Curry; Whitlock, 2015). É importante ressaltar que Síndrome da Tríade da Mulher Atleta ou apenas Tríade da Mulher Atleta são as terminologias comumente utilizadas para quando se tem as manifestações clínicas destes componentes (Nattiv *et al.*, 2007; Mountjoy *et al.*, 2014).

Em 2012 e 2013, a Female Athlete Triad Coalition se reuniu para desenvolver uma declaração de consenso para triagem, tratamento e retorno ao esporte. A triagem para a tríade deve ser realizada como parte da avaliação

física feita antes de iniciar os treinamentos, deve incluir perguntas que abordem todos os aspectos dos espectros da tríade. O consenso fala que “embora haja evidências limitadas relacionadas à eficácia das perguntas (...) recomenda-se que as atletas (...) sejam submetidas a uma triagem anual com o questionário de autorrelato específico da tríade” (Joy *et al.*, 2014).

Apesar das condições serem interrelacionadas, utiliza-se ferramentas de avaliação para cada componente, bem como o tratamento em cada aspecto (Mehta; Thompson; Kling, 2018). O tratamento deve ser individualizado e cada consequência deve ser manejada adequadamente, isso implica em ajustar a ingestão energética, reduzir a quantidade de treinamento, considerar a suplementação, medicamentos para saúde menstrual e óssea e recorrer à psicoterapia, se necessário (Souza *et al.*, 2014). No tratamento, o estabelecimento de um vínculo terapêutico entre a atleta e a equipe multidisciplinar é crucial, com ênfase no engajamento e na participação ativa. Além disso, é fundamental envolver os treinadores, pais, gestores e equipe de apoio. A equipe médica tem a responsabilidade de garantir que a atleta seja liberada para retornar à prática esportiva apenas quando for considerado seguro fazê-lo, após uma lesão ou doença (Joy *et al.*, 2014). Nos próximos subtópicos, abordaremos, separadamente, os três fatores que compõem a tríade da mulher atleta.

Disponibilidade energética

O corpo humano requer energia para desempenhar suas funções, como manutenção, crescimento, reprodução e termogênese, entre outras. No contexto esportivo, o termo disponibilidade energética (DE) refere-se à energia residual disponível para realizar essas funções corporais nos atletas, e não deve ser confundido com o gasto calórico do exercício em si (Loucks, 2004). A disponibilidade energética desempenha um papel fundamental na performance e na saúde dos atletas. Uma ingestão de energia equilibrada, combinada com uma alimentação saudável e adaptada às necessidades individuais, é fundamental para garantir que os atletas tenham energia suficiente para treinar, competir e se recuperar adequadamente (Burke *et al.*, 2018).

Segundo Loucks (2004), é importante destacar que a massa magra tem uma capacidade de gasto calórico maior que a gordura, a DE é relativa à massa

magra, em vez de massa corporal total. Dessa forma, a DE é calculada ao subtrair o consumo calórico total da energia proveniente do exercício, dividido pela massa livre de gordura. Para obter essas medidas, é comum utilizar uma combinação de métodos, que geralmente incluem: inquéritos alimentares (registros, questionários de frequência ou recordatório), calorimetria, antropometria (dobras cutâneas, bioimpedância, densitometria através do DEXA) e registros de exercício físico.

A baixa disponibilidade energética (BDE) é fruto da ingestão inadequada de energia, alto gasto de energia de treinamento de alta exigências, ou uma combinação dos dois e vários fatores de risco podem estar presentes além da ingestão insuficiente ou gasto excessivo de energia que predispõem um atleta para BDE (Jagim *et al.*, 2022). Diversos fatores podem influenciar a disponibilidade energética, por exemplo, a dependência de exercícios, preocupações com a imagem corporal e distúrbios alimentares. Além disso, a participação em esportes específicos, como aqueles sensíveis ao peso ou modalidades estéticas, pode desempenhar um papel significativo. Outras barreiras, como restrições financeiras, acesso limitado a suporte nutricional e falta de tempo, também podem contribuir para o risco geral de um atleta ter uma baixa disponibilidade energética (Jagim *et al.*, 2022).

A BDE é considerada o pilar para o prejuízo na função menstrual e saúde óssea em atletas, essa condição também pode levar a sintomas como fadiga crônica, falta de energia, dificuldade em se recuperar adequadamente e diminuição do desempenho esportivo (Dobrowolski; Włodarek, 2020; Elliott-Sale *et al.*, 2018; Nattiv *et al.* 2007; Popp *et al.*, 2022). A baixa disponibilidade energética leva a uma diminuição da massa de gordura com adaptação da atividade do tecido adiposo e ativação de diferentes mecanismos após o reconhecimento do estado de estresse que o corpo se encontra. As adaptações neuroendócrinas ocorrem para que o gasto energético seja em prol de preservar as funções vitais, e são biomarcadores que podem ajudar a identificar a baixa disponibilidade energética a curto prazo. Por exemplo, pode ser observada a ativação do eixo hipotalâmico-pituitário-adrenal, diminuição da leptina e oxitocina, aumento da grelina e neuropeptídeo YY (Coelho *et al.*, 2021; Heikura; Stellingwerff; Areta, 2021).

Para que se tenha dimensão do problema de saúde que envolve mulheres atletas em diferentes ambientes esportivos, pesquisas sobre o tema têm sido de suma importância. Em um estudo realizado com 833 mulheres na Irlanda entre 2016 e 2017, que buscou investigar o risco de baixa disponibilidade energética em mulheres de diferentes níveis competitivos e suas associações com doenças e hábitos dietéticos, 40% das participantes apresentaram risco para BDE (Logue *et al.*, 2018). Observou-se que essa porcentagem foi maior em atletas que participavam de competições internacionais e interestaduais e menor prevalência nas praticantes de esporte de forma recreacional (Logue *et al.*, 2018).

Em outro estudo com corredoras velocistas de alto rendimento, que investigou a prevalência dos sinais e sintomas de baixa disponibilidade energética (amenorreia, baixa densidade mineral óssea, taxa metabólica de repouso <29 quilocalorias por quilo de massa magra, baixos níveis hormonais, dentre outros indicadores), foi mostrado que 31% apresentaram pelo menos dois indicadores no início da temporada e, após 5 meses de treinamento, essa prevalência aumentou para 54% (Sygo *et al.*, 2018). No Brasil, foi realizado um estudo com 127 atletas do sexo feminino e nos resultados encontrados, 50% das atletas praticantes de esportes sensíveis ao peso apresentaram risco para tríade, contra 24,6% das atletas pertencentes ao grupo dos esportes coletivos (De Maria; Juzwiak, 2021).

Uma consideração fundamental para a determinação da disponibilidade de energia decorre da subestimação ou superestimação da ingesta alimentar que ocorre em atletas (Burke, 2018). Assim, os pesquisadores nessa área devem tomar medidas para otimizar a precisão da avaliação dietética, de modo a não superestimar a prevalência de BDE. Além disso, os atletas muitas vezes subestimam a energia que seu esporte demanda, o que causa mais problemas com a avaliação da DE, bem como aumenta a probabilidade de ingestão inadequada de energia. Jagim *et al.* (2022) explicam que esse mal-entendido pode ser resultado de os atletas não saberem distinguir as estratégias dietéticas para perda de peso das estratégias voltadas para o desempenho.

Função menstrual

A função menstrual na tríade da mulher atleta é influenciada por diversos fatores, incluindo a quantidade de exercício físico, a ingestão de energia e

nutrientes e o equilíbrio hormonal. A baixa disponibilidade energética, discutida no tópico anterior, pode levar à interrupção de várias funções fisiológicas e um dos sintomas mais evidentes que podem ocorrer são as anormalidades do ciclo menstrual, como amenorreia ou oligomenorreia (Verhoef *et al.*, 2021). Essas consequências podem vir da prática excessiva de exercícios combinada com baixa ingestão de calorias, o que leva a alterações nos níveis hormonais, resultando em ciclos menstruais irregulares ou ausentes (Mountjoy, 2018) e isto pode trazer implicações negativas para a saúde óssea e a capacidade atlética (Souza *et al.*, 2021).

A eumenorréia é definida como ciclos regulares ocorrendo em intervalos entre 21 e 35 dias. A amenorreia pode ser primária ou secundária: a primária é a ausência de menarca aos 15 anos de idade; a secundária refere-se à ausência de três ciclos consecutivos após a menarca. A oligomenorreia é definida como uma duração do ciclo superior a 45 dias. Além dessas condições mais evidentes, também existem as disfunções menstruais sutis, como sangramento muito leve, intervalo menstrual levemente prolongado e manchas pré e pós-menstruais que podem ser subestimadas pela triagem de rotina (Loucks, 1990; Mountjoy, 2018).

O mecanismo subjacente a essas alterações está relacionado a uma interrupção da pulsatilidade do hormônio liberador de gonadotropina (GnRH) no hipotálamo associada a baixa disponibilidade energética, seguida por alterações na liberação do hormônio luteinizante (LH) e hormônio folículo estimulante da hipófise (FSH) com a consequente diminuição dos níveis de estradiol e progesterona, esse processo é uma forma de amenorreia hipotalâmica funcional (FHA). Portanto, níveis anormais de hormônios, pulsatilidade de LH e do FSH, estoques inadequados de gordura corporal, baixa disponibilidade energética e estresse por exercício podem ser fatores etiológicos dos distúrbios menstruais observados em atletas (Loucks, 1990; Mountjoy, 2018).

Sabe-se que atletas femininas subnotificam distúrbios do ciclo menstrual. Um estudo qualitativo realizado por Verhoef (2021) apresentou cinco motivos apontados pelas participantes para não relatar a ausência da menstruação: normalização da amenorreia no ambiente de convivência das atletas, não percepção da ausência da menstruação como um problema pelas atletas, vergonha e tabu sobre o assunto, priorização do desempenho esportivo e

negação do problema. Em uma revisão feita por Gimunová (2022), a prevalência de disfunções menstruais em atletas pode variar de 0 a 61%. Essa revisão também mostrou que esportes estéticos e de endurance apresentam as maiores prevalências em comparação aos esportes coletivos.

Atletas amenorreicas apresentam níveis mais elevados de colesterol, apolipoproteína B e lipoproteína de baixa densidade (LDL), que são fatores de risco para o desenvolvimento de aterosclerose. Para avaliar a função menstrual em pacientes com suspeita da tríade da mulher atleta deve-se perguntar sobre a sua menarca, bem como de sua mãe e quaisquer irmãs e a data da última menstruação da paciente. Anticoncepcionais, antidepressivos, anti-hipertensivos ou medicamentos antipsicóticos também podem afetar a menstruação. As avaliações devem incluir exame físico e ultrassonografia para avaliar anormalidades do útero, colo do útero e vagina para descartar corpo estranho ou tumor, exames para descartar gravidez, doença crônica, hipotireoidismo, prolactinoma e outras questões hormonais (Berz; Mccambridge, 2016).

Para tratamento, as pílulas anticoncepcionais orais restauram a menstruação aumentando os níveis de estrogênio. No entanto, vários estudos demonstraram que essa abordagem fornece uma falsa segurança de que a menstruação “normal” foi retomada e continua a limitar o acúmulo de cálcio no osso (Berz; Mccambridge, 2016). O consenso do Comitê Olímpico Internacional mostrou que a abordagem mais eficaz é o retorno do balanço energético para restaurar a função menstrual, porém o tratamento farmacológico com estradiol e progesterona oral pode ser considerada para uso de curto prazo (Mountjoy, 2018). Para abordar essa questão, é importante criar maior conscientização entre atletas, treinadores, profissionais da saúde, gestores e associações esportivas. Além disso, mais pesquisas sobre as consequências a longo prazo como fertilidade, disfunção endotelial e baixa densidade mineral óssea ajudarão as atletas e sua equipe a fazer uma melhor avaliação dos riscos no futuro (Verhoef *et al.*, 2021; Joubert *et al.*, 2022).

Saúde óssea

A saúde óssea é de extrema importância para os atletas, pois desempenha um papel fundamental no desempenho esportivo e na prevenção de lesões

(Papageorgiou *et al.*, 2017). A baixa disponibilidade energética (BDE) pode causar a alteração de vários hormônios envolvidos na regulação da (re)modelagem óssea, incluindo a diminuição de estrogênio, testosterona, leptina, triiodotironina e fator de crescimento semelhante à insulina tipo 1 (IGF-1) e aumento da adiponectina (Heikura *et al.*, 2018; Hutson *et al.*, 2020). Estudos apontam que atletas que apresentam amenorreia hipotalâmica funcional sofrem mais lesões por estresse ósseo e perdem mais dias de treinamento devido a lesões, em comparação às eumenorréicas (Hutson *et al.*, 2020). Em suma, a BDE afeta de forma direta e indireta a saúde óssea. (Nattiv *et al.*, 2007).

Não apenas o balanço energético negativo, mas também a quantidade insuficiente de cálcio na dieta, vitamina D e proteínas impactam o osso. A redução da massa magra prejudica a massa óssea e a redução da massa gorda está associada a níveis baixos de leptina e hipogonadismo, o que causa o mecanismo mencionado no tópico anterior, resultando na diminuição de estrogênio e progesterona. A deficiência de estrogênio contribui para o aumento da reabsorção óssea e consequente alteração da densidade mineral óssea (Indirli *et al.*, 2022)

Além da alimentação adequada e do exercício físico, os atletas devem estar atentos aos sinais e sintomas referentes a saúde óssea. A dor persistente ou recorrente nos ossos, especialmente nas regiões de maior impacto, como joelhos, tornozelos e quadris, pode indicar uma lesão ou condição subjacente que requer atenção médica. Para identificar possíveis deficiências ou fragilidades, exames de densitometria óssea e radiografias podem ser solicitados (Goolsby; Boniquit, 2016; Mountjoy, 2018). Os ossos são constantemente submetidos a estresse durante a prática de atividades físicas, e é essencial que os atletas adotem medidas para fortalecê-los. Além disso, os exercícios de impacto, como a corrida e o treinamento com pesos, estimulam a remodelação óssea e promovem a densidade mineral óssea, se feitos da maneira correta (Goolsby; Boniquit, 2016; Hutson *et al.*, 2020). Respeitar os períodos de repouso e sono suficiente é essencial para evitar a fadiga e o risco de lesões (Mountjoy, 2018).

Mais investigações usando técnicas de imagem tridimensionais (tomografia computadorizada ou ressonância magnética, por exemplo) são necessárias para esclarecer os efeitos da baixa disponibilidade de energia na resistência óssea e a capacidade de recuperar a resistência óssea com ganho de peso e/

ou retomada da menstruação. O avanço da pesquisa e do conhecimento em saúde óssea relacionados à tríade do atleta feminino é essencial para garantir que todas as mulheres possam receber os benefícios físicos e psicológicos associados à participação em exercícios (Ducher *et al.*, 2011).

FATORES ASSOCIADOS À TRÍADE DA MULHER ATLETA

Imagem corporal no esporte

Em um ambiente impulsionado por pressões ligadas ao desempenho, o corpo é constantemente exigido ao máximo. É nesse contexto que a idealização do corpo atlético, caracterizado por ser magro e musculoso, se torna muito prevalente, pois é o padrão mais amplamente aceito não apenas no âmbito esportivo, mas também na sociedade em geral. Entretanto, diferentes modalidades exigirão diferentes tipos de corpos, ou seja, "morfologia corporal compatível com o que é exigido para o bom rendimento atlético em seu esporte" (Ferreira; Castro; Morgado, 2014).

Uma vez que os atletas, em geral, apresentam aparência física semelhante ao que é idealizado socialmente, esse grupo é considerado menos propenso a desenvolver preocupações relacionadas a imagem corporal, porém essas evidências são menores em mulheres e atletas de alto rendimento (Arroyo *et al.*, 2008; Jankauskiene; Baceviciene, 2019; Varnes *et al.*, 2013). Quando se trata da modalidade esportiva, os praticantes de esportes estéticos (ginásticas, nado artístico, patinação artística e saltos ornamentais) apresentam maior prevalência de insatisfação com a imagem corporal em comparação aos esportes não estéticos. Nas modalidades mencionadas, a avaliação costuma ser feita por juízes, que levam em consideração a aparência/aspectos físicos como quesitos a serem julgados (Burgon; Beard; Waller, 2023; Sundgot-Borgen, 2000).

Um modelo teórico proposto por Petrie e Greenleaf (2012) mostra que a insatisfação com a imagem corporal é resultado da internalização das pressões sociais e específicas do esporte. Já um estudo realizado com meninas adolescentes, mostrou que a participação em esportes competitivos moderou as associações entre internalização dos ideais de corpo magro e a auto-objetificação, ou seja, a teoria de que as mulheres, a partir das repetidas experiências

de serem tratadas como objeto, internalizam a perspectiva de um observador de seus próprios corpos. Isso significa que as meninas que praticam esportes visando conquista ou realização valorizam mais as funções corporais do que a aparência, o mesmo resultado não foi observado em praticantes recreacionais (Jankauskiene; Baceviciene, 2022).

Além da pressão que pode vir do ambiente esportivo e, embora os atletas tenham menores riscos de terem insatisfação corporal, uma vez que corpo se aproxima da imagem idealizada socialmente, fatores já mencionados neste tópico, a mídia pode ser um fator de influência na imagem corporal no esporte. Uma vez que ela propaga o ideal de corpo, ainda mais a importância deste corpo para os atletas e seu desempenho, essa população também pode sofrer influência da mídia no ideal de magreza e muscularidade. Ou seja, a mídia, assim como pares e a família podem influenciar na insatisfação corporal no contexto esportivo (Pallotto, Sockol e Stutts 2022; Thiemann *et al.*, 2015).

É importante informar técnicos, profissionais da saúde, familiares, praticantes de esportes sobre questões relacionadas a insatisfação com a imagem corporal e suas consequências, como os comportamento alimentar transtornado, síndrome de Burnout e dor lombar (Baella-Vigil *et al.*, 2020; Kristjánsdóttir *et al.*, 2019; Levenig *et al.*, 2021), além de promover uma imagem corporal positiva (Jankauskiene; Baceviciene, 2019; Jankauskiene; Baceviciene; Trinkuniene, 2020; Zaccagni; Gualdi-Russo, 2023), que enfatize a saúde e desempenho e com menos foco no peso e aparência (Ljungqvist *et al.*, 2009).

Portanto, a imagem corporal pode se relacionar com a TMA através do comportamento alimentar, uma vez que a insatisfação corporal é fator de risco para transtornos alimentares que, por sua vez, é um dos fatores que podem levar à baixa disponibilidade energética (Mehta; Thompson; Kling, 2018; Paixão; Oliveira; Ferreira, 2020). Um modelo teórico de transtornos alimentares em adolescentes praticantes de skate, ginástica e dança sugeriu que os pensamentos desagradáveis e perfeccionistas a respeito da imagem corporal podem levar à adoção de estratégias perfeccionistas para chegar a uma imagem corporal perfeita e, por sua vez, levar a comportamentos alimentares transtornados. Além disso, esta busca pelo perfeccionismo é percebida como uma necessidade de

melhorar o desempenho e conseguir aprovação no meio esportivo (Paixão; Oliveira; Ferreira, 2020).

Risco para transtornos alimentares no esporte

Uma das consequências mais estudadas entre atletas, principalmente associado à imagem corporal é o Comer Transtornado e os Transtornos Alimentares (Carson *et al.*, 2020; Kristjánsdóttir *et al.*, 2019; Salbach *et al.*, 2007). Pesquisas recentes ressaltam que a insatisfação com o corpo é um dos agentes influenciadores no desencadeamento de comportamentos de risco para os transtornos alimentares (TAs), essa problemática é exacerbada pela supervalorização do padrão de corpo magro, conforme evidenciado por estudos realizados em meninas e mulheres (McLean; Paxton, 2019).

O comportamento alimentar engloba uma ótima nutrição/alimentação até restrições alimentares, além de formas inadequadas de perda de peso como o uso de laxantes, diuréticos, ou exercício físico em excesso. Esses podem ser sintomas dos TAs que são considerados transtornos psiquiátricos graves descritos no DSM-5. Os tipos mais comuns são: anorexia nervosa, bulimia nervosa e transtorno da compulsão alimentar (American Psychiatric Association, 2013). Estes distúrbios podem afetar pessoas de diferentes idades, classes sociais, tamanhos e formas físicas (Flament *et al.*, 2015). Os comportamentos transtornados tendem a ser normalizados em uma sociedade obcecada por dieta e forma física. Além disso, muitas pessoas que possuem esta desordem, tendem a negar ou esconder a doença e evitam ajuda profissional. No caso dos atletas, isso ocorre por receio de serem retirados do esporte (Neglia, 2021; Smink; Van Hoeken; Hoek, 2012; Treasure; Duarte; Schmidt, 2020).

Conforme descritos no DSM-5, a anorexia nervosa é caracterizada pela busca incessante por emagrecimento, imagem corporal distorcida, medo extremo da obesidade, por isso, a restrição alimentar. Já na bulimia nervosa há o consumo compulsivo de alimentos, seguido pela culpa e medo de engordar e o ciclo de restrição, purgação alimentar ou excesso de exercício físico como compensação. No transtorno de compulsão alimentar, as pessoas ingerem grandes quantidades de comida, com sensação de perda de controle, sem recorrer a atos compensatórios como na bulimia. Esses transtornos podem ter consequências

graves para a saúde física e mental dos atletas, além de afetar seu desempenho esportivo (American Psychiatric Association, 2013; Rousselet *et al.*, 2016).

Os estudos mostram que os atletas são considerados grupo de risco para desenvolver transtornos alimentares. Além da insatisfação com a imagem corporal, as demandas específicas do esporte podem gerar comportamentos de risco para esse distúrbio (Reardon *et al.*, 2019; Sundgot-Borgen, 2000). Dentre os fatores de risco em atletas estão a pressão para performance, treinamento específico antes da maturação corporal, lesões, esportes passíveis de julgamento estético, modalidades que requerem baixo peso ou são modalidades dependentes do peso, esportes individuais, baixa autoestima, problemas familiares ou alguém da família com TA, histórico de abuso físico ou sexual (Neglia, 2021; Reardon *et al.*, 2019; Sundgot-Borgen, 2000).

Reardon *et al.* (2019) citam características que diferenciam os transtornos alimentares do comer transtornado em atletas. No transtorno alimentar a restrição, compulsão ou purgação ocorrem múltiplas vezes na semana, pensamentos obsessivos sobre comida e comer na maior parte do tempo e exercícios em excesso além do recomendado pelos treinadores como forma de compensar calorias estão presentes. No comer transtornado os comportamentos patológicos (restrição, purgação ou compulsão) podem ocorrer, mas não com regularidade, o funcionamento das atividades diárias não é afetado, o exercício físico pode não ser usado como compensação, mas pode haver um grande foco em queimar calorias enquanto treina.

Um estudo mostrou que atletas de elite têm maiores níveis de sintomas de transtornos alimentares, comparados a não atletas ou mulheres fisicamente ativas que não competem (Kong; Harris, 2014). Já outra pesquisa não encontrou essa diferença, mas concluiu que a prevalência dos sintomas de TA era maior em praticantes de esportes estéticos em comparação com esportes não-estéticos (Ravi *et al.*, 2021). Um estudo realizado com adolescentes atletas de ginástica rítmica avaliou que quase um quarto (23,8%) do público estudado tinha comportamento de risco para transtornos alimentares (Menezes *et al.*, 2022).

Os transtornos alimentares em atletas são preocupantes não só pela sua gravidade, mas também pela dificuldade em reconhecer os sintomas. Muitos atletas podem parecer saudáveis e em forma, mas ainda assim estarem sofrendo

de um distúrbio alimentar. É importante que os treinadores, profissionais de saúde e colegas estejam cientes dos sinais de alerta, como perda excessiva de peso, mudanças de humor, recusa em comer em público e obsessão com a alimentação e o exercício físico. O tratamento para transtornos alimentares em atletas envolve uma equipe multidisciplinar, incluindo psicólogos, nutricionistas e médicos, para ajudar o atleta a recuperar a saúde e o desempenho esportivo (Giel *et al.*, 2016; Ravi *et al.*, 2021). É possível enfatizar, que as desordens alimentares sustentam uma grande proporção dos casos de baixa disponibilidade energética, de tal forma que uma das diretrizes para mulheres que possuem a tríade, é a investigação e tratamento de transtornos alimentares (Kelly *et al.*, 2016; Loucks, 2004; Mehta; Thompson; Kling, 2018; Nattiv *et al.*, 2007).

REFERÊNCIAS

- American Psychiatric Association (APA). **Manual diagnóstico e estatístico de transtornos mentais: DSM-5**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.
- ARROYO, Marta *et al.* Body Image and Body Composition: comparisons of young male elite soccer players and controls. **International Journal Of Sport Nutrition And Exercise Metabolism**, [S.L.], v. 18, n. 6, p. 628-638, dez. 2008.
- BAELLA-VIGIL, Gilda V. *et al.* Burnout syndrome in athletes and their association with body image dissatisfaction at a private university. **The Journal Of Sports Medicine And Physical Fitness**, [S.L.], v. 60, n. 4, p. 650-655, maio 2020.
- BERZ, Kate; MCCAMBRIDGE, Teri. Amenorrhea in the Female Athlete: what to do and when to worry. **Pediatric Annals**, [S.L.], v. 45, n. 3, p. 97-102, mar. 2016.
- BRUIN, A. P. (Karin) de *et al.* Contextual body image and athletes' disordered eating: the contribution of athletic body image to disordered eating in high performance women athletes. **European Eating Disorders Review**, [S.L.], v. 19, n. 3, p. 201-215, maio 2011. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/erv.1112>.
- BURGON, Rachel H.; BEARD, Jessica; WALLER, Glenn. Body image concerns across different sports and sporting levels: a systematic review and meta-analysis. **Body Image**, [S.L.], v. 46, p. 9-31, set. 2023. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bodyim.2023.04.007>.
- BURKE, Louise M. *et al.* Pitfalls of Conducting and Interpreting Estimates of Energy Availability in Free-Living Athletes. **International Journal Of Sport Nutrition And Exercise Metabolism**, [S.L.], v. 28, n. 4, p. 350-363, 1 jul. 2018.
- CARSON, Traci Lyn *et al.* Cultural and environmental associations with body image, diet and well-being in NCAA DI female distance runners: a qualitative analysis. **British Journal Of Sports Medicine**, [S.L.], v. 55, n. 8, p. 433-437, 2 nov. 2020. BMJ. <http://dx.doi.org/10.1136/bjsports-2020-102559>.
- CASH, Thomas F.; SMOLAK, Linda. *Body image: a handbook of science, practice, and prevention*. 2. ed. New York: The Guilford Press, 2002.

CHAGAS, Ana Clara Monteiro *et al.* Triagem da tríade da mulher atleta em bailarinas profissionais da cidade de São Paulo. **Higei@**, Santos, v. 3, n. 5, p. 1-13, 2021.

CHAPA, Danielle A. N. *et al.* Eating-disorder psychopathology in female athletes and non-athletes: a meta analysis. **International Journal Of Eating Disorders**, [S.L.], v. 55, n. 7, p. 861-885, 4 jun. 2022. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/eat.23748>.

CHEN, Chiehfang *et al.* Factors influencing interest in recreational sports participation and its rural-urban disparity. **Plos One**, [S.L.], v. 12, n. 5, p. 0178052, 25 maio 2017.

CHO, Min-Soo. The influence of family's participation in recreational sports on its resilience and communication facilitation. **Journal Of Exercise Rehabilitation**, [S.L.], v. 10, n. 5, p. 313-318, 31 out. 2014.

COELHO, Alexandra Ruivo *et al.* The Female Athlete Triad/Relative Energy Deficiency in Sports (RED-S). **Revista Brasileira de Ginecologia e Obstetrícia / Rbgo Gynecology And Obstetrics**, [S.L.], v. 43, n. 05, p. 395-402, maio 2021.

DE MARIA, Uyara Pereira; JUZWIAK, Claudia Ridel. The risk for the female athlete triad in Brazilian athletes. **Human Movement**, [S.L.], v. 22, n. 2, p. 53-59, 2021.

DOBROWOLSKI, Hubert; WŁODAREK, Dariusz. Low energy availability in group of Polish female soccer players. **Roczniki Państwowego Zakładu Higieny**, [S.L.], v. 1, n. 71, p. 89-96, 2020.

DRUMMOND, Murray *et al.* Girls and Young Women in Community Sport: a south australian perspective. **Frontiers In Sports And Active Living**, [S.L.], v. 3, n. 14, 14 jan. 2022.

UCHER, Gaelle *et al.* Obstacles in the Optimization of Bone Health Outcomes in the Female Athlete Triad. **Sports Medicine**, [S.L.], v. 41, n. 7, p. 587-607, jul. 2011.

ELLIOTT-SALE, Kirsty J. *et al.* Endocrine Effects of Relative Energy Deficiency in Sport. **International Journal Of Sport Nutrition And Exercise Metabolism**, [S.L.], v. 28, n. 4, p. 335-349, 1 jul. 2018.

FAUDE, Oliver; ZAHNER, Lukas; DONATH, Lars. Trainingsprinzipien im gesundheitsorientierten Freizeitsport. **Therapeutische Umschau**, [S.L.], v. 72, n. 5, p. 327-334, 11 maio 2015.

FERREIRA, Maria Elisa Caputo; CASTRO, Marcela Rodrigues; MORGADO, Fabiana Frota (org.). *Imagem Corporal: reflexões, diretrizes e práticas de pesquisa*. Juiz de Fora: Editora UFJF, 2014.

FLAMENT, Martine F. *et al.* Weight Status and DSM-5 Diagnoses of Eating Disorders in Adolescents From the Community. **Journal Of The American Academy Of Child & Adolescent Psychiatry**, [S.L.], v. 54, n. 5, p. 403-411, maio 2015.

GEAN, Richard P. *et al.* A Systematic Review and Meta-analysis of Injury in Crossfit. **J Surg Orthop Adv**, [s. l.], v. 1, n. 29, p. 26-30, mar. 2020.

GIEL, Katrin Elisabeth *et al.* Eating disorder pathology in elite adolescent athletes. **International Journal Of Eating Disorders**, [S.L.], v. 49, n. 6, p. 553-562, 15 fev. 2016.

GIMUNOVÁ, Marta *et al.* The Prevalence of Menstrual Cycle Disorders in Female Athletes from Different Sports Disciplines: a rapid review. **International Journal Of Environmental Research And Public Health**, [S.L.], v. 19, n. 21, p. 14243, 31 out. 2022.

GOOLSBY, Marci A.; BONIQUIT, Nicole. Bone Health in Athletes. **Sports Health: A Multidisciplinary Approach**, [S.L.], v. 9, n. 2, p. 108-117, 30 nov. 2016.

GREGG, Elizabeth A.; GREGG, Vanessa H.. Women in Sport. **Clinics In Sports Medicine**, [S.L.], v. 36, n. 4, p. 603-610, out. 2017.

HEIDBUHEL, Hein *et al.* Intensive recreational athletes in the prospective multinational ICD Sports Safety Registry: results from the european cohort. **European Journal Of Preventive Cardiology**, [S.L.], v. 26, n. 7, p. 764-775, 27 fev. 2019. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1177/2047487319834852>.

HEIKURA, Ida A.; STELLINGWERFF, Trent; ARETA, Jose L. Low energy availability in female athletes: from the lab to the field. **European Journal Of Sport Science**, [S.L.], v. 22, n. 5, p. 709-719, 3 maio 2021.

HINCAPIÉ, Cesar A.; CASSIDY, J. David. Disordered Eating, Menstrual Disturbances, and Low Bone Mineral Density in Dancers: a systematic review. **Archives Of Physical Medicine And Rehabilitation**, [S.L.], v. 91, n. 11, p. 1777-1789, nov. 2010. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apmr.2010.07.230>.

HUANG, Hsiu-Chin *et al.* The Effects of Locus of Control, Agents of Socialization and Sport Socialization Situations on the Sports Participation of Women in Taiwan. **International Journal Of Environmental Research And Public Health**, [S.L.], v. 16, n. 10, p. 1841, 23 maio 2019.

HUTSON, Mark J. *et al.* Effects of Low Energy Availability on Bone Health in *Endurance* Athletes and High-Impact Exercise as A Potential Countermeasure: a narrative review. **Sports Medicine**, [S.L.], v. 51, n. 3, p. 391-403, 21 dez. 2020.

INDIRLI, Rita *et al.* Bone health in functional hypothalamic amenorrhea: what the endocrinologist needs to know. **Frontiers In Endocrinology**, [S.L.], v. 13, 11 out. 2022.

JAGIM, Andrew R. *et al.* Contributing Factors to Low Energy Availability in Female Athletes: a narrative review of energy availability, training demands, nutrition barriers, body image, and disordered eating. **Nutrients**, [S.L.], v. 14, n. 5, p. 986, 25 fev. 2022.

JANKAUSKIENE, Rasa; BACEVICIENE, Migle. Adolescent girls' participation in sports is associated with lower negative effects of internalization of thin body ideals on self-objectification: findings from a cross-sectional study. **Eating And Weight Disorders - Studies On Anorexia, Bulimia And Obesity**, [S.L.], v. 27, n. 8, p. 3289-3300, 1 ago. 2022.

JANKAUSKIENE, Rasa; BACEVICIENE, Miglė. Body Image and Disturbed Eating Attitudes and Behaviors in Sport-Involved Adolescents: the role of gender and sport characteristics. **Nutrients**, [S.L.], v. 11, n. 12, p. 3061, 14 dez. 2019.

JANKAUSKIENE, Rasa; BACEVICIENE, Migle; TRINKUNIENE, Laima. Examining Body Appreciation and Disordered Eating In Adolescents of Different Sports Practice: cross-sectional study. **International Journal Of Environmental Research And Public Health**, [S.L.], v. 17, n. 11, p. 4044, 5 jun. 2020.

JEKAUC, Darko; FRITSCH, Julian; LATINJAK, Alexander T.. Toward a Theory of Emotions in Competitive Sports. **Frontiers In Psychology**, [S.L.], v. 12, 16 dez. 2021.

JOAQUIM, Daniel Paduan; JUZWIAK, Claudia Ridel; WINCKLER, Ciro. Do paralympic track and field athletes have low energy availability? **Brazilian Journal Of Kinanthropometry And Human Performance**, [S.L.], v. 20, n. 1, p. 71-81, 14 mar. 2018.

JOUBERT, Lanae *et al.* Prevalence of amenorrhea in elite female competitive climbers. **Frontiers In Sports And Active Living**, [S.L.], v. 4, 10 ago. 2022.

JOY, Elizabeth *et al.* 2014 Female Athlete Triad Coalition Consensus Statement on Treatment and Return to Play of the Female Athlete Triad. **Current Sports Medicine Reports**, [S.L.], v. 13, n. 4, p. 219-232, 2014.

KELLY, Amanda Weiss *et al.* The Female Athlete Triad. **Pediatrics**, [S.L.], v. 138, n. 2, p. 1-10, 1 ago. 2016.

KONG, Peiling; HARRIS, Lynne M.. The Sporting Body: body image and eating disorder symptomatology among female athletes from leanness focused and nonleanness focused sports. **The Journal Of Psychology**, [S.L.], v. 149, n. 2, p. 141-160, 4 mar. 2014.

KRISTJÁNSDÓTTIR, Hafrún *et al.* Body Image Concern and Eating Disorder Symptoms Among Elite Icelandic Athletes. **International Journal Of Environmental Research And Public Health**, [S.L.], v. 16, n. 15, p. 2728, 31 jul. 2019. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph16152728>.

LANTZ, Elin L. *et al.* Conceptualizing body dissatisfaction in eating disorders within a self-discrepancy framework: a review of evidence. **Eating And Weight Disorders - Studies On Anorexia, Bulimia And Obesity**, [S.L.], v. 23, n. 3, p. 275-291, 9 fev. 2018.

LEVENIG, Claudia G. *et al.* Body Image in Athletes and Nonathletes With Low Back Pain: avoidance *endurance*-related subgroups and sports status play a role. **Journal Of Sport Rehabilitation**, [S.L.], v. 30, n. 2, p. 182-189, 1 fev. 2021.

LEYK, Dieter *et al.* Analgesic use in sports—results of a systematic literature review. **Deutsches Ärzteblatt International**, [S.L.], v. 10, n. 120, p. 155-161, 10 mar. 2023.

LJUNGQVIST, Arne *et al.* The International Olympic Committee (IOC) Consensus Statement on Periodic Health Evaluation of Elite Athletes, March 2009. **Clinical Journal Of Sport Medicine**, [S.L.], v. 19, n. 5, p. 347-365, set. 2009. Ovid Technologies (Wolters Kluwer Health). <http://dx.doi.org/10.1097/jsm.0b013e3181b7332c>.

LOGUE, Danielle M. *et al.* Screening for risk of low energy availability in athletic and recreationally active females in Ireland. **European Journal Of Sport Science**, [S.L.], v. 19, n. 1, p. 112-122, 10 out. 2018.

LOUCKS, Anne B. Effects of exercise training on the menstrual cycle: existence and mechanisms. **Med Sci Sports Exerc**, [S. L.], v. 3, n. 22, p. 275-280, jun. 1990.

LOUCKS, Anne B. Energy balance and body composition in sports and exercise. **Journal Of Sports Sciences**, [S.L.], v. 22, n. 1, p. 1-14, jan. 2004.

MARTENS, R.; VEALEY, R. S.; BURTON, D. *Competitive anxiety in sport*. Champaign, IL: Human Kinetics, 1990. Parte superior do formulário

MATZKIN, Elizabeth; CURRY, Emily J.; WHITLOCK, Kaitlyn. Female Athlete Triad. **Journal Of The American Academy Of Orthopaedic Surgeons**, [S.L.], v. 23, n. 7, p. 424-432, jul. 2015.

MCLEAN, Siân A.; PAXTON, Susan J.. Body Image in the Context of Eating Disorders. **Psychiatric Clinics Of North America**, [S.L.], v. 42, n. 1, p. 145-156, mar. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.psc.2018.10.006>.

MEHTA, Jaya; THOMPSON, Bithika; KLING, Juliana M.. The female athlete triad: it takes a team. **Cleveland Clinic Journal Of Medicine**, [S.L.], v. 85, n. 4, p. 313-320, abr. 2018. Cleveland Clinic Journal of Medicine. <http://dx.doi.org/10.3949/ccjm.85a.16137>.

MENDONÇA, Luciana D.; BITTENCOURT, Natália F.N.; TREVISAN, Giulianne. Opportunities for women in sport in Brazil: expectations after rio 2016. **Physical Therapy In Sport**, [S.L.], v. 26, p. 49-51, jul. 2017.

MENEZES, Vinícius Oliveira *et al.* Ansiedade, qualidade de sono e transtornos alimentares em ginastas rítmicas da Seleção Brasileira Juvenil. **Revista Brasileira de Fisiologia do Exercício**, [S.L.], v. 21, n. 1, p. 36-47, 5 abr. 2022. Convergences Editorial. <http://dx.doi.org/10.33233/rbfex.v21i1.4945>.

MENG, Kun *et al.* The risk of low energy availability in Chinese elite and recreational female aesthetic sports athletes. **Journal Of The International Society Of Sports Nutrition**, [S.L.], v. 17, n. 1, p. 1-7, 3 jan. 2020. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1186/s12970-020-00344-x>.

MIRANDA, A. C. *Prevalência de Tríade da Mulher Atleta em adolescentes de escola municipal vocacionada para o esporte*. 82 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Nutrição, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

MOUNTJOY, Margo *et al.* IOC consensus statement on relative energy deficiency in sport (RED-S): 2018 update. **British Journal Of Sports Medicine**, [S.L.], v. 52, n. 11, p. 687-697, 17 maio 2018.

MOUNTJOY, Margo *et al.* The IOC consensus statement: beyond the Female Athlete Triad—Relative Energy Deficiency in Sport (RED-S). **British Journal Of Sports Medicine**, v. 48, p. 491-497, 2014.

MUDRAK, Jiri; SLEPICKA, Pavel; SLEPICKOVA, Irena. Sport motivation and doping in adolescent athletes. **Plos One**, [S.L.], v. 13, n. 10, 4 out. 2018.

MUJICA, Iñigo; TAIPALE, Ritva S.. Sport Science on Women, Women in Sport Science. **International Journal Of Sports Physiology And Performance**, [S.L.], v. 14, n. 8, p. 1013-1014, 1 set. 2019.

NATTIV, Aurelia *et al.* The Female Athlete Triad. **Medicine & Science In Sports & Exercise**, [S.L.], v. 39, n. 10, p. 1867-1882, out. 2007. Ovid Technologies (Wolters Kluwer Health). <http://dx.doi.org/10.1249/mss.0b013e318149f111>.

NEGLIA, Adena. Nutrition, Eating Disorders, and Behavior in Athletes. **Psychiatric Clinics Of North America**, [S.L.], v. 44, n. 3, p. 431-441, set. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.psc.2021.04.009>.

NEVES, Clara Mockdece *et al.* Insatisfação corporal de adolescentes atletas e não atletas de ginástica artística. **Brazilian Journal Of Kinesiology And Human Performance**, [S.L.], v. 18, n. 1, p. 82, 16 mar. 2016. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.5007/1980-0037.2016v18n1p82>.

NYGAARD, I *et al.* Exercise and incontinence. **Obstet Gynecol.**, [S. L.], v. 5, n. 75, p. 848-51, maio 1990.

OTIS, Carol L. *et al.* ACSM Position Stand: the female athlete triad. **Medicine & Science In Sports & Exercise**, [S.L.], v. 29, n. 5, p. 1-9, maio 1997.

PAIXÃO, Carolina; OLIVEIRA, Sara; FERREIRA, Cláudia. A comprehensive model of disordered eating among aesthetic athletic girls: exploring the role of body image-related cognitive fusion and perfectionistic self- presentation. **Current Psychology**, [S.L.], v. 40, n. 11, p. 5727-5734, 21 out. 2020. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s12144-020-01142-z>.

PALLOTTO, Isabella K.; SOCKOL, Laura E.; STUTTS, Lauren A.. General and sport-specific weight pressures as risk factors for body dissatisfaction and disordered eating among female collegiate athletes. **Body Image**, [S.L.], v. 40, p. 340-350, mar. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bodyim.2022.01.014>.

PAPAGEORGIOU, Maria *et al.* Reduced energy availability: implications for bone health in physically active populations. **European Journal Of Nutrition**, [S.L.], v. 57, n. 3, p. 847-859, 18 jul. 2017.

PATEL, Dilip R.; OMAR, Hatim; TERRY, Marisa. Sport-related Performance Anxiety in Young Female Athletes. **Journal Of Pediatric And Adolescent Gynecology**, [S.L.], v. 23, n. 6, p. 325-335, dez. 2010.

PEIRCE, Nicholas; RANSON, Craig. Preventing recreational sports injuries: practicalities and governance. **Medical Journal Of Australia**, [S.L.], v. 208, n. 6, p. 253-254, abr. 2018.

PETRIE, T.A.; GREENLEAF, C.A. *Eating disorders in sport*. In: MURPHY, Shane (ed.). *The Oxford Handbook of Sport and Performance Psychology*. [S. L.]: Oxford University Press, 2012. p. 635-659.

PI, Lu-Luan; CHANG, Chia-Ming; LIN, Hsi-Han. Development and Validation of Recreational Sport Well-Being Scale. **International Journal Of Environmental Research And Public Health**, [S.L.], v. 19, n. 14, p. 8764, 19 jul. 2022.

POPP, Kristin L. *et al.* Impact of Low Energy Availability on Skeletal Health in Physically Active Adults. **Calcified Tissue International**, [S.L.], v. 110, n. 5, p. 605-614, 16 fev. 2022.

RAVI, Suvi *et al.* Self-Reported Restrictive Eating, Eating Disorders, Menstrual Dysfunction, and Injuries in Athletes Competing at Different Levels and Sports. **Nutrients**, [S.L.], v. 13, n. 9, p. 3275, 19 set. 2021.

REARDON, Claudia L *et al.* Mental health in elite athletes: international olympic committee consensus statement (2019). **British Journal Of Sports Medicine**, [S.L.], v. 53, n. 11, p. 667-699, 16 maio 2019. BMJ. <http://dx.doi.org/10.1136/bjsports-2019-100715>.

REZENDE, F. A. C.; PENAFORTE, F. R. O.; MARTINS, P. C. (org.). *Comida, Corpo e Comportamento Humano*. São Paulo: IACI, p. 238, 2020.

ROBERTSON, Sherry; BENARDOT, Dan; MOUNTJOY, Margo. Nutritional Recommendations for Synchronized Swimming. **International Journal Of Sport Nutrition And Exercise Metabolism**, [S.L.], v. 24, n. 4, p. 404-413, ago. 2014. Human Kinetics. <http://dx.doi.org/10.1123/ijsnem.2014-0013>.

ROUSSELET, M. *et al.* Disordered eating in French high-level athletes: association with type of sport, doping behavior, and psychological features. **Eating And Weight Disorders - Studies On Anorexia, Bulimia And Obesity**, [S.L.], v. 22, n. 1, p. 61-68, 12 nov. 2016.

RUBIO, Katia; VELOSO, Rafael Campos. As mulheres no esporte brasileiro: entre os campos de enfrentamento e a jornada heroica. **Revista Usp**, [S.L.], n. 122, p. 49-62, 25 set. 2019.

SALBACH, Harriet *et al.* Body Image and Attitudinal Aspects of Eating Disorders in Rhythmic Gymnasts. **Psychopathology**, [S.L.], v. 40, n. 6, p. 388-393, 2007. S. Karger AG. <http://dx.doi.org/10.1159/000106469>.

SALLIS, James F *et al.* Progress in physical activity over the Olympic quadrennium. **The Lancet**, [S.L.], v. 388, n. 10051, p. 1325-1336, set. 2016.]

SALVATORE, Stefano *et al.* The impact of urinary stress incontinence in young and middle-age women practising recreational sports activity: an epidemiological study. **British Journal Of Sports Medicine**, [S.L.], v. 43, n. 14, p. 1115-1118, 26 set. 2008. BMJ. <http://dx.doi.org/10.1136/bjsm.2008.049072>.

SIMS, Stacy T.; HEATHER, Alison K.. Myths and Methodologies: reducing scientific design ambiguity in studies comparing sexes and/or menstrual cycle phases. **Experimental Physiology**, [S.L.], v. 103, n. 10, p. 1309-1317, 15 ago. 2018.

SKARAKIS, Nikitas S. *et al.* Energy deficiency, menstrual disorders, and low bone mineral density in female athletes: a systematic review. **Hormones**, [S.L.], v. 20, n. 3, p. 439-448, 22 abr. 2021. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s42000-021-00288-0>.

SMINK, Frédérique R. E.; VAN HOEKEN, Daphne; HOEK, Hans W.. Epidemiology of Eating Disorders: incidence, prevalence and mortality rates. **Current Psychiatry Reports**, [S.L.], v. 14, n. 4, p. 406-414, 27 maio 2012.

SOUZA, Mary Jane de *et al.* 2014 Female Athlete Triad Coalition Consensus Statement on Treatment and Return to Play of the Female Athlete Triad: 1st international conference held in san francisco, california, may 2012 and 2nd international conference held in indianapolis, indiana, may 2013. **British Journal Of Sports Medicine**, [S.L.], v. 48, n. 4, p. 289-289, 24 jan. 2014. BMJ. <http://dx.doi.org/10.1136/bjsports-2013-093218>.

SOUZA, Mary Jane de *et al.* Randomised controlled trial of the effects of increased energy intake on menstrual recovery in exercising women with menstrual disturbances: the refuel study. **Human Reproduction**, [S.L.], v. 36, n. 8, p. 2285-2297, 24 jun. 2021.

STRACCIOLINI, Andrea; SUGIMOTO, Dai; HOWELL, David R.. Injury Prevention in Youth Sports. **Pediatric Annals**, [S.L.], v. 46, n. 3, p. 99-105, mar. 2017.

SUNDGOT-BORGEN, Jorunn. Eating Disorders in Athletes. **Nutrition In Sport**, [S.L.], p. 510-522, 2000.

SYGO, Jennifer *et al.* Prevalence of Indicators of Low Energy Availability in Elite Female Sprinters. **International Journal Of Sport Nutrition And Exercise Metabolism**, [S.L.], v. 28, n. 5, p. 490-496, 1 set. 2018.

TAN, Jacinta Oon Ai *et al.* Understanding Eating Disorders in Elite Gymnastics. **Clinics In Sports Medicine**, [S.L.], v. 35, n. 2, p. 275-292, abr. 2016.

THIEMANN, Pia *et al.* Eating Disorders and Their Putative Risk Factors Among Female German Professional Athletes. **European Eating Disorders Review**, [S.L.], v. 23, n. 4, p. 269-276, 31 mar. 2015. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/erv.2360>.

TIMME, Maximilian; STEINACKER, Jürgen Michael; SCHMELING, Andreas. Age estimation in competitive sports. **International Journal Of Legal Medicine**, [S.L.], v. 131, n. 1, p. 225-233, 14 out. 2016.

TORSTVEIT, Monica Klungland; SUNDGOT-BORGEN, Jorunn. The Female Athlete Triad: are elite athletes at increased risk?. **Medicine & Science In Sports & Exercise**, [S.L.], v. 37, n. 2, p. 184-193, fev. 2005. Ovid Technologies (Wolters Kluwer Health). <http://dx.doi.org/10.1249/01.mss.0000152677.60545.3a>.

TREASURE, Janet; DUARTE, Tiago Antunes; SCHMIDT, Ulrike. Eating disorders. **The Lancet**, [S.L.], v. 395, n. 10227, p. 899-911, mar. 2020.

TUTAREL, Oktay; GABRIEL, Harald; DILLER, Gerhard-Paul. Exercise: friend or foe in adult congenital heart disease? **Current Cardiology Reports**, [S.L.], v. 15, n. 11, 21 set. 2013.

VARNES, Julia R. *et al.* A systematic review of studies comparing body image concerns among female college athletes and non-athletes, 1997-2012. *Body Image*, [S.L.], v. 10, n. 4, p. 421-432, set. 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bodyim.2013.06.001>.

VERHOEF, Saskia J. *et al.* Absence of menstruation in female athletes: why they do not seek help. **Bmc Sports Science, Medicine And Rehabilitation**, [S.L.], v. 13, n. 1, p. 146, 23 nov. 2021.

WETTON, Abigail R. *et al.* What Are the Barriers Which Discourage 15-16 Year-Old Girls from Participating in Team Sports and How Can We Overcome Them? **Biomed Research International**, [S.L.], v. 2013, p. 1-8, 2013.

WITKOŚ, Joanna *et al.* The Impact of Competitive Swimming on Menstrual Cycle Disorders and Subsequent Sports Injuries as Related to the Female Athlete Triad and on Premenstrual Syndrome Symptoms. **International Journal Of Environmental Research And Public Health**, [S.L.], v. 19, n. 23, p. 15854, 28 nov. 2022. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph192315854>.

ZACCAGNI, Luciana; GUALDI-RUSSO, Emanuela. The Impact of Sports Involvement on Body Image Perception and Ideals: a systematic review and meta-analysis. **International Journal Of Environmental Research And Public Health**, [S.L.], v. 20, n. 6, p. 5228, 22 mar. 2023.

FLAVONOIDES NA PREVENÇÃO DA SARCOPENIA ASSOCIADA AO ENVELHECIMENTO: UMA REVISÃO NARRATIVA

Ozanildo Vilaça do Nascimento

Universidade Federal do Amazonas (FEFF)

Ivan de Jesus Ferreira

Universidade Federal do Amazonas (FEFF)

RESUMO

A sarcopenia, caracterizada por perda progressiva de músculo esquelético e declínio funcional, representando um grande obstáculo para a saúde pública em populações idosas. O processo de envelhecimento está relacionado a alterações metabólicas, inflamatórias, oxidativas, mitocondriais e neuromusculares. Isso sobressai a necessidade imediata de terapêuticas atuais, capazes de solucionar ou amenizar o problema. Flavonoides, uma classe diversa de compostos polifenólicos de origem vegetal, com potenciais e atividades biológicas multi-direcionadas, abrangendo efeitos anti-inflamatórios, antioxidantes, metabólicos e miogênicos despertado interesse como possíveis estratégias nutricionais como preservação da saúde muscular. O objetivo desta revisão narrativa foi analisar as evidências científicas sobre a utilização de flavonoides na prevenção ou atenuação da sarcopenia relacionada ao envelhecimento. As evidências indicam que os flavonoides com seus efeitos adicionais quando associados ao treinamento resistido podem atuar sobre mecanismos relevantes para a fisiopatologia da sarcopenia, incluindo estresse oxidativo, inflamação crônica de baixo grau, disfunção mitocondrial, síntese e degradação proteica, biogênese mitocondrial e regeneração muscular. Entretanto, ainda são necessários ensaios clínicos maiores e de maior duração para estabelecer doses, formas de administração e eficácia na prevenção da sarcopenia.

Palavras-chave: envelhecimento; flavonoide; sarcopenia; terapia.

INTRODUÇÃO

O músculo esquelético executa uma função fundamental na manutenção do desempenho físico e na saúde metabólica, o que é abalado com a senescência, devido a um decréscimo imprescindível da massa muscular e força (Gustafssonm & Ulfhake, 2024).

O declínio da massa muscular acontece por volta 1–2% ao ano a partir da meia-idade, e a força muscular tem uma redução em 1,5% ao após os 40 anos de idade e 3% ao ano a cada década subsequente (Alcazar *et al.*, 2023). Essa predisposição está relacionada a situações do cotidiano, incluindo quedas, decadência funcional, vulnerabilidade, mortalidade com o aumento nos custos de saúde (Tiago Horta, 2024).

Grima-Terrén *et al.* (2024) destaca que o envelhecimento muscular envolve alterações na composição das fibras, matriz extracelular, metabolismo, função mitocondrial, sinalização celular e controle neuromuscular.

Na prática clínica estudiosos indicam que um indivíduo com reduzida massa muscular, força ou baixa qualidade muscular será diagnosticada com sarcopenia (Anwar *et al.*, 2023). Desta forma, estratégias nutricionais capazes de atuar simultaneamente em diferentes mecanismos relacionados ao envelhecimento muscular têm recebido crescente divulgação.

Os flavonoides são fitoquímicos polifenólicos presentes em vasta abundância em diversas frutas, vegetais, plantas e ervas, englobando as antocianidinas, flavan-3-óis, flavanonas, flavonóis e isoflavonas (Arora *et al.*, 2023).

Os flavonoides são largamente reconhecidos pelo seu potencial anti-inflamatórias e antioxidantes podendo proteger a estrutura e a função muscular de modo direto por meio de mecanismos fisiológicos ou indiretamente pelas vias de sinalização molecular distintas (Kim *et al.*, 2024).

Kim & Hwang, (2020) explicam que os flavonoides podem interferir em mecanismos relacionados ao turnover proteico, atividade mitocondrial e mio-gênese, apresentando propriedades para combater diferentes formas de atrofia muscular, incluindo a sarcopenia.

Nos últimos anos, a quantidade de evidências clínicas aumentou. Uma meta-análise realizada por Li *et al.* (2022), envolvendo 20 estudos e 796 participantes,

identificou benefícios dos flavonoides sobre a massa muscular apendicular e a distância percorrida no teste de caminhada de seis minutos. Embora, vários estudos tanto em humanos como em animais tenham demonstrado uma conexão entre os flavonoides com massa muscular esquelética, os ensaios clínicos têm sido incoerentes quanto à vinculação entre flavonoides e sarcopenia. Portanto, esta revisão tem como objetivo aferir e analisar criticamente as evidências disponíveis entre a relação dos flavonoides e a preservação da função muscular durante o envelhecimento

METODOLOGIA

Esta revisão foi realizada contemplando publicações entre o 2020 a 2026. As buscas foram realizadas nas bases PubMed/MEDLINE e Google Acadêmico, considerando artigos científicos publicados em português e inglês. Foram utilizados, isoladamente ou combinados pelos operadores booleanos AND e OR, os seguintes termos: “flavonoids”; “flavonoids AND sarcopenia”; “flavonoids AND aging”; “flavonoids AND skeletal muscle.

Foram priorizados ensaios clínicos randomizados, estudos observacionais, revisões sistemáticas e metanálises abrangendo trabalhos sem relação direta com flavonoides e músculo esquelético. Foram excluídos estudos exclusivamente relacionados a doenças não associadas ao envelhecimento muscular e publicações sem informações suficientes para avaliação científica. Por se tratar de uma revisão narrativa, não foram aplicados procedimentos de metanálise própria nem protocolo de revisão sistemática.

DESENVOLVIMENTO

Sarcopenia

A sarcopenia, uma diminuição da massa e atividade muscular esquelética relativa à idade, com grande repercussão na saúde pública levando a uma repercussão na mobilidade, independência e qualidade de vida com resultados desfavoráveis, como internações demoradas, ampliando o risco de desnutrição, quedas, fraturas e maior mortalidade (Zhou *et al.*,2025).

A prevalência global estimada atual de sarcopenia entre idosos (> 60 anos) varia entre 10 e 16% com prevalência estimada de sarcopenia é de aproximadamente 11% em homens e 9% em mulheres, ainda, se levar em consideração pacientes internados em hospital, as taxas são consideravelmente mais altas, com mais de um em cada quatro homens, se forem pacientes com internação mais prolongadas essas taxas afetam metade dos homens idosos e um terço das mulheres idosas (Alhmly & Fielding, 2024).

Desta forma, Organização Mundial da Saúde (OMS), Estados Unidos e outros países reconheceram um código de diagnóstico da CID-10-MC (Código: MG2A) para a sarcopenia um consenso sobre as ferramentas diagnósticas e as medidas prognósticas desta doença (Goodfield & Surumi, 2024).

De acordo com a diretriz gerada pela European Working Group on Sarcopenia in Older People (EWGSOP), publicada em 2018, a sarcopenia é definida como “um distúrbio músculo esquelético progressivo e generalizado associado a problemas adversos, incluindo quedas, fraturas, incapacidade física e mortalidade (Da silva *et al.*, 2023).

A fisiopatologia da sarcopenia é complexa, mesmo sabendo que sua geração vem com avanço da idade, ela pode ser acelerada por vários fatores, incluindo falta de atividade física, desnutrição, defasagens hormonais, processos inflamatórios correlacionados ao envelhecimento, fornecimento vascular diminuído, senescência celular e outras características da biologia do envelhecimento (El-Sebaie & Elwakil, 2023).

Existem vários fatores de risco para a sarcopenia entre eles o IMC, quanto mais alto com um elevado teor de gordura visceral maior estão associados a um risco expressivo de sarcopenia, indicando que o excesso de gordura (Zhou *et al.*, 2024), outros fatores, como tabagismo, diabetes, osteoporose, doenças cardiovasculares, comprometimento cognitivo, disfunção respiratória, depressão, anorexia e doença de Parkinson, inflamação crônica, estresse oxidativo, resistência à insulina e disfunção mitocondrial (Feng *et al.*, 2022; Yu *et al.*, 2024).

Segundo Li & Zhang, (2024) a inflamação crônica de baixo grau, ou “inflammaging”, está relacionada ao envelhecimento associado a níveis sistêmicos elevados de citocinas pró-inflamatórias, incluindo TNF- α , IL-6 e proteína C reativa (PCR),

prejudicam o anabolismo muscular ao inibir a via IGF-1 /PI3K /Akt /mTOR, que é crítica para a síntese de proteínas musculares.

Além da inflamação sistêmica indivíduos portadores da sarcopenia apresentam uma concentração dos mecanismos celulares e moleculares que colaboram para a perda muscular progressiva, onde a sinalização anabólica é reduzida enquanto as vias catabólicas são reguladas positivamente.

A sinalização IGF-1/Akt/mTOR prejudicada reduz a síntese de proteínas, enquanto a ativação dos sistemas ubiquitina-proteossomo e autofagia-lisossomo acelera a proteólise comprometendo a função das células satélites, reduzindo a capacidade regenerativa do músculo esquelético (Pang *et al.*, 2023).

Outra sinalização que fica prejudica é a via da diferenciação miogênica provocando a fibrose, resultando em uma deterioração estrutural do tecido muscular, com isso, a disfunção mitocondrial surge como um dos principais contribuintes para a sarcopenia, reduzindo a disponibilidade de energia e aumentando a produção de espécies reativas de oxigênio (Miao *et al.*, 2024).

O excesso de espécies reativas de oxigênio leva ao dano oxidativo dos elementos celulares e ativa vias inflamatórias sensíveis ao redox, dinamizando um ciclo de feedback que intensifica o dano muscular, criando um acúmulo de células senescentes no músculo envelhecido amplificando ainda mais a inflamação local por meio do fenótipo secretor associado a senescência (SASP), causando o aumento das citocinas, quimiocinas e proteases que afetam a função muscular (Wang *et al.*, 2024).

Além disso, o envelhecimento muscular é propenso à infiltração de gordura (mioesteatose), que altera a composição muscular e a sensibilidade à insulina, promovendo um ambiente pró-inflamatório, levando a uma degradação das junções neuromusculares prejudicando o recrutamento da unidade motora, contribuindo para a redução da força muscular e da coordenação (Cui *et al.*, 2025).

Dada a etiologia multifatorial da sarcopenia, as estratégias terapêuticas atuais têm se debruçado principalmente em exercícios resistidos, proteínas, aminoácidos, suplementação de vitaminas e agentes farmacológicos direcionados às vias anabólicas (Cacciatore *et al.*, 2024).

No entanto, essas estratégias muitas vezes passam por limitações na adesão, receptividade e eficiência, especialmente entre idosos com comorbidades ou mobilidade limitada, como resultado, há uma disponibilidade aumentada em identificar opções naturais, seguras e econômicas, capazes de atuar nos principais processos biológicos implicados na sarcopenia (Tezze *et al.*, 2023).

Entre as estratégias naturais os flavonoides pertencentes a classe de compostos polifenólicos presente em frutas, vegetais e plantas têm acusado atenção crescente pelo seu potencial anti-inflamatórias, antioxidantes, antiapoptóticas e reguladoras metabólicas.

Essas bioatividades são altamente significativos para a patogênese da sarcopenia, onde a inflamação crônica, estresse oxidativo e disfunção mitocondrial estão presentes. Estudos clínicos pré-clínicos atuais demonstraram que flavonoides, como quercetina, kaempferol, rutina e catequinas, podem ser protetores contra a atrofia muscular, sinalizam as vias da biogênese mitocondrial, refinam a sensibilidade à insulina e aprimoraram a regeneração muscular (Kin *et al.*, 2024; Yoon *et al.*, 2025).

Além disso, os glicosídeos flavonoides e seus metabólitos demonstram melhor biodisponibilidade e direcionamento específico do tecido, aumentando seu potencial terapêutico.

Propriedades antimuscular dos flavonoides

Especificamente, múltiplos estudos *in vitro* e *in vivo* indicam que os flavonoides são potenciais terapêuticos para tratar atrofia muscular, e essas pesquisas evidenciam alguns dos seus mecanismos. Estudo *in vitro* com epicatequina objetivou em esclarecer os mecanismos moleculares da miogênese e do crescimento muscular (Moreno-Ulloa *et al.*, 2018).

German *et al.* (2024) em sua revisão sobre o tema demonstrou que há uma frequência de ação inibitória de epicatequina na expressão da miostatina e nos atrogênios MAFbx, FOXO e MuRF1. A epicatequina mostrou efeitos positivos na follistatina e na estimulação de fatores relacionados às ações miogênicas (MioD, Myf5 e miogenina).

Além disso, a literatura também mostrou que a epicatequina pode interferir na biossíntese das mitocôndrias nas fibras musculares, na estimulação das vias de sinalização da produção de proteínas AKT/mTOR e na melhoria do desempenho da musculatura esquelética, especialmente quando combinada com exercício físico.

Por essas razões, a epicatequina pode apresentar aplicabilidade clínica devido aos resultados benéficos em condições que afetam negativamente a musculatura esquelética. No entanto, o autor alerta que não há padronização de protocolo nem evidências clínicas suficientes para tirar conclusões mais específicas sobre sua implementação terapêutica.

A epicatequina é uma candidata principal que pode afetar positivamente a qualidade do músculo esquelético pelo seu potencial em mitigar a perda de massa muscular, isso parece ser consequência de suas propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias reduzindo os distúrbios relacionados aos músculos causados pelo envelhecimento e por doenças (Zbinden-Foncea *et al.*, 2022).

Alvarez-Chávez *et al.* (2024) investigaram se descendentes de mães com obesidade apresentam distúrbios na expressão de genes relacionados à atrofia ou síntese proteica no músculo gastrocnêmio após o tratamento com (–)-epiquiquina (Epi).

Seis filhotes do sexo masculino por grupo foram aleatoriamente distribuídos em grupo controle (C) e descendentes de obesidade materna (DOM), dois grupos de intervenção com Epi por 13 semanas (C + Epi_13s), um grupo e (DOM + Epi_13s). Dois grupos com administração de Epi por duas semanas (C + Epi_2s) (DOM + Epi_2s). O efeito da Epi no tecido gastrocnêmio foi avaliado, analisando os níveis de mRNA e proteínas de Murf1, MAFbx, Foxo1, NFκB e p70S6K-alfa.

Após a intervenção, os autores encontraram influência do tratamento Epi_13s sobre o modelo, diminuindo a expressão do gene *Murf1* em ambos os grupos tratados com o flavonoide (C + Epi_13s e DOM + Epi_13s ($p = 0,036$)). Além disso, o tratamento Epi_13s sobre a expressão de NFκB, diminuindo o aumento de gordura em ambos os grupos tratados com flavonoide (C + Epi_13s e DOM + Epi_13s) ($p = 0,038$). Em conclusão, os autores observaram que o tratamento com um protocolo longo prazo de Epi reduz o mRNA dos genes de atrofia muscular Murf 1 e NFκB, no músculo gastrocnêmio.

Os possíveis efeitos benéficos da (–)-epigallocatequina-3-galato (EGCG) sobre a sarcopenia têm recebido considerável atenção nos últimos anos. Vários estudos sugeriram catequinas e EGCG para tratamento e manejo da sarcopenia. No geral, foi relatado que o EGCG aumenta a massa muscular esquelética e o desempenho ao promover a diferenciação de células-tronco derivadas do músculo e acelerar a regeneração muscular (Wang *et al.*, 2023).

O 8-Prenylnaringenina (8-PN) durante 28 dias, encontrada no lúpulo (*Humulus lupulus*) já foram relatados em camundongos, a supressão da perda óssea e redução da atrofia muscular por desuso em uma dose de 0,67–18 mg/kg de peso corporal/dia em camundongos (Okada *et al.*, 2025). Esses efeitos estariam relacionados os níveis aumentados de p-Akt, p-PI3K e p-p70S6K (Kim & Hwang, 2020).

A Dihidromiricetina, também chamada de ampelopsina, é um flavanonol encontrado no chá de rattan (*Ampelopsis grossedentata*), uma planta comestível na China, quando utilizado reverteu a atrofia muscular, a massa muscular do quadríceps e a força de aderência em camundongos machos C57BL/6 tratados por 14 (Lijiang, 2024).

Em um experimento *in vitro* utilizando a dihidromiricetina (DHM) para o tratamento em modelo de degeneração macular relacionada à idade (DMAE) usando células ARPE-19. Os resultados indicam DHM reduziu as alterações morfológicas celulares desencadeadas pelo apoptose (redução de 35%) e regulou a expressão de p53, Bax, caspase-3 clivada e Bcl-2, indicando que DHM atenua significativamente a neurodegeneração, apoptose e modificação do DNA (Zhou *et al.*, 2025).

A luteolina (3', 4', 5, 7-tetrahidroxiflavona) pode proteger contra sarcopenia mediada pela obesidade ao amenizar a inflamação e inibir a degradação de proteínas

Ratos machos de Sprague-Dawley (SD) foram alimentados com dieta controle ou HFD e administrados oralmente carboximetil celulose de sódio 0,5% (veículo) ou luteolina (25, 50 e 100 mg/kg, respectivamente) por 12 semanas. Os resultados mostraram que a luteolina melhorou o ganho de peso corporal induzido por HFD, intolerância à glicose e hiperlipidemia. A luteolina também aliviou a atrofia

muscular, diminuiu a deposição de lipídios ectópicos e provocou a conversão de fibra muscular no músculo esquelético (Zhang *et al.*, 2025).

Liu *et al.* (2025) confirmaram em seu estudo o papel da luteolina na melhoria da atrofia muscular por meio da modulação da via da ferroptose mediada pela SLC7A11 in vivo, além disso a mesma investigação observou o efeito da luteolina na diferenciação miogênica das células HsKMCs.

A quercetina encontrada principalmente em cebolas, apresenta efeitos antiatróficos inibindo o desgaste muscular no músculo sob a perspectiva de suas atividades antioxidantes, com vários estudos em diversos modelos, entre eles, obesidade, desuso muscular e caquexia (Yamagata, 2024; Kim *et al.*, 2024).

Mukai *et al.* (2025) exploraram as ligações entre a ingestão de quercetina, estresse oxidativo e preservação muscular em indivíduos acamados por 30 dias. A fonte de quercetina foi a cebola em dose de 5 g de pó, com o conteúdo de 99,7 mg de quercetina e aglicona equivalente, foi administrada. O resultado foi associado a menor conteúdo de lipoproteína de baixa densidade oxidada plasmática (ox-LDL) e 8-hidroxi-2'-desoxiguanosina urinária (8-OHdG) entretanto, não foi identificada concentração plasmática de quercetina e a correlação no volume do músculo quadríceps femoral.

O efeito significativo da suplementação na redução da obesidade foi demonstrado em vários estudos experimentais com animais, como resultado desse fenômeno, diversas pesquisas investigaram o impacto deste flavonoide na perda muscular em camundongos obesos. Nesta investigação a administração de quercetina levou à diminuição da gordura epididimal e ao aumento do peso dos músculos quadríceps e gastrocnêmios em camundongos obesos. Os resultados indicam que a quercetina possui propriedades que podem combater a obesidade e mitigar a atrofia muscular (Kim *et al.*, 2025).

Este resultado na suplementação dietética com quercetina (3,3',4',5,7-pentahidroxiflavona) em camundongos C57BL/6, foi devido a inibição da expressão de TNF- α , proteína quimioatraente de monócitos 1, MAFbx e MuR (Wang *et al.*, 2021).

Além disso, um estudo constatou que a exposição dos macrófagos RAW264.7 ao ácido palmítico reduziu os níveis de mRNA MuRF-1 e atrogin-1 nos miotubos C2C12. Esta diminuição no diâmetro dos miotubos produzidos pelo TNF- α foi observada após a administração de quercetina, isto foi alcançado pela supressão

tanto a atrogina-1 nos miotubos C2C12 quanto os níveis de mRNA e proteína de MuRF1 *in vitro* e camundongos obesos (Kim *et al.*, 2025).

A quercetina protege contra a perda muscular causada pelo TNF- α no contexto da obesidade pela ativação do Nrf2, que aumenta a expressão gênica da oxigenase-hemo (HO-1) o que impede a ativação do NF- κ B (Alharbi *et al.*, 2025). A quercetina pode potencializar a biogênese mitocondrial enquanto forma novas mitocôndrias nas células papel crucial para melhorar a resistência muscular e a produção de energia, ativando a AMPK e a sirtuína 1 (SIRT1), que subsequentemente regulam o PGC-1 α , o que pode reduzir a disfunção mitocondrial, principalmente no músculo esquelético (Do nascimento *et al.*, 2023).

A quercetina inibe a via ubiquitina-proteassoma e reduz a degradação da proteína via a via mTOR (fosforilação mTOR/4EBP1) regulando o equilíbrio entre síntese e degradação proteica.

Efeito dos flavonoides na sarcopenia

O papel dos flavonoides na regulação da síntese e função dos músculos esqueléticos é cada vez mais reconhecido. No entanto, ensaios clínicos randomizados apresentaram resultados inconsistentes sobre a influência dos flavonoides sobre parâmetros relacionados à sarcopenia em pessoas de meia-idade e idosas.

A literatura indica que a suplementação com flavonoides tem um efeito benéfico sobre a área da seção transversal e a massa muscular apendicular, que é reconhecida como responsável pela locomoção e independência física (Lijiang, 2024).

A perda e a atrofia muscular são os principais mecanismos de deterioração muscular com o envelhecimento, levando a principalmente a desequilíbrios entre a síntese de proteínas musculares (MPS) e a degradação das proteínas musculares (MPB).

Foi observado que a redução da MPS em combinação com a inibição suprimida da MPB agrava a perda de fibras musculares em idosos. Há evidências de que o glicosídeo flavonol tem efeitos de crescimento e diferenciação dos músculos esqueléticos ao promover as vias PI3K/Akt/mTOR, que é a molécula chave para promover a síntese proteica e bloquear a degradação das proteínas,

além de também poder reduzir a diminuição das vias Smad, que são reguladores negativos do crescimento muscular esquelético (Metodieva *et al.*, 2025).

Outro estudo relatou que o óleo flavonoide de alcaçuz promoveu a fosforilação do mTOR e do p70S6K, que estão envolvidos nas vias de síntese muscular (Jiao *et al.*, 2025)

Tokuda & Mori, (2021) em um ensaio clínico randomizado envolvendo 84 indivíduos saudáveis idosos (idade ≥ 65 anos) sem sarcopenia, diabetes e doença renal. Foram criados um grupo exercício (n=28), um grupo exercício e ingestão aminoácido essencial de AA (n=28/3.000 mg), e um grupos polifenol do chá verde epigallocatequina-3-galato (C) (n=28/3.000 e 540 mg). Os participantes passaram por um programa de exercícios de resistência de 24 semanas

Após a intervenção de 24 semanas o grupo AA e grupo polifenol do chá verde epigallocatequina-3-galato (C) apresentaram aumento em o índice de massa muscular esquelética, no teste de equilíbrio com uma perna e no teste que avaliava qualidade de vida. No entanto, o grupo de exercícios não mostrou aumento no índice de massa muscular esquelética.

Em ensaio clínico piloto randomizado foi realizado com idosos com sarcopenia institucionalizados no instituto Harima Care Center na comunidade em Hyogo/Japão Os participantes foram alocados aos grupos de exercício contra a resistência (RE /n = 18), exercício contra a resistência (RE) com suplementação aminoácidos essenciais (EAA) (RE + EAA, n = 18) e catequinas do chá (TCC) (RE + EAA + TCC, n = 18).

Um programa de exercícios de resistência de 24 semanas foi realizado duas vezes por semana, com uma ingestão de 3.000 mg e 540 mg de suplementos EAA e TCC, respectivamente. Os resultados indicam que houve um aumento da melhora na massa muscular esquelética antes e pós-intervenção foi significativamente maior no grupo RE + EAA + TCC do que no grupo RE ($p = 0,010$) (Tokuda & Mori, 2023).

Nikawa *et al.* (2021) identificou que o polifenol do chá verde epigallocatequina-3-galato reduzia a atrogina-1 e MuRF-1 em ratos idosos, um biomarcador da atrofia muscular.

Matsuzaki *et al.* (2025) pesquisaram células satélite em um modelo murino de sarcopenia os autores observaram que o polifenol do chá verde epigallocatequina-3-galato juntamente com o exercício apresentaram maior capacidade mitocondrial, diferenciação miogênica e maturação no músculo esquelético envelhecido do que no grupo chá verde epigallocatequina-3-galato.

Alyamani & Almatrafi, (2023) observaram que a suplementação com Epigallocatequina Gallato (EGCG) aumenta a expressão de miR-486-5p no músculo esquelético em camundongos idosos em comparação com outros camundongos da mesma idade que não recebem a suplementação com EGCG. Houve um aumento do nível de expressão de miR-486-5p que diminui a expressão proteica do gene fosfatase e enzima homólogo (PTEN), essa impede que as células cresçam e se dividam muito rapidamente. Quando o PTEN é perdido ou alterado, as células podem crescer descontroladamente e formam tumores.

A ativação da serina/treonina quinase (AKT), que promove o crescimento muscular, ocorre devido à diminuição da expressão da proteína PTEN, fosforilação e inibição das proteínas O1 da caixa de cabeça do garfo (FoxO1) envolvidas no processo de perda muscular, na regulação da transcrição de genes relacionados à atrofia muscular a proteína do dedo anelar-1 muscular (MuRF1) e gene da Caixa F da atrofia muscular (Atrogin-1). Isso indica que o EGCG pode contribuir para uma renovação proteica positiva no músculo esquelético e prevenir a perda muscular associada à idade, como a sarcopenia (Wang *et al.*, 2023).

Aronia melanocarpa, nativa do leste da América do Norte comumente conhecida como chokeberry preto, é uma espécie de fruta subutilizada, cada vez mais reconhecida por seu alto valor nutricional e potentes propriedades antioxidantes, especialmente devido ao seu rico teor de polifenóis (Duman *et al.*, 2025).

A procianidinas, antocianinas, ácidos fenólicos presente no extrato de *Aronia melanocarpa* promove a diferenciação miogênica por meio da ativação da via da proteína quinase B (AKT), resultando em aumento da massa muscular e da força. Além disso, regula para cima tanto a expressão gênica glicolítica quanto oxidativa da miofibrila, regulando vias específicas e metabólicas do músculo, sugerindo seu potencial como agente nutracêutico para mitigar fraqueza, atrofia e a força muscular (Metodieva *et al.*, 2025).

Considerando que a força muscular diminui em um ritmo mais rápido em comparação com a massa muscular o que se qualifica como um indicador primário de provável sarcopenia. Na verdade, a força muscular não depende apenas da massa muscular, as correlações entre força muscular e massa muscular são inconsistentes e não lineares (Wang *et al.*, 2020).

Esse processo provavelmente é um dos principais fatores que contribuem para a atrofia muscular, resultando na perda de força muscular o que pode ser um fator determinante para o quadro de sarcopenia.

De Quiros *et al.* (2023) hipotetizaram que a suplementação oral com apigenina na fase tardia resultaria em maior força de aderência, massa muscular esquelética, maior tolerância ao exercício e menor fragilidade com o envelhecimento. Para isso, utilizaram camundongos jovens (Y; 6 meses) e velhos (O; 27 meses) machos C57BL/6N consumiram água potável contendo veículos (controle [C]; 0,2% carboximetilcelulose; YC, n=10; OC, n=7) ou apigenina (Api; 0,5 mg/mL no veículo; Y-Api, n=10; O-Api, n=9]) por 6 semanas.

A força dos músculos esqueléticos era medida pela força de pegada dos membros anteriores. A massa muscular esquelética foi avaliada como peso do quadríceps em relação à massa corporal. A tolerância ao exercício foi determinada usando uma barra rotativa e quantificada como o tempo gasto correndo enquanto a barra acelerava de 50 a 100% da velocidade máxima de corrida.

A fragilidade foi avaliada usando um índice de fragilidade validado. A tolerância ao exercício foi avaliada antes e depois da intervenção, a força, massa e a fragilidade dos músculos esqueléticos foram quantificadas ao final da intervenção. Os resultados indicam que a força de aderência do membro anterior (g de força/peso corporal) foi maior em YC vs. OC ($6,7 \pm 0,3$ vs. $5,3 \pm 0,2$, $P=0,001$) e em O-Api ($6,1 \pm 0,2$, $P=0,006$ vs. OC). A massa do quadríceps (mg/peso corporal) foi maior em YC vs CO ($9,5 \pm 0,6$ vs $7,8 \pm 0,4$, $P=0,051$), em O-Api vs OC (O-Api, $9,9 \pm 0,6$; $P=0,005$

Antes da intervenção, foram observadas diferenças com o envelhecimento (YC, 1233 ± 141 seg vs OC, 614 ± 128 seg; $P=0,010$), mas sem diferenças entre os grupos de tratamento (YC vs Y-Api, $P=0,115$; OC vs O-Api, $P=0,177$). Após a intervenção, a tolerância ao exercício aumentou no grupo O-Api (pré: 443 ± 50 seg vs pós: 1118 ± 113 seg, $P<0,001$), mas inalterada nos outros grupos ($P=0,137-0,543$).

O índice de fragilidade foi maior em OC vs YC ($0,24 \pm 0,02$ vs $0,02 \pm 0,01$, $P < 0,001$) e no grupo O-Api foi maior que Y-Api ($0,18 \pm 0,01$ vs $0,02 \pm 0,01$, $P < 0,001$), mas inferior à OC ($P = 0,005$). Os autores concluíram que suplementação oral com apigenina pode ser uma estratégia terapêutica eficaz para tratar características selecionadas da sarcopenia e fragilidade associada ao envelhecimento.

O envelhecimento pode causar uma redução notável das fibras glicolíticas do tipo II de contração rápida e promover sua transformação em fibras tipo I de contração lenta. Portanto, a ausência de força muscular relacionada à sarcopenia também pode ser resultado da atrofia exclusiva das fibras do tipo II (Freire, 2024).

Nagai *et al.* (2024) descobriram que a quercetina pode promover a transição da fibra esquelética do tipo II glicolítico para o tipo I oxidativo por meio da via de sinalização da adiponectina.

Os autores demonstraram que a suplementação oral de naringina ampliou o tempo de execução em baixa velocidade, de suspensão dos quatro membros, do consumo de oxigênio corporal, no aumento da atividade enzimática aeróbica, na expressão de MyHC I e na porcentagem de fibras lentas nos músculos esqueléticos dos camundongos. Em contraste, a naringina reduziu a atividade enzimática α -GPDH, a expressão de MyHC IIb e a porcentagem de fibras de contração rápida.

Além disso, a naringina aumentou a concentração de adiponectina sérica e ativou a expressão de AdipoR1, APPL1, AMPK e PGC-1 α . O mesmo experimento *in vitro* e pelo knockdown do AdipoR1, os autores observaram a inibição da via de sinalização do AdipoR1 reduziu significativamente o efeito da naringina na expressão de genes e proteínas relacionadas a fibras de contração lenta e fibras de contração rápida.

Em conclusão, os autores indicaram que a naringina poderia induzir a transição das fibras musculares esqueléticas de contração rápida para lenta via sinalização AdipoR1. Este estudo pode fornecer uma nova estratégia para melhorar a resistência ao exercício e retardar doenças relacionadas à deficiência de fibras musculares (Li *et al.*, 2021).

O músculo esquelético, especialmente as fibras musculares do tipo I, é abundante em mitocôndrias, gerando a energia e o oxigênio continuamente necessários para a atividade física. Evidências recentes comprovaram que menor

capacidade e eficiência mitocondrial estão associadas à redução do desempenho físico na sarcopenia relacionada à idade (Marzetti *et al.*, 2024; Li *et al.*, 2021).

Os flavonoides podem intensificar a função mitocondrial muscular por meio de várias vias de sinalização. Kumar *et al.* (2024) demonstraram que a quercetina pode impulsionar a biogênese mitocondrial no músculo esquelético por superexpressão dos coativadores transcricionais sirtuína 1 (SIRT1) e coativador ativado pelo proliferador de peroxissomos do receptor γ (PGC1 α).

Ismaeel *et al.* (2024) e seus colaboradores constaram que a epicatequina indicou maiores melhorias na expressão proteica mitocondrial e nos índices de conteúdo mitocondrial por meio das vias dependentes de NO e Nrf2. Além disso, outros flavonoides foram discutidos como promotores na indução de fibras tipo I ricas em mitocôndrias no músculo esquelético (Nagai *et al.*, 2024; Marzetti *et al.*, 2024; Li *et al.*, 2021).

No entanto, as evidências da suplementação de flavonoides amenizando os riscos de sarcopenia são bastante escassas, principalmente as investigações específicas sobre composição, dosagem e duração da intervenção.

Portanto, o tipo específico, a dosagem e a duração da suplementação com flavonoides para melhorar os parâmetros relacionados à sarcopenia precisam ser explorados mais a fundo. Por fim, embora muitos dos artigos utilizados nesta revisão tenha tido cuidado significativo em sua escolha para preenchimento do tema, deve-se considerar cuidadosamente a interpretação dos resultados, pois alguns dos desfechos apresentados incluíram relativamente poucos estudos com risco potencial de viés.

Limitações das evidências atuais

Li *et al.* (2022), afirma que apesar dos resultados promissores, existem importantes limitações na utilização dos flavonoides: amostras pequenas com ensaios clínicos apresentando um número reduzido de participantes; curta duração dos estudos com algumas semanas ou meses, enquanto a sarcopenia é uma condição crônica que se desenvolve ao longo de anos; diferentes flavonoide como exemplo a catequinas, quercetina, epicatequina e isoflavonas

possuem propriedades farmacológicas distintas; diferentes doses utilizadas nos estudos são bastante heterogêneas com diferentes formas de administração.

O autor ainda enfatiza que os flavonoides podem ser administrados como alimentos; bebidas, extratos, cápsulas, compostos purificados, onde sua biodisponibilidade e sua quantidade ingerida não necessariamente corresponde à quantidade biologicamente disponível para o músculo.

Associação com exercício muitos estudos utilizam simultaneamente exercício resistido, proteínas ou aminoácidos, dificultando a determinação do efeito independente dos flavonoides, além disso, esses estudos são realizados em idosos saudáveis, enquanto outros incluem indivíduos diagnosticados com sarcopenia. Essas diferenças dificultam a comparação direta dos resultados.

Segurança e aspectos clínicos

Os flavonoides presentes naturalmente nos alimentos geralmente fazem parte de padrões alimentares considerados saudáveis. Entretanto, suplementação concentrada não deve ser automaticamente considerada equivalente ao consumo de alimentos ricos em flavonoides.

Doses elevadas de extratos podem apresentar características farmacológicas diferentes das obtidas pelo consumo habitual de alimentos. Além disso, idosos frequentemente utilizam diversos medicamentos, tornando importante considerar potenciais interações entre suplementos e medicamentos. Por esse motivo, a utilização de suplementos concentrados de flavonoides deve ser individualizada e, quando pertinente, acompanhada por profissional habilitado.

Implicações para a prática profissional

Com base nas evidências disponíveis, os flavonoides podem ser incorporados principalmente por meio de uma alimentação rica em alimentos vegetais. Entre as estratégias alimentares possíveis estão consumo regular de frutas vermelhas, maçã; cebola; vegetais, chá verde, cacau com baixo teor de açúcar, leguminosas, soja e derivados.

A estratégia nutricional deve ser integrada a: treinamento resistido, ingestão adequada de proteínas, adequação energética, consumo adequado de micronutrientes, sono adequado, controle de doenças crônicas, manutenção da atividade física. Portanto, os flavonoides devem ser entendidos como parte de uma abordagem integrada de envelhecimento saudável.

Perspectivas para futuras pesquisas

São necessários estudos que avaliem: doses específicas de quercetina, epicatequina e catequinas, duração superior a 6–12 meses, indivíduos idosos com diferentes estágios de sarcopenia, comparação entre alimentos e suplementos, interação entre flavonoides e proteínas, interação entre flavonoides e treinamento resistido, diferenças entre homens e mulheres, biodisponibilidade dos diferentes compostos, efeitos sobre força muscular, efeitos sobre massa muscular apendicular, desempenho físico, quedas e independência funcional, qualidade de vida, marcadores inflamatórios, oxidativos e função mitocondrial.

Estudos futuros também deverão determinar se determinados flavonoides apresentam efeitos específicos em diferentes fenótipos de sarcopenia.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A atrofia e a redução na massa muscular são características do envelhecimento o que pode ocasionar a sarcopenia. Apesar das inúmeras tentativas de desenvolver agentes e terapias para tratar a sarcopenia as aplicações clínicas são limitadas devido aos efeitos adversos severos e à falta de evidências de eficácia.

Atualmente, há mais atenção voltada ao potencial terapêutico de ingredientes alimentares, extratos vegetais e fitoquímicos para o tratamento da atrofia muscular como consequência a própria sarcopenia. As atividades biológicas exibidas pelos flavonoides com suas diversas estruturas específicas, afetam de formas diversas os potenciais fatores que levam a sarcopenia, entre eles atividade mitocondrial e miogênese.

Embora testes clínicos utilizando flavonoides para tratar certas doenças tenham sido propostos, dados insuficientes ainda impedem o uso em humanos. No entanto, estudos publicados sobre flavonoides podem ajudar a avaliar

seus efeitos antiatróficos no músculo sob a perspectiva de determinar eficácia e concentração segura.

As evidências científicas publicadas e transcritas nesta revisão indicam que os flavonoides apresentam potencial promissor na prevenção ou atenuação das alterações musculares relacionadas ao envelhecimento.

Os mecanismos propostos incluem redução do estresse oxidativo, modulação da inflamação crônica, preservação da função mitocondrial, regulação do metabolismo energético e influência sobre vias relacionadas à síntese e degradação de proteínas musculares. Entre os compostos mais estudados destacam-se as catequinas do chá verde, epicatequina e quercetina.

As metanálises disponíveis apresentam resultados mais consistentes para massa muscular e alguns indicadores de desempenho físico, enquanto os efeitos sobre força muscular permanecem menos conclusivos, entretanto, foram observados benefícios sobre massa muscular apendicular, mas não sobre força e sobre estudos de caminhada de seis minutos.

Os estudos mais recentes também sugerem que os flavonoides podem apresentar maior potencial quando associados ao treinamento resistido, particularmente no caso das catequinas, ainda evidências epidemiológicas associando consumo de chá verde a menor risco de sarcopenia reforça a hipótese de que padrões alimentares ricos em compostos fenólicos possam contribuir para a manutenção da saúde muscular. Entretanto, por se tratar de estudo observacional, não permite estabelecer causalidade.

Assim, os flavonoides não devem ser considerados, atualmente, como tratamento isolado ou substituto do exercício e da adequada ingestão proteica. A melhor interpretação das evidências disponíveis é que esses compostos podem representar uma estratégia nutricional complementar e potencialmente preventiva, especialmente quando inseridos em uma alimentação saudável associada ao treinamento resistido.

São necessários ensaios clínicos maiores, de longa duração, com padronização das doses e dos flavonoides utilizados, para determinar definitivamente sua eficácia na prevenção da sarcopenia associada ao envelhecimento.

REFERÊNCIA

- ALCAZAR, J. *et al.* Ten-year longitudinal changes in muscle power, force, and velocity in young, middle-aged, and older adults. **Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle**, v. 14, n. 2, 2023.
- ALHARBI, H. O. A. *et al.* The role of quercetin, a flavonoid in the management of pathogenesis through regulation of oxidative stress, inflammation, and biological activities. **Biomolecules**, v. 15, n. 1, p. 15, 2025.
- ALHMLY, H. F.; FIELDING, R. A. A critical review of current worldwide definitions of sarcopenia. **Calcified Tissue International**, v. 114, n. 1, p. 74-81, 2024.
- ALVAREZ-CHÁVEZ, A. L. *et al.* (–)-Epicatechin treatment modify the expression of genes related to atrophy in gastrocnemius muscle of male rats obese by programing. **Journal of Developmental Origins of Health and Disease**, v. 15, e21, 2024.
- ALYAMANI, R. A.; ALMATRAFI, N. A. Anti-aging effect of epigallocatechin gallate tea and its role in modifying the epigenetics of aging: a systematic review. **Pharmacophore**, v. 14, n. 6, p. 11-19, 2023.
- ANWAR, M.; PRADHAN, R.; DEY, S.; KUMAR, R. The role of sirtuins in sarcopenia and frailty. **Aging and Disease**, v. 14, n. 1, p. 25, 2023.
- ARORA, V. *et al.* An overview of flavonoids: a diverse group of bioactive phytoconstituents. **Current Traditional Medicine**, v. 9, n. 3, p. 1-12, 2023.
- CACCIATORE, S. *et al.* Emerging targets and treatments for sarcopenia: a narrative review. **Nutrients**, v. 16, n. 19, p. 3271, 2024.
- CUI, C. *et al.* Exploring motor unit and neuromuscular junction dysfunction in aging and sarcopenia: insights from electromyography in systematic review. **GeroScience**, p. 1-76, 2025.
- DA SILVA, M. M. *et al.* Prevalência de sarcopenia em idosos brasileiros: uma revisão bibliográfica. **BRASPEN Journal**, v. 36, n. 3, p. 314-322, 2023.
- DE QUIROS, Y. B. *et al.* Late-life oral supplementation with apigenin mitigates loss of skeletal muscle strength and mass, exercise intolerance, and frailty with aging in mice. **Physiology**, 2023.
- DO NASCIMENTO, O. V. *et al.* Flavonoids activated signaling pathways of mitochondrial biogenesis: vias de sinalização da biogênese mitocondrial ativadas pelos flavonoides. **CLIUM.org**, v. 23, n. 11, p. 130-140, 2023.
- DUMAN, H. *et al.* Exploring the potential of black chokeberry (*Aronia melanocarpa*) as a health-enhancing agent: a comprehensive overview. **Journal of Food Biochemistry**, 2025.
- EL-SEBAIE, M.; ELWAKIL, W. Biomarkers of sarcopenia: an unmet need. **Egyptian Rheumatology and Rehabilitation**, v. 50, n. 1, p. 45, 2023.
- FENG, L. *et al.* Prevalence and risk factors of sarcopenia in patients with diabetes: a meta-analysis. **The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism**, v. 107, n. 5, p. 1470-1483, 2022.
- FREIRE, I. The integrated relationship between type two muscle fibers and aging: an update study. **Molecular & Cellular Biomechanics**, v. 21, p. 180, 2022.
- GERMAN, I. J. S. *et al.* New trends in treating muscle atrophy: a systematic review of epicatechin. **Nutrients**, v. 16, n. 2, p. 326, 2024.

GOODFIELD, L. F.; TSURUMI, A. Characterizing the first 6-year hospital data for sarcopenia using its first International Classification of Diseases (ICD-10-CM) diagnosis code. 2024.

GUSTAFSSON, T.; ULFHAKE, B. Aging skeletal muscles: what are the mechanisms of age-related loss of strength and muscle mass, and can we impede its development and progression? **International Journal of Molecular Sciences**, v. 25, n. 20, p. 10932, 2024.

ISMAEEL, A. *et al.* Cocoa flavanols, Nrf2 activation, and oxidative stress in peripheral artery disease: mechanistic findings in muscle based on outcomes from a randomized trial. **American Journal of Physiology-Cell Physiology**, v. 326, n. 2, p. C589-C605, 2024.

JIAO, X. *et al.* Isoliquiritigenin, an extract from licorice, attenuates dexamethasone-induced muscle atrophy via Akt/mTOR pathway. **Molecular Nutrition & Food Research**, v. 69, n. 7, e70000, 2025.

KIM, C.; HWANG, J. K. Flavonoids: nutraceutical potential for counteracting muscle atrophy. **Food Science and Biotechnology**, v. 29, n. 12, p. 1619-1640, 2020.

KIM, J. G. *et al.* Therapeutic potential of quercetin as an antioxidant for bone-muscle-tendon regeneration and aging. **Aging and Disease**, v. 16, n. 3, p. 1414, 2024.

KUMAR, S. *et al.* Role of flavonoids in modulation of mitochondria dynamics during oxidative stress. **Mini Reviews in Medicinal Chemistry**, v. 24, n. 9, p. 908-919, 2024.

LI, P. *et al.* Naringin promotes skeletal muscle fiber remodeling via the AdipoR1-APPL1-AMPK signaling pathway. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 69, n. 40, p. 11890-11899, 2021.

LI, Y.; ZHANG, Z. W. Association between C-reactive protein and sarcopenia: the National Health and Nutrition Examination Survey. **Medicine**, v. 103, n. 52, e41052, 2024.

LI, Y. *et al.* Effect of flavonoids on skeletal muscle mass, strength and physical performance in middle-aged and older adults with or without sarcopenia: a meta-analysis of randomized controlled trials. **Frontiers in Nutrition**, v. 9, p. 1013449, 2022.

LIJIANG, Y. O. U. Dihydromyricetin inhibits ferroptosis to attenuate cisplatin-induced muscle atrophy. **Physiological Research**, v. 73, n. 3, p. 405, 2024.

LIU, Y. *et al.* Luteolin alleviates estrogen deficiency-induced muscle atrophy via targeting SLC7A11-mediated ferroptosis. **Phytomedicine**, p. 156799, 2025.

MARZETTI, E. *et al.* Mitochondrial quantity and quality in age-related sarcopenia. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 25, n. 4, p. 2052, 2024.

MATSUZAKI, R. *et al.* Effects of green tea catechins and exercise on age-related muscle atrophy and satellite cell functions in a mouse model of sarcopenia. **Experimental Gerontology**, v. 202, p. 112720, 2025.

METODIEVA, K.; DIMITROV, I.; BIVOLARSKA, A. Combating sarcopenia through nutrition: anti-inflammatory and antioxidant properties of *Aronia melanocarpa*. **Nutrients**, 2025.

MIAO, Y. *et al.* Unraveling the causes of sarcopenia: roles of neuromuscular junction impairment and mitochondrial dysfunction. **Physiological Reports**, v. 12, n. 1, e15917, 2024.

MORENO-ULLOA, A. *et al.* (–)-Epicatechin stimulates mitochondrial biogenesis and cell growth in C2C12 myotubes via the G-protein coupled estrogen receptor. **European Journal of Pharmacology**, v. 822, p. 95-107, 2028.

MUKAI, R. *et al.* Effect of continuous intake of onion powder on oxidative stress biomarkers and skeletal muscle maintenance in elderly bedridden individuals: a pilot study. **The Journal of Medical Investigation**, v. 72, n. 3-4, p. 324-329, 2025.

NAGAI, A. *et al.* Quercetin induces a slow myofiber phenotype in engineered human skeletal muscle tissues. **The FASEB Journal**, v. 38, n. 16, e70009, 2024.

NIKAWA, T.; ULLA, A.; SAKAKIBARA, I. Polyphenols and their effects on muscle atrophy and muscle health. **Molecules**, v. 26, n. 16, p. 4887, 2021.

OKADA, F. *et al.* Prenylningenin suppresses obesity in C57BL/6J mice fed a high-fat diet through adiponectin secretion. **Journal of Clinical Biochemistry and Nutrition**, v. 77, n. 1, p. 64, 2025.

PANG, X. *et al.* Ubiquitin-proteasome pathway in skeletal muscle atrophy. **Frontiers in Physiology**, v. 14, p. 1289537, 2023.

TEZZE, C.; SANDRI, M.; TESSARI, P. Anabolic resistance in the pathogenesis of sarcopenia in the elderly: role of nutrition and exercise in young and old people. **Nutrients**, v. 15, n. 18, p. 4073, 2023.

TIAGO HORTA, R. D. S. Falls prevention in older people and the role of nursing. **British Journal of Community Nursing**, v. 29, n. 7, p. 335-339, 2024.

TOKUDA, Y.; MORI, H. Supplementation with essential amino acids and tea catechins after resistance exercise improves skeletal muscle mass in elderly people with sarcopenia: a pilot, open-label clinical trial. **Journal of the American Nutrition Association**, v. 42, n. 3, p. 255-262, 2023.

WANG, B. *et al.* The senescence-associated secretory phenotype and its physiological and pathological implications. **Nature Reviews Molecular Cell Biology**, v. 25, n. 12, p. 958-978, 2024.

WANG, D. X. *et al.* Muscle mass, strength, and physical performance predicting activities of daily living: a meta-analysis. **Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle**, v. 11, n. 1, p. 3-25, 2020.

WANG, T. *et al.* Mechanisms underlying the effects of green tea polyphenol EGCG on the prevention and management of sarcopenia. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 71, n. 25, p. 9609-9627, 2023.

WANG, Y. *et al.* Nutraceuticals in the prevention and treatment of muscle atrophy. **Nutrients**, v. 13, n. 6, p. 1914, 2021.

YAMAGATA, K. Onion quercetin inhibits vascular endothelial cell dysfunction and prevents hypertension. **European Food Research and Technology**, v. 250, n. 1, p. 1-13, 2024.

YOON, Y. *et al.* Natural flavonoids for the prevention of sarcopenia: therapeutic potential and mechanisms. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 26, n. 15, p. 7458, 2025.

YU, Z. *et al.* Chronic obstructive pulmonary disease as a risk factor for sarcopenia: a systematic review and meta-analysis. **PLOS ONE**, v. 19, n. 4, e0300730, 2024.

ZBINDEN-FONCEA, H. *et al.* Effect of epicatechin on skeletal muscle. **Current Medicinal Chemistry**, v. 29, n. 6, p. 1110-1123, 2022.

ZHANG, Y. *et al.* Luteolin alleviates muscle atrophy, mitochondrial dysfunction and abnormal FNDC5 expression in high fat diet-induced obese rats and palmitic acid-treated C2C12 myotubes. **The Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 135, p. 109780, 2025.

ZHOU, H. *et al.* Dihydromyricetin attenuates age-related macular degeneration: pharmacological effects and exploration of putative targets. **Frontiers in Pharmacology**, v. 16, p. 1588970, 2025.

ZHOU, J. *et al.* Risk factors of sarcopenia in COPD patients: a meta-analysis. **International Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease**, p. 1613-1622, 2024.

ZHOU, Q. *et al.* Association between sarcopenia and falls, fractures, hospital readmission, and all-cause mortality in older adults with endocrine disorders: a longitudinal study of aging in China. **BMC Musculoskeletal Disorders**, v. 26, n. 1, p. 842, 2025.

SOBRE OS ORGANIZADORES

Carlos Alberto Martins Cordeiro

Possui graduação em Engenharia Química pela Universidade Federal do Pará (1995), mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal de Viçosa (1999) e doutorado em Produção Vegetal pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (2002) com área de concentração em Ciência e tecnologia de alimentos. Professor Associado da Universidade Federal do Pará, locado no Instituto de Estudos Costeiros (IECOS), no Curso de Engenharia de Pesca, *Campus* de Bragança (PA), atua na área de Qualidade e Tecnologia do Pescado, onde realiza pesquisa com desenvolvimento de produtos à base de pescado e estudos com isolamento e uso de bactérias probióticas na aquicultura.

Lattes :<http://lattes.cnpq.br/5010139685215361>

Francisco Alex Lima Barros

Graduado em Engenharia de Pesca pela Universidade Federal do Pará (UFPA-2016). Mestre (2019) e Doutor em Ciência Animal (2023), pelo Programa de Pós-graduação em Ciência Animal da UFPA/UFRA/EMBRAPA Amazônia Oriental, área de concentração - Ecologia Aquática e Aquicultura - Produção animal. Tem experiência na área de recursos pesqueiros com ênfase em pesca, aquicultura, no uso de probióticos aplicado à aquicultura, tecnologia e processamento de pescado, manejo produtivo da piscicultura de espécies nativas amazônicas, elaboração e viabilidade econômica de projetos de Pesca e Aquicultura, ecologia aquática.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8413201747918962>

Jorge Luís Pereira Cavalcante

Bacharel em Nutrição (UECE). Especialista em Dietoterapia (UNIFOR). Especialista em Docência no Ensino Superior (UNICE). Especialista em Gerontologia (UNIARA). Especialização em Antropologia - em andamento (UNYLEYA). Especialização em Ciência da Religião - em andamento (Faculdade ÚNICA). Mestre em Tecnologia de Alimentos (UFC). Doutorando em Nutrição (FUNIBER/UNINI). Doutorando em Biotecnologia em Saúde Humana e Animal - PPGBioTec (UECE). Formação em Terapia do Luto (RNT). Radialista (SINDRADIOCE). Nutricionista da Secretaria Municipal de Saúde de Fortaleza, Ceará. Docente do Curso de Bacharelado em

Nutrição do UNINTA, Sobral, Ceará. Revisor científico de mais de cinquenta periódicos científicos nacionais e internacionais. Experiência profissional de 33 em nutrição hospitalar e de 40 anos em docência. Membro das seguintes sociedades científicas: ASBRAN, SBGG, SBTec, SBV, RNT e ABEPS; além da ACA e ACI.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6174271554978855>

ÍNDICE REMISSIVO

Símbolos

25-Hidroxivitamina D: 74

A

Anti-Inflamatórios: 18, 29, 32

Antioxidantes: 29, 32, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44

B

Biodiversidade Alimentar: 50, 51, 52, 68

C

Combate à Fome: 95, 96, 97, 98, 99, 100, 102, 103, 104, 106, 107

Cultura Alimentar: 50, 52, 58, 66, 101

D

Desempenho Esportivo: 9, 10, 13, 19, 119, 121, 122, 127, 128

Desenvolvimento Sustentável: 29, 98, 99

Direito Humano à Alimentação Adequada: 96, 97, 98, 99, 100, 101, 104, 105

Disponibilidade Energética: 13, 22, 109, 110, 117, 118, 119, 120, 121, 123, 125, 128

E

Esporte: 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 120, 124, 125, 126, 127, 131, 133

H

Hiperandrogenismo: 74, 75, 76, 80, 81, 82

I

Imagem Corporal: 109, 110, 111, 112, 114, 115, 119, 124, 125, 126, 127, 129

Intolerância à Glicose: 74, 75

M

Macronutrientes: 8, 9, 11, 12, 18, 25

N

Nutrição Esportiva: 8, 9, 10, 11

P

Políticas Públicas: 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 106, 107

R

Recursos Ergogênicos: 8, 9, 10, 11, 20, 25, 26

Resíduos de Alimentos: 29

S

Saúde da Mulher: 74, 77

Segurança Alimentar: 50, 52, 53, 69, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107

Suplementação: 9, 10, 11, 14, 15, 16, 19, 20, 21, 23, 24, 25, 77, 84, 87, 88, 89, 90, 91, 93, 118

T

Transtorno Alimentar: 109, 112, 114, 127

Tríade da Mulher Atleta: 108, 109, 110, 111, 112, 114, 117, 118, 120, 122, 124, 129, 131



científica digital



VENDA PROIBIDA - ACESSO LIVRE - OPEN ACCESS

