

Alimentos funcionais: aspectos nutricionais na qualidade de vida

Volume 2

Clara dos Reis Nunes
João Batista Barbosa
Simone Vilela Talma
(orgs.)



**Alimentos Funcionais:
Aspectos Nutricionais
na Qualidade de Vida**



Ministério da Educação

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe (IFS)

Presidente da República

Luiz Inácio Lula da Silva

Ministro da Educação

Camilo Sobreira de Santana

Secretário da Educação Profissional e Tecnológica

Getúlio Marques Ferreira

Reitora do IFS

Ruth Sales Gama de Andrade

Alimentos funcionais: aspectos nutricionais na qualidade de vida

Volume 2

Clara dos Reis Nunes
João Batista Barbosa
Simone Vilela Talma
(orgs.)



**INSTITUTO
FEDERAL**

Sergipe
Aracaju
2023

Copyright© 2023 - IFS

Todos os direitos reservados para a Editora IFS. Nenhuma parte desse livro pode ser reproduzida ou transformada em nenhuma forma e por nenhum meio mecânico, incluindo fotocópia, gravação ou qualquer sistema de armazenamento de informação, sem autorização expressa dos autores ou do IFS.

Editora-chefe (Coordenadora de Publicações)

Kelly Cristina Barbosa

Planejamento e Coordenação Gráfica

Anderson Plácido Xavier

Erik Daniel dos Santos

Revisão

Vilma Cardoso da Silva Barbosa

Diagramação

Yasmin Soares Simões

Erik Daniel dos Santos

Projeto Gráfico da Capa

Anderson Plácido Xavier

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

A411. Alimentos Funcionais[recurso eletrônico]: Aspectos Nutricionais na Qualidade de Vida Volume 2 / Clara dos Reis Nunes, João Batista Barbosa, Simone Vilela Talma, organizadores.- Aracaju : Editora IFS, 2023.

134 p. : il. color

ISBN: 978-85-9591-165-9.

1.Nutrição 2. Alimentação. 3.Qualidade de Vida. I.Nunes, Clara dos Reis . II Barbosa, João Batista. III. Talma, Simone Vilela. IV. Título.

CDU 613.2

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Kelly Cristina Barbosa CRB 5/1637

[2023]

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe (IFS)

Avenida Jorge Amado, 1551. Loteamento Garcia, Bairro Jardins.

Aracaju/SE. CEP: 49025-330

TEL.: +55 (79) 3711-3222 E-mail: edifs@ifs.edu.br

Impresso no Brasil

Conselho Científico

Chirlaine Cristine Gonçalves

Pró-reitora de Desenvolvimento Institucional

Jaime José da Silveira Barros Neto

Diretor de Desenvolvimento Institucional

José Wellington Carvalho Vilar

Área: Ciências Exatas e da Terra

Diego Lopes Coriolano

Área: Engenharias (titular)

Herbet Alves de Oliveira

Área: Engenharias (suplente)

Adeline Araújo Carneiro Farias

Área: Ciências Humanas

Alexandre Santos de Oliveira

Área: Ciências Sociais Aplicadas

João Batista Barbosa

Área: Ciências Agrárias

Manoela Falcon Gallotti

Área: Linguística, Letras e Artes

Sheyla Alves Rodrigues

Área: Ciências Biológicas

Membros Externos

Eliane Maurício Furtado Martins - IF Sudeste MG

Flor Ernestina Martinez Espinosa - FIOCRUZ

Odélsia Leonor Sanchez de Alsina - UFCG

Mirian Sumica Carneiro Reis - UNILAB

Ana Aparecida Vieira de Moura - IFRR

Maurílio Lopes Martins - IF Sudeste MG

Mario Ernesto Giroldo Valério - UFS

Caique Jordan Nunes Ribeiro - UFS

Charles dos Santos Estevam - UFS

Claudio Cledson Novaes - UEFS

Zélia Soares Macedo - UFS

Josilene de Souza - IFRN

Lucas Molina - UFS

Editoração

Kelly Cristina Barbosa - Bibliotecária

Produção Visual

Jéssika Lima Santos - Diagramador

Júlio César Nunes Ramiro - Técnico em Artes Gráficas

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	9
ALIMENTOS FUNCIONAIS	11
NUTRIENTES	17
MACRONUTRIENTES	22
Lipídios	22
Proteínas	25
Carboidratos	27
MICRONUTRIENTES	33
Vitaminas	33
Vitaminas Lipossolúveis	33
Vitaminas Hidrossolúveis	39
Minerais	46
SUBSTÂNCIAS ANTIOXIDANTES NATURAIS	60
PREBIÓTICOS	74
Conceitos e Definições	74
Principais Grupos de Prebióticos	75
Fruto oligossacarídeos (FOS)	76
Inulina	77
Lactulose	77
Principais Fontes de Prebióticos	78
Efeitos do Consumo dos Prebióticos para Saúde Humana	80

PROBIÓTICOS	86
Principais Microrganismos Probióticos	87
Principais Gêneros de Bactérias Probióticas: Lactobacillus e Bifidobacterium	88
Nova Nomenclatura do gênero Lactobacillus	90
Benefícios do Consumo de Bactérias Probióticas para a Saúde Humana	91
Mecanismos de Ação dos Microrganismos Probióticos	95
Simbióticos	96
 SOBRE OS AUTORES	 102

Introdução

Desde os primórdios da humanidade, sabe-se do uso dos alimentos e plantas com o propósito medicinal, sendo uma alternativa à medicina convencional, principalmente por ser um recurso acessível em localidades de baixa renda e de difícil acesso¹.

Nesse sentido, observa-se que houve uma mudança no padrão alimentar nos últimos anos, em que os hábitos dietéticos estão baseados em alimentos ricos em lipídeos, especialmente em gorduras saturadas, sódio e carboidratos simples, e deficientes em carboidratos complexos, vitaminas e minerais, o que leva a um aumento no risco de doenças, especialmente as crônicas não transmissíveis. Entretanto, acredita-se que a prevenção dessas doenças está relacionada com a ingestão de alimentos funcionais².

De fato, os alimentos contêm compostos com grandes potenciais, como ações antioxidante e imunomoduladora, o que intensifica a busca por substâncias obtidas a partir de fontes vegetais. Todavia, para muitos compostos, estudos científicos ainda são escassos³. Sendo assim, existe uma crescente intensificação na pesquisa por alimentos funcionais⁴.

Os alimentos funcionais são aqueles que, além de fornecer energia e desempenhar as funções nutricionais, produzem efeitos metabólicos e fisiológicos no organismo, quando consumidos na dieta adequadamente. Seus efeitos vêm sendo estudados, principalmente, nas patologias como câncer, diabetes, hipertensão, Alzheimer, doenças ósseas, cardiovasculares, inflamatórias e intestinais. Para que os alimentos funcionais sejam eficazes é preciso que seu uso seja regular e que esteja associado ao aumento da ingestão de frutas, verduras, cereais integrais, carne, leite de soja e alimentos ricos em ômega-3⁵.

Esses alimentos produzem efeitos fisiológicos ou metabólicos, por meio da ação de algum nutriente ou não nutriente, na manutenção das funções do organismo humano. É válido destacar que todos os alimentos são funcionais, já que possuem valores nutritivos. Porém, desde a última década, o termo funcional, aplicado aos alimentos, tem assumido diferente conotação que é a de proporcionar um benefício fisiológico adicional, além daquele de satisfazer as necessidades nutricionais

básicas. Esses alimentos trazem benefícios à saúde, ao prevenir as doenças crônico-degenerativas, por isso, dá-se muita importância para uma alimentação de qualidade⁵.

Portanto, o conhecimento sobre os benefícios proporcionados pelos alimentos funcionais é importante para o consumo dos mesmos, sendo que o consumo de determinados alimentos funcionais é influenciado por enfermidades como Diabetes, Hipertensão Arterial, Doença Renal Crônica, entre outras, e também pela busca pessoal por uma melhoria da saúde, garantindo o bem-estar da vida humana⁶.

A partir desse contexto, percebe-se uma maior ênfase nas pesquisas acerca de uma alimentação rica em alimentos funcionais, pois se acredita que muitos distúrbios de saúde estão relacionados, pelo menos em parte, à insuficiência de determinados compostos.

Clara dos Reis Nunes

Alimentos Funcionais

Clara dos Reis Nunes

O alimento que é considerado funcional é aquele que vai além de sua função como fonte de nutrientes. Sendo assim, o conceito de alimento funcional tem variados alcances em diferentes países. Esse alimento não tem o poder de cura, mas é utilizado como alimento benéfico para a saúde⁷.

O conceito de alimentos funcionais surgiu no início dos anos 80, no Japão, diante da preocupação com os problemas de saúde atrelados ao aumento da expectativa de vida da população e pela busca por uma alimentação mais saudável. A intenção era inserir na dieta alimentar, ingredientes naturais que fossem capazes de atuar com funções específicas no organismo, como na melhoria dos mecanismos de defesa biológica, na prevenção ou terapia de enfermidades, bem como na melhoria das condições físicas e mentais e do estado geral de saúde, inclusive no retardo do processo de envelhecimento orgânico⁶.

Já na década de 90, começaram a ocorrer mudanças que introduziram o termo “*alimento funcional*”. O Japão iniciou a produção e comercialização dos alimentos funcionais, a partir do qual a saúde poderia ser melhorada pela alimentação. Esses produtos alimentícios estão presentes em vários países e são regulamentados em suas legislações específicas⁵.

Tem sido constatado cientificamente que a saúde pode ser promovida pela alimentação e que o baixo ou excessivo consumo de alimentos está relacionado a manifestações de algumas patologias. Nesse contexto, é importante considerar que vários fatores podem influenciar no consumo, como por exemplo: a motivação para comprar, os aprendizados, a personalidade de cada pessoa, a condição econômica, a família, o estado fisiopatológico, a faixa etária e a cultura⁸.

No Brasil, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) estabelece normas e procedimentos para registrar os alimentos funcionais. Desta forma, para lançar um produto no mercado com um registro de um alimento com alegação de propriedades

funcionais de saúde é necessário apresentar um relatório técnico-científico, embasado e respaldado com informações que atestem seus benefícios e a garantia de segurança para seu consumo⁵.

Assim, os alimentos funcionais têm sido alvo de diversas pesquisas e são considerados eficientes por fornecerem benefícios à saúde. Quando consumidos com frequência podem prevenir doenças, de acordo com suas propriedades, além de proporcionar valor energético e nutricional^{9, 10}.

Um alimento funcional é aquele que, além de nutrir, traz benefícios às funções fisiológicas e metabólicas do organismo, proporcionando saúde física e mental e redução do risco e surgimento de desenvolvimento de doenças crônico-degenerativas. Termos como nutracêuticos, compostos bioativos ou fitoquímicos estão associados às substâncias ativas presentes nesses alimentos que proporcionam os efeitos benéficos à saúde da população⁶.

Os alimentos funcionais possuem compostos biologicamente ativos que podem estimular processos metabólicos, reduzindo o risco de enfermidades, além de fornecer nutrientes e energia. Para oferecer efeitos positivos, os alimentos funcionais devem fazer parte da alimentação diária. Além disso, representam uma área interessante para a indústria assim como para a ciência e tecnologia de alimentos, pois também podem atuar na redução dos riscos de doenças como o câncer¹³.

Dentre os alimentos que possuem em sua composição substâncias bioativas que promovem benefícios à saúde, pode-se citar as alicinas presentes no alho, os carotenoides e flavonoides encontrados em frutas e hortaliças, os glicosinolatos encontrados nos vegetais crucíferos e os ácidos graxos poli-insaturados presentes em óleos vegetais e óleo de peixe¹².

Em relação ao potencial benéfico à saúde, este ocorre quando os alimentos funcionais são consumidos como parte de uma alimentação saudável e variada. Os benefícios podem ser obtidos quando há o consumo de alimentos que contém ácidos graxos (por exemplo: linoleico, ômega-3, e limonoides), fibras, probióticos (por exemplo: lactobacilos e bifidobactérias), compostos fenólicos (por exemplo: resveratrol, isoflavona e zeaxantina) e carotenoides (por exemplo: betacaroteno, licopeno, luteína)⁵.

Sabe-se como os alimentos funcionais são de extrema importância para a saúde dos indivíduos, contribuindo significativamente na prevenção de doenças crônicas como, por exemplo, o Diabetes Mellitus que, devido à constante elevação glicêmica plasmática, compromete as artérias, levando à morte se não tratado. Além disso, o uso de alimentos funcionais vem motivando o desenvolvimento de novas pesquisas que esclareçam os efeitos benéficos dos elementos fitoquímicos ou compostos bioativos das dietas para recuperação do estado nutricional¹³.

Dentre os alimentos que possuem em sua composição substâncias bioativas que promovem benefícios à saúde, pode-se citar as alicinas presentes no alho, os carotenoides e flavonoides encontrados em frutas e hortaliças, os glicosinolatos encontrados nos vegetais crucíferos e os ácidos graxos poli-insaturados presentes em óleos vegetais e óleo de peixe¹².

Em relação ao potencial benéfico à saúde, este ocorre quando os alimentos funcionais são consumidos como parte de uma alimentação saudável e variada. Os benefícios podem ser obtidos quando há o consumo de alimentos que contém ácidos graxos (por exemplo: linoleico, ômega-3, e limonoides), fibras, probióticos (por exemplo: lactobacilos e bifidobactérias), compostos fenólicos (por exemplo: resveratrol, isoflavona e zeaxantina) e carotenoides (por exemplo: betacaroteno, licopeno, luteína)⁵.

Sabe-se como os alimentos funcionais são de extrema importância para a saúde dos indivíduos, contribuindo significativamente na prevenção de doenças crônicas como, por exemplo, o Diabetes Mellitus que, devido à constante elevação glicêmica plasmática, compromete as artérias, levando à morte se não tratado. Além disso, o uso de alimentos funcionais vem motivando o desenvolvimento de novas pesquisas que esclareçam os efeitos benéficos dos elementos fitoquímicos ou compostos bioativos das dietas para recuperação do estado nutricional¹³.

Os alimentos funcionais podem ser classificados de duas formas: quanto à fonte, de origem vegetal ou de origem animal, ou quanto aos benefícios que oferecem, atuando em seis áreas do organismo humano: o primeiro é o sistema gastrointestinal; o segundo é o cardiovascular; o terceiro sistema é o metabolismo de substratos; o quarto, o de crescimento, desenvolvimento e diferenciação celular; o quinto, o comportamento das funções fisiológicas e o sexto é o sistema antioxidante¹².

Os efeitos biológicos dos alimentos funcionais propiciam benefícios para um melhor desempenho do organismo do indivíduo que os ingere, devido ao mecanismo de ação que pode ser definido pelas vias bioquímicas, fisiológicas ou farmacológicas, pelas quais uma determinada substância interage no organismo com os componentes celulares e/ou teciduais para realizar um consequente efeito biológico^{5, 14}.

Vale ressaltar que os alimentos funcionais não curam doenças, eles apenas podem prevenir o seu aparecimento e auxiliar no tratamento, pois contribuem para uma melhor qualidade de vida dentro do contexto de uma alimentação saudável e equilibrada. Logo, não devem ser utilizados como remédios, mas sim incorporados na dieta e serem consumidos diariamente, fortalecendo o organismo, o que acarreta um maior bem-estar, bem como uma maior disposição de energia, o que contribui para uma melhoria da qualidade de vida⁵.

Entende-se por alimentação saudável o direito humano a um padrão alimentar adequado, estando ligada às necessidades e variedades da dieta, respeitando os princípios da variedade, da moderação e do equilíbrio, sobretudo, dando ênfase aos alimentos regionais e o respeito ao seu significado socioeconômico e cultural, baseado no contexto da Segurança Alimentar e Nutricional¹⁵.

Uma alimentação saudável e de qualidade é fundamental para garantir a boa saúde da população. Considera-se uma boa alimentação aquela que mantém o organismo em estado de saúde aceitável, atuando na prevenção e tratamento de doenças e para isso se faz necessária uma dieta balanceada, que contenha variados nutrientes com múltiplas funções¹⁶.

O consumo de determinados alimentos, visando a redução do risco de doenças, é conhecido há milhares de anos, conforme as palavras de Hipócrates, há cerca de 2500 anos, *“faça do alimento o seu medicamento”*. Os alimentos funcionais são a terceira geração de alimentos inseridos no mercado com a finalidade de promoção de saúde ou mesmo com o apelo de gerar e manter uma condição saudável nas pessoas¹⁷.

Padrões alimentares com altas concentrações de gorduras e de açúcares desenvolvem maior risco de Doenças Crônicas Não Transmissíveis e de morte. Portanto, a população começou a adotar hábitos alimentares mais saudáveis, passando a consumir uma maior quantidade de alimentos naturais ou in natura como frutas, verduras, grãos integrais, ovos, peixes, lentilha, aves, castanhas e legumes, deixando um pouco de lado os alimentos ricos em sal, gorduras, frituras, alimentos embutidos, enlatados, refrigerantes, carne vermelha, comida pronta congelada e muitos outros. Foram nessas mudanças de hábitos que os alimentos funcionais passaram a ser adquiridos pela população, integrados a uma alimentação balanceada e consumidos de maneira correta⁵.

Os alimentos funcionais devem ser consumidos, preferencialmente, em sua forma original, sendo inseridos dentro da alimentação equilibrada e variada do plano alimentar. O ideal é que as pessoas consumam mais frutas, hortaliças, fibras e alimentos integrais, evitando os alimentos industrializados e os ultraprocessados na sua dieta diária^{5, 18}.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. SRIVASTAVA, A.; SHUKLA, Y.; KUMAR, S. Recent Development in Plant Derived Antimicrobial Constituents – a review. *Journal of Medicinal and Aromatic Plant Sciences*, v. 22, p. 349-405, 2000.

2. MORAES, M. O. B. **Caracterização Química e Determinação da Atividade Antioxidante em massa da graviola.** (*Annona muricata* L.). Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB - Itapetinga-BA – 61 páginas, 2013.
3. PAN, L.; HEEBYUNG, C.; KINGHORN, A. D. The continuing search for antitumor agents from higher plants. **Phytochem Lett**, p. 1–8, 2009.
4. BRITO, T. T.; SOARES, L. S.; FURTADO, M. C.; CASTRO, A. A.; CARNELOSSI, M. A. G. Composição centesimal de inhame (*Dioscorea* sp.) in natura e minimamente processado. **Scientia Plena**. v.7, n. 6, p. 1-7. 2011.
5. VIDAL, A.M.; DIAS, D. O.; MARTINS, E. S. M.; OLIVEIRA, R. S.; NASCIMENTO, R. M. S.; CORREIA, M. G. S. A. Ingestão de alimentos funcionais e sua contribuição para a diminuição da incidência de doenças. **Cadernos de Graduação- Ciências Biológicas e da Saúde**, Aracaju v. 1, n.15, p. 43-52, out. 2012.
6. BASHO, S. M.; BIN, M. C. Propriedades dos alimentos funcionais e seu papel na prevenção e controle da hipertensão e diabetes. **Interbio**. v. 4 n.1, p. 1981- 3775, 2010.
7. CUPPARI, L. Nutrição Clínica no Adulto. Guias de Medicina Ambulatorial e Hospitalar - **Nutrição - Nutrição Clínica no Adulto** - 3ª Ed. 2014.
8. MEDEIROS, J. F.; CRUZ, C. M. L. Comportamento do consumidor: fatores que influenciam no processo de decisão de compra dos consumidores. **Teoria e Evidência Econômica**. v. 14, n.1, p. 167-189, edição Especial, 2006.
9. ORNELAS, L. H. **Técnica Dietética: Seleção e Preparo de Alimentos**. 8ª. ed. rev. ampl. São Paulo: Atheneu. 2011.
10. FROTA, A. M. M. S. P. Nutracêutica: Precauções em vista das alegações nutricionais e de saúde. **Revista Luso-Brasileira de Direito do Consumo**. v. 2, n. 3, p. 179, 2012.
11. SOUZA, R. K. D.; MENDONÇA, A. C. A. M.; SILVA, M. A. P. Ethnobotanical, phytochemical and pharmacological aspects Rubiaceae species in Brazil. **Revista Cubana de Plantas Medicinales**, v. 18, n. 1, p.140-156, 2013.
12. MORAES, F. P.; COLLA, L. M. Alimentos Funcionais e Nutracêuticos: Definições, legislação e benefícios à saúde. **Revista Eletrônica de Farmácia**. v. 3, n. 2, 109-122, 2006.
13. GAMARANO, L.; FRAIGE, F. Alimentos Funcionais no tratamento do Diabetes Mellitus. Qualidade em Alimentação: Nutrição. **São Paulo: Ponto Crítico**, n. 19, p. 20-21, ISBN 1519771-9 jun./set. 2004.
14. FERRARI, C. K. B.; TORRES, E A. F. S. Novos compostos dietéticos com propriedades anticarcinogênicas. **Revista Brasileira de Cancerologia**, 48, n. 3, p. 375-382, 2002.

15. MARTINEZ, S. A. Nutrição e a alimentação como pilares dos programas de promoção da saúde e Qualidade de vida nas organizações. **O mundo da saúde**, v. 37, n. 2, p. 201 – 207, 2013.
16. MONTEIRO, P. H. N.; COSTA, R. B. L. Alimentação saudável e Escolas: possibilidades e incoerências. Qualidade de vida – **Boletim do Instituto de Saúde**. v. 36, n. 3, p. 355, Abril 2004.
17. YOUNG, J. A. Perspective on functional foods. **Science Technology**, v.10, p. 18-21, 1997.
18. BORGES, V. C. **Alimentos funcionais: prebióticos, probióticos, fitoquímicos e simbióticos**. In: Waitzberg DL. **Nutrição oral, enteral e parenteral na prática clínica**. 3a ed. São Paulo: Atheneu; p. 1495-509, 2000.

Nutrientes

Clara dos Reis Nunes

Carluzi de Souza Gomes

Nutrientes são todas as substâncias químicas indispensáveis ao consumo humano que desempenham funções necessárias ao organismo para que este possa funcionar corretamente. Portanto, os alimentos são digeridos para que os nutrientes possam ser absorvidos pelo intestino, atinjam a corrente sanguínea e atuem sobre os diversos sítios orgânicos¹.

Os nutrientes são essenciais para uma boa alimentação, sendo eles destinados, por exemplo, à formação e à reposição dos tecidos, à atuação como elemento de defesa contra agentes externos e agressivos, à garantia de realização e equilíbrio das reações biológicas no organismo².

A biodisponibilidade de um nutriente ingerido pode ser definida como sua absorção disponível nos alimentos, ocasionada por processos metabólicos e fisiológicos normais, e isso influencia no efeito benéfico ao organismo, mas também pode afetar a natureza e a gravidade da toxicidade quando a sua ingestão for excessiva. Existem fatores que afetam a biodisponibilidade, incluindo a concentração e a forma química do nutriente, o estado nutricional e a saúde do indivíduo e, consequentemente, as perdas por excreção³.

A proporção do nutriente que realmente é utilizada pelo organismo está relacionada aos benefícios das funções fisiológicas e à prevenção de doenças¹.

Alguns nutrientes como, por exemplo, o folato, podem ser absorvidos mais lentamente quando fazem parte de uma refeição do que quando ingeridos separadamente. Além disso, formas suplementares de alguns nutrientes como vitaminas do grupo B e minerais como o fósforo ou o magnésio, se tiverem alta disponibilidade, podem necessitar de consideração especial e, portanto, podem apresentar alto risco de efeito adverso, em quantidades equivalentes às de fontes naturais encontradas nos alimentos¹.

O conhecimento da biodisponibilidade de cada substância e da ação do metabólito formado durante os processos fisiológicos é fundamental para estabelecer as recomendações de ingestão de nutrientes, conhecer os aspectos metabólicos e correlacionar o estado nutricional relativo aos macros ou micronutrientes com o estado de saúde. Além disso, é uma forma de orientar as políticas públicas que visem à diminuição do risco de doenças crônicas não transmissíveis, à promoção de saúde e à melhoria de controle de comorbidades associadas ao déficit do estado nutricional⁴.

A deficiência nutricional ocorre quando os nutrientes se apresentam insuficientes em suas concentrações e o organismo torna-se carente, o que o deixa suscetível ao desenvolvimento de enfermidades².

Importante mencionar que a distribuição da ingestão de nutrientes também pode ser imprecisa, se a disponibilidade variar dentro da população. Dentre os nutrientes que apresentam maior problema quanto à biodisponibilidade estão o zinco, a niacina, o ferro e carotenoides provitamina A. Entretanto, bons hábitos alimentares influenciam de forma benéfica o bom funcionamento do corpo com o necessário aporte de nutrientes³.

Diante da necessidade de aporte necessário de nutrientes, surgiram, em nível mundial, comitês de Especialistas em Nutrição Humana com o objetivo de determinar a quantidade que deve ser ingerida de cada nutriente para o organismo se manter saudável, considerando a faixa etária, o sexo e o estado fisiológico⁵.

Nesse contexto, a avaliação nutricional é fundamental para a realização do diagnóstico nutricional e a tomada de decisão quanto à conduta dietética a ser prescrita para um indivíduo. As ingestões dietéticas chamadas de referência (DRI – *Dietary Reference Intakes*) são colocadas à disposição dos profissionais para as estimativas das necessidades fisiológicas dos nutrientes, bem como para as metas de ingestão. Esses valores formam um conjunto de parâmetros que representam a necessidade média estimada, a ingestão dietética recomendada, a ingestão adequada e o nível máximo tolerável⁶.

As DRIs para o indivíduo podem ser usadas para avaliar a adequação aparente de sua ingestão alimentar, isto é, a quantidade suficiente para manter o estado nutricional adequado. Esse foi o critério empregado para definir a recomendação, visto que tanto para a avaliação da dieta como para sua prescrição, são estabelecidos valores de referência para ingestão de nutrientes. Todavia, as DRIs não servem para avaliar precisamente a adequação de dietas de indivíduos e nem para avaliar o estado nutricional exato³.

As DRIs são utilizadas para definir rotulagem e planejar dietas e programas de orientação nutricional. Para a construção de seus limites foram considerados o risco de

redução de Doenças Crônicas Não Transmissíveis (DCNT) e não apenas a ausência de sinais de deficiência. Além disso, foi incluída a recomendação de que a ingestão diária não ultrapasse um limite máximo, visando prevenir os riscos de efeitos adversos⁷.

Cada DRI refere-se a uma ingestão de nutriente, durante um período de tempo, por indivíduos aparentemente saudáveis. Para esse entendimento é considerada toda informação disponível sobre o balanço, o metabolismo de nutrientes em diferentes faixas etárias, a redução de risco de doenças, as variações individuais nas necessidades de cada nutriente, sua biodisponibilidade e os erros relacionados aos métodos de avaliação do consumo dietético⁷⁻⁹.

As DRIs apresentam categorias que são: Necessidade Média Estimada (Estimated Average Requirement/ EAR), Ingestão Dietética Recomendada (Recommended Dietary Allowance/ RDA), Ingestão Adequada (Adequate Intake/ AI) e Limite Superior Tolerável de Ingestão (Tolerable Upper Intake Level/ UL)⁷⁻¹⁴.

EAR (*Estimated Average Requirement*) significa um valor de ingestão diária de um nutriente que se estima suprir a necessidade de metade (50%) dos indivíduos saudáveis de um grupo de mesmo gênero e estágio da vida. A EAR corresponde à mediana da distribuição das necessidades de um dado nutriente. Coincide com a média quando a distribuição é simétrica^{1,7}.

RDA (*Recommended Dietary Allowance*) são quantidades recomendadas, considerando os níveis médios de ingestão dietética diários, suficientes para atingir a necessidade nutricional de quase todos os indivíduos sadios (97 a 98%), considerando-se faixas etárias, estado fisiológico específico e sexo. São metas para a ingestão dietética de indivíduos sadios^{5, 7, 14-15}.

A ingestão de AI (*Adequate Intake*) é empregada quando não existem dados suficientes para a determinação da EAR e, conseqüentemente, da RDA. A AI é baseada em níveis de ingestão, ajustados experimentalmente ou em aproximações da ingestão observada de nutrientes de um grupo de indivíduos aparentemente saudáveis. Esses valores são reavaliados a partir de novos estudos que proporcionem maior grau de confiabilidade sobre aqueles^{1, 7, 14-15}.

A UL (*Tolerable Upper Intake Level*) indica o mais alto valor de ingestão diária prolongada de um nutriente que, aparentemente, não oferece risco de efeito adverso à saúde em quase todos os indivíduos de um estágio de vida ou sexo. À proporção em que a ingestão do nutriente aumenta acima do UL, também eleva o risco do efeito adverso. Ressalta-se que a UL é aplicada para o uso crônico diário de determinado nutriente, proveniente da dieta e é muito útil para orientar quando se trata de alimentos fortificados e de suplementos alimentares. Salienta-se que ainda não foram estabelecidas UL de todos os nutrientes^{5, 7, 14-15}.

De fato, nutrientes podem ser nocivos em doses que, às vezes, são apenas pouco superiores aos valores de recomendação^{7, 13}.

Desta forma, para indivíduos, EAR e UL são as categorias de referência mais adequadas para a avaliação de dietas, enquanto RDA ou AI devem ser utilizadas como metas de ingestão. Além disso, valores habituais de consumo abaixo do EAR indicam elevada probabilidade de inadequação e acima do UL indicam risco de desenvolvimento de efeitos adversos^{1, 13 - 14}.

Entretanto, se o consumo habitual estiver acima dos valores da RDA há maior chance de que as necessidades nutricionais, tanto de indivíduos quanto de populações, estejam atendidas. Quando não há valor de EAR e somente o valor de AI está disponível, há maior incerteza para avaliar se a quantidade de um determinado nutriente fornecido na dieta está adequada. Portanto, pela simples aplicação das tabelas não é possível chegar a uma conclusão sobre inadequação, quando os valores de consumo habitual forem menores do que este valor de referência^{1, 14, 16}.

Dessa forma, ressalta-se a importância do consumo dos nutrientes relacionado a uma conduta dietética que respeite as ingestões de referência.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. COZZOLINO, S. M. F. **Biodisponibilidade de Nutrientes**, 4ª edição, 2012.
2. EVANGELISTA, J. **Alimentos: Um estudo abrangente**. Atheneu. p. 3, 2005
3. COZZOLINO, S. M. F. **Biodisponibilidade de Nutrientes**, 5ª edição p19, 2016.
4. CASGRAIN, A.; COLLINGS, R.; HARVEY, L. J.; BOZA, J. J. AIRWEATHER-TAIT, S. J. Micronutrient Bioavailability Research Priorities, **Am J Clin Nutr**, v. 91, p. 1423s- 9s, 2010.
5. COSTA, N. M. B.; PELUZIO, M. C. G. **Nutrição Básica e Metabolismo**, 1ª edição, p. 121, 2008.
6. CUPPARI, L. **Nutrição Clínica no Adulto. Guias de Medicina Ambulatorial e Hospitalar - Nutrição – Nutrição Clínica no Adulto - 3ª Ed.**, 2014.
7. PADOVANI, R. M.; AMAYA-FARFÁN, J.; COLUGNATI, F. A. B.; DOMENE, S. M. A. Dietary reference intakes: application of tables in nutritional studies. **Rev. Nutr., Campinas**, v. 19, n. 6, p. 741-760, nov./dez., 2006.

8. INSTITUTE OF MEDICINE (US) STANDING COMMITTEE ON THE SCIENTIFIC EVALUATION OF DIETARY REFERENCE INTAKES *et al.* Dietary reference intakes. In: **Dietary Reference Intakes for Calcium, Phosphorus, Magnesium, Vitamin D, and Fluoride**. National Academies Press (US), 1997.
9. INSTITUTE OF MEDICINE. **Dietary reference intakes for vitamin C, vitamin E, selenium, and carotenoids**. Washington (DC): National Academy Press; 2000.
10. INSTITUTE OF MEDICINE. **Dietary reference intakes: applications in dietary planning**. Washington (DC): National Academy Press; 2003.
11. INSTITUTE OF MEDICINE. **Dietary reference intakes for thiamin, riboflavin, niacin, vitamin B6, folate, vitamin B12, pantothenic acid, biotin, and choline**. Washington (DC): National Academy Press; 1998.
12. INSTITUTE OF MEDICINE. **Dietary reference intakes for water, potassium, sodium, chloride, and sulfate**. Washington (DC): National Academy Press; 2004.
13. INSTITUTE OF MEDICINE. **Dietary reference intakes; the essential guide to nutriente requirements**. Washington (DC): National Academy Press; 2006.
14. TRUMBO, P.; YATES, A. A.; SCHLICKER, S.; POOS, M. Dietary reference intakes: vitamin A, vitamin K, arsenic, boron, chromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdenum, nickel, silicon, vanadium, and zinc. **J Am Diet Assoc.** v. 101, n. 3, p. 294-301, 2001.
15. SLATER, B.; MARCHIONI, D. L.; FISBERG, R. M. Estimando a prevalência da ingestão inadequada de nutrientes. **Rev Saúde Pública.** v. 38, n. 4, p. 599-605, 2004.
16. MARCHIONI, D. M. L.; SLATER, B.; FISBERG, R. M. Aplicação das dietary reference intakes na avaliação da ingestão de nutrientes para indivíduos. **Rev Nutr.** v. 17, n. 2, p. 207-16, 2004.

Macronutrientes

*Clara dos Reis Nunes
Carluzi de Souza Gomes
Larissa Leandro da Cruz*

A distribuição aceitável dos macronutrientes para indivíduos foram estabelecidas em função de estudos de intervenção e epidemiológicos, com vista à prevenção de doenças crônicas não transmissíveis e em quantidades suficientes para suprir a ingestão de nutrientes essenciais para o organismo¹.

O grupo de macronutrientes é formado por 3 tipos de nutrientes: os lipídios, as proteínas e os carboidratos, que são de importância biológica e podem ser sintetizados no organismo.

Lipídios

O termo “lipídio” pode ser definido como uma classe de compostos orgânicos que são insolúveis em água, mas solúveis em solventes orgânicos como: acetona, éter e clorofórmio. São compostos altamente energéticos e agem como transportadores das vitaminas lipossolúveis²⁻⁴.

Os lipídios simples são os óleos e as gorduras, que são distintos, sendo que, em temperatura ambiente, os óleos têm aspecto líquido e as gorduras aspecto pastoso ou sólido. Os lipídios compostos abrangem os fosfolipídios, as ceras, entre outros, e os derivados como os ácidos graxos e esteróis⁴⁻⁵.

Os lipídios fazem parte de um grupo de diversos compostos que possuem muitas funções biológicas importantes como, por exemplo, na função estrutural em membranas celulares e como fontes de armazenamento de energia, participando também de vias de sinalização⁴⁻⁵.

Como o lipídio é rico em energia e fornece cerca de 9 kcal/g, os seres humanos são capazes de obter energia adequada, por meio de um consumo diário razoável desse macronutriente. A capacidade humana de armazenar e utilizar grande quanti-

dade de lipídios torna grande parte da população capaz de sobreviver, mas nem todos os depósitos de lipídios são utilizados efetivamente durante o jejum e classificam-se como gordura estrutural⁶.

Por causa das suas propriedades específicas, os teores de lipídios de fontes vegetais têm atraído a atenção dos pesquisadores para o uso desses compostos orgânicos como agentes emulsionantes em uma ampla variedade de produtos que vão desde vacinas, alimentos, cosméticos e produtos de cuidados pessoais⁷.

Os lipídios são parcialmente hidrolisados pelas lipases gástricas, pancreáticas e intestinais, fazendo com que sejam gerados ácidos graxos e monoglicerídeos, que são absorvidos nas vilosidades intestinais e re-esterificados, e formam di e triglicerídeos, que se ligam à Apolipoproteína B48 e, juntamente com o colesterol da dieta, a bile e vitaminas lipossolúveis, são transportados através dos quilomícrons, que são formados nas células epiteliais do intestino delgado⁸.

Os quilomícrons são secretados na linfa mesentérica e pelo ducto torácico entram na circulação sistêmica. Os triglicerídeos dessas partículas são hidrolisados pelas enzimas lipoproteína lipase periférica e lipase hepática. A lipoproteína lipase periférica é uma glicoproteína que está presente nas células endoteliais voltada para a luz capilar e não precisa ser liberada para a circulação sistêmica para que esteja na sua forma ativa⁸.

A lipase hepática hidrolisa triglicerídeos e fosfolipídios e age como fosfolipase sobre as partículas de HDL2, transformando-as em HDL3 e pré-beta HDL2-9. A eficiência com que esses tipos de lipídios podem ser estocados é alta, em torno de 96%¹⁰.

Já as lipoproteínas são complexos macromoleculares de lipídios e de proteínas que são classificadas em quilomícrons, podendo ser de muito baixa densidade (VLDL), as de densidade intermediária (IDL), de baixa densidade (LDL) e de alta densidade (HDL). No plasma, são remodeladas durante o trânsito no compartimento plasmático, em virtude da ação de enzimas e de proteínas de transferência¹¹.

Os quilomícrons e as VLDL têm papel de transporte, sendo os triglicerídeos alimentares transportados pelos quilomícrons e os de síntese hepática (gordura endógena) pelas VLDL. As LDL são as principais lipoproteínas transportadoras de colesterol proveniente do fígado para os tecidos periféricos. As HDL são responsáveis por remover o colesterol dos tecidos periféricos e de outras lipoproteínas, enviando-os ao fígado, o que caracteriza o chamado transporte reverso de colesterol¹¹.

Os lipídios saturados estão relacionados ao aumento das concentrações de colesterol sanguíneo, enquanto os lipídeos insaturados estão relacionados com a diminuição das concentrações de colesterol total no sangue, atuando principalmente

na redução de LDL. Logo, a substituição da ingestão de lipídeos saturados pelos insaturados está relacionada ao efeito protetor contra o surgimento de doenças coronarianas¹²⁻¹³.

Os lipídios da dieta são essenciais para a digestão, absorção e transporte de vitaminas lipossolúveis e fitoquímicos como, por exemplo, os carotenoides e os licopenos. O processo digestivo é facilitado quando a gordura dietética reduz as secreções gástricas e torna mais lento o esvaziamento gástrico, estimulando o fluxo biliar e pancreático¹⁴.

Digestão é o processo que quebra as moléculas maiores, que estão presentes nos alimentos, em componentes menores, em tamanho suficientemente pequeno para ser absorvido no trato gastrointestinal¹⁵⁻¹⁶.

Sob o contexto de uma alimentação saudável, ainda pode-se vivenciar mudanças intensas no padrão alimentar humano, visto que os malefícios de alguns tipos de lipídios vêm sendo identificados de forma expressiva. A principal consequência dessas descobertas é a redução da quantidade de gordura consumida. Todavia, considera-se que o aspecto qualitativo é relevante, bem como um dos princípios básicos da alimentação saudável⁶.

Por isso, é essencial que sejam selecionadas fontes alimentares adequadas de ácidos graxos, independentemente da estratégia nutricional, se com baixo ou alto teor de lipídeos, por exemplo. Da mesma forma, é importante o cuidado quanto ao modo de preparo e armazenamento das fontes alimentares para o cumprimento dos objetivos propostos¹⁷.

As recomendações de lipídeos para as diferentes faixas etárias podem ser observadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Recomendações de Lipídeos para diferentes faixas etárias e estado fisiológico.

Recomendações de ingestão para gestante:	40 (%VCT)
Recomendação de ingestão para crianças:	1-3 anos: 30 a 40(%VCT) 4-18 anos: 25 a 35(%VCT)
Recomendação de ingestão para adultos:	20 a 35(%VCT)
Recomendação de ingestão para idosos:	30 (%VCT)
Recomendações de acordo com o tipo de lipídeo:	Ácidos graxos trans (%VCT): excluir da dieta Ácidos graxos saturados (%VCT): <10 Ácidos graxos monoinsaturados (%VCT): 15 Ácidos graxos poli-insaturados (%VCT): 5-10 Ácido linoleico(g/dia): 1,1-1,6

Fonte: Adaptado de BRASIL, 2005²⁰; FONTES *et al.*, 2012²¹; FERREIRA *et al.*, 2017²² e MARTINS *et al.*, 2019²³.

Podem ser citados como alimentos fontes de lipídeos: abacate, azeite de oliva, carne bovina, castanha-do-brasil, chocolate amargo, coco, semente de linhaça, manteiga, ovo, salmão, queijos, semente de girassol, macadâmia e amêndoa²².

Proteínas

Proteínas são componentes primordiais das células vivas, sendo resultado da condensação de aminoácidos, por meio de ligações peptídicas. As proteínas são formadas por combinações dos 20 aminoácidos em distintas proporções e atuam em funções estruturais, reguladoras, de defesa e de transporte nos fluidos biológicos¹.

No aspecto biológico, as proteínas atuam na regeneração de tecidos, como catalisadoras nas reações químicas que se dão nos organismos vivos e que envolvem enzimas ou hormônios; são necessárias nas respostas imunológicas e, juntamente com os ácidos nucleicos, são indispensáveis nos processos de crescimento e de reprodução¹.

A proteína foi o primeiro nutriente considerado essencial para o organismo. À semelhança de lipídeos e carboidratos, contêm carbono, hidrogênio e oxigênio, sendo a única que possui nitrogênio (16%), enxofre e alguns outros minerais, como, por exemplo, fósforo, ferro e cobalto¹⁵.

Os alimentos ricos em proteínas são obtidos primariamente da carne ou de produtos de origem animal, como leite e ovos, por exemplo. O valor nutricional das proteínas alimentares está relacionado ao teor de aminoácidos essenciais, associado à sua digestibilidade. Isso porque os aminoácidos constituintes podem ser classificados como essenciais e não essenciais. Os aminoácidos essenciais são aqueles que o organismo não sintetiza e, por isso, devem ser incluídos na dieta, são eles: arginina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptofano e valina. Já os aminoácidos não essenciais são aqueles que o organismo produz, como, por exemplo: alanina, asparagina, ácido aspártico, cisteína, ácido glutâmico, glutamina, glicina, prolina, serina e tirosina¹⁵.

No que se refere à síntese de proteínas, esta necessita da presença de todos os aminoácidos necessários durante o processo. Quimicamente, os aminoácidos são ácidos carboxílicos com um grupo amino ligado ao carbono α . Todos os aminoácidos possuem esse mesmo tipo de estrutura geral e a cadeia lateral ligada ao carbono α (o grupo R) determina a identidade e a função de cada aminoácido¹⁴.

As proteínas podem ser classificadas quanto à composição, a partir do produto de sua hidrólise, podendo ser simples (quando resultam somente em aminoácidos) ou composta (quando também liberam outros componentes orgânicos ou inorgânicos, designados por grupos prostéticos)¹⁵.

Dentre os fatores que determinam a qualidade da proteína da dieta estão o perfil de aminoácidos, a digestibilidade, a relação proteico energética, a energia total da alimentação e os teores de minerais e vitaminas. Todavia, para garantir a quantidade recomendada é preciso ingerir quantidade de lipídios e carboidratos que atendam às necessidades do indivíduo, para impedir que as proteínas ingeridas sirvam como substrato energético para o organismo e sejam desviadas de suas funções metabólicas¹.

Utilizam-se como padrão ou referências proteínas de alta digestibilidade para estabelecer as necessidades proteicas, como por exemplo, as provenientes do leite, do ovo, das carnes e dos pescados. Ao utilizar as recomendações de proteínas para avaliar dietas que contenham outras fontes de proteínas, considera-se a composição dos aminoácidos essenciais dessa dieta, bem como a sua digestibilidade¹.

Os alimentos de origem vegetal são fontes significativas de proteínas, sendo classificados, em sua maioria, como parcial ou totalmente incompletos, pois apresentam deficiência de um ou mais aminoácidos essenciais para o organismo e sua biodisponibilidade é diminuída por fatores anti-nutricionais. As leguminosas por conterem de 10% a 30% de proteínas são as mais adequadas, mas às vezes, podem apresentar deficiência em aminoácidos sulfurados, como metionina e cisteína¹⁵.

As proteínas dos vegetais são deficientes em um ou mais aminoácidos indispensáveis, por isso não devem ser a única fonte de proteína da dieta. As leguminosas (soja, feijão, amendoim, vagem, ervilha etc.) possuem o valor biológico que mais se aproxima daquele dos alimentos de origem animal. As melhores fontes de proteínas da dieta são os alimentos de origem animal como carnes, ovos, leite e derivados, pois contêm todos os aminoácidos indispensáveis e em quantidades balanceadas⁶.

Portanto, destaca-se a importância desses macronutrientes na dieta, de forma adequada e dentro de uma alimentação saudável.

As recomendações de proteínas para as diferentes faixas etárias podem ser observadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Recomendações de Proteínas para diferentes faixas etárias e estado fisiológico.

Recomendações de ingestão para gestante:	20 (%VCT)
Recomendação de ingestão para crianças:	1-3 anos: 5 a 20 (%VCT) 4-18 anos: 10 a 30(%VCT)
Recomendação de ingestão para adultos:	10 a 35(%VCT)
Recomendação de ingestão para idosos:	15(%VCT)

Fonte: Adaptado de BRASIL, 2005²⁰; FONTES *et al.*, 2012²¹; FERREIRA *et al.*, 2017²² e MARTINS *et al.*, 2019²³.

Podem ser citados como alimentos fonte: soja, camarão, frango, salmão, amêndoas, carne vermelha, peixes, tofu, leite de vaca, ovo, presunto, mexilhão, kefir e queijo²².

Carboidratos

A classe dos carboidratos ou genericamente açúcares tem importância secular na alimentação animal, principalmente para a sobrevivência humana, à qual é garantida tanto pela indispensável fonte de calorias contida em suas moléculas quanto pelo seu valor mercantil, que dominou a economia do mundo durante várias gerações¹⁵.

Os carboidratos são sintetizados pelos vegetais e são uma importante fonte de energia na dieta ingerida por meio dos alimentos, visto que o carboidrato compõe cerca da metade do total de calorias. Os carboidratos dietéticos podem ser categorizados como monossacarídeos, dissacarídeos, oligossacarídeos e polissacarídeos¹⁴.

São nutrientes essenciais como os aminoácidos e ácidos graxos. No entanto, para estabelecer maiores aplicações à ciência de alimentos e à nutrição, é necessário ampliar a classificação bioquímica, organizando as moléculas de carboidratos de acordo com seu grau de polimerização (número de unidades de monossacarídeos) e subdividi-las segundo seus tipos de ligações glicosídeas e características químicas específicas¹⁵.

Os monossacarídeos podem ter de 3 a 7 átomos de carbono, tendo destaque o carbono de seis hexoses: glicose, galactose e frutose. Todas essas hexoses possuem a mesma fórmula química, mas diferem entre si em sua estrutura química, sendo algumas resultantes da presença de carbonos quirais com quatro diferentes átomos ou grupos ligados. Esses grupos podem ocorrer em diferentes posições (isômeros). Os principais monossacarídeos livres nos alimentos são a glicose e frutose¹⁴.

Os três dissacarídeos mais importantes na nutrição humana são a sacarose, lactose e maltose. Esses açúcares são formados a partir de monossacarídeos que se uniram por meio de uma ligação entre o aldeído ativo ou carbono cetona e uma hidroxila específica em outro açúcar¹⁴.

Ressalta-se que o açúcar invertido natural é o do mel, os outros foram produzidos para a indústria¹⁴.

Já os oligossacarídeos são carboidratos pequenos, de 3 a 10 unidades de monossacarídeos unidos por ligação glicosídica, sendo resultantes da hidrólise do amido e são parcialmente digeridos no trato gastrointestinal humano, o que não ocorre com os polímeros derivados de frutose e galactose, considerados oligossacarídeos não digeríveis⁶.

Devido à posição intermediária dos oligossacarídeos entre as moléculas mais simples de mono e dissacarídeos e os longos arranjos espaciais dos polissacarídeos, os oligossacarídeos estiveram distantes do cenário de evidência científica durante a última década¹⁵.

Os oligossacarídeos são encontrados em leguminosas, como a soja e o feijão, e são responsáveis por certas disfunções digestivas, como a flatulência. Os oligossacarídeos que não são digeridos passam para o intestino grosso, onde são fermentados e produzem gases⁶.

A maioria dos carboidratos é encontrada na natureza na forma de polissacarídeos, os quais são formados por cadeias com elevado grau de polimerização, possuindo mais de 10 unidades de monossacarídeos. As cadeias de polissacarídeos diferem entre si pelo tipo de monossacarídeo que está em sua composição, pelo comprimento da cadeia e pelo grau de ramificação. Dentre os polissacarídeos destacam-se o amido, o glicogênio e a celulose¹⁸.

O amido é a reserva energética das plantas e é formado por duas unidades poliméricas: amilose e amilopectina. A amilose é o polímero não ramificado do amido e solúvel em água, sendo formada por resíduos de glicose unidos por ligação α (1 $\rightarrow$ 4). A amilopectina é o polímero ramificado e não solúvel em água, contendo resíduos de glicose unidos por ligação α (1 $\rightarrow$ 4) e nos pontos em que há ramificação, os resíduos de glucose são unidos por ligação α (1 $\rightarrow$ 6)¹⁵.

Os animais utilizam os carboidratos primariamente para manter as concentrações séricas de glicose entre as refeições. Para garantir o fornecimento prontamente disponível, as células do fígado e dos músculos armazenam carboidratos como glicogênio hepático. O glicogênio é armazenado hidratado com a água, a qual torna

o glicogênio grande, pesado e inadequado para armazenamento de energia em longo prazo, porém quando necessário o corpo utiliza essa reserva⁶.

A estrutura do glicogênio é semelhante à da amilopectina do amido, diferindo no fato de apresentar um maior número de ramificações do que a amilopectina do amido. A maior parte dos resíduos de glicose na amilopectina está unida por ligações glicosídicas α (1 $\rightarrow$ 4). Nos pontos das ramificações, os resíduos de glicose são unidos por ligação (1 $\rightarrow$ 6)¹⁹.

A celulose é um homopolissacarídeo linear não ramificado, formado por dez mil ou mais unidades de glicose unidas por ligações glicosídicas β (1 $\rightarrow$ 4). A ligação glicosídica β (1 $\rightarrow$ 4) é rígida e não é hidrolisada pela enzima α -amilase. Assim, essas ligações permitem que a celulose forme polímeros de glicose lineares, resistentes e insolúveis, permitindo com que a celulose atue na função estrutural. Como o sistema digestivo dos vertebrados não sintetiza enzima capaz de hidrolisar as ligações β (1 $\rightarrow$ 4) da celulose, esse polissacarídeo é inaproveitável como alimento para a maioria desses animais¹⁸.

Sobre a digestão e absorção de carboidratos alimentares, por serem nutrientes em uma dieta normal, esses carboidratos representam mais de 60% da energia disponível. Acredita-se que no organismo existem mecanismos de digestão e absorção suficientes para o máximo aproveitamento dos carboidratos, que são a principal fonte de energia para o organismo. Duas classes de proteínas são responsáveis pelo sistema de absorção e digestão de carboidratos, que são as enzimas glicolíticas e proteínas transportadoras, que permitem ao organismo humano obter quantidades de carboidratos suficientes para a manutenção de sua integridade¹⁵.

Os carboidratos da dieta são digeridos em glicose, frutose e galactose, por meio de ações da amilase e de enzimas digestivas na borda em escova no sistema gastrointestinal superior. Essa digestão começa na boca pela ação da amilase salivar. A capacidade para digerir carboidrato é modificada pela disponibilidade relativa do amido à ação enzimática, à atividade de enzimas digestivas na borda em escova e à presença de outros fatores alimentares como, por exemplo, a gordura, que desacelera o esvaziamento gástrico¹⁴.

Logo, uma dieta balanceada, com a ingestão de carboidratos complexos e gorduras saudáveis, é imprescindível para a saúde dos indivíduos.

As recomendações de carboidratos para as diferentes faixas etárias, bem como exemplos de alimentos fonte podem ser observadas na Tabela 3.

Tabela 3 - Recomendações de Carboidratos e alimentos fonte.

Recomendações de ingestão para gestante:	40 (%VCT)
Recomendação de ingestão para crianças:	45 a 65 (%VCT)
Recomendação de ingestão para adultos:	45 a 65 (%VCT)
Recomendação de ingestão para idosos:	55 (10 a 15% carboidrato simples).

Fonte: Adaptado de BRASIL, 2005²⁰; FONTES *et al.*, 2012²¹; FERREIRA *et al.*, 2017²² e MARTINS *et al.*, 2019²³.

Podem ser citados como alimentos fonte de carboidrato: aveia, laranja com bagaço, maçã com casca, ameixa fresca, kiwi, pêssego, melancia, pepino, tomate, castanhas, iogurte natural, feijão, grão de bico, soja, pão integral, batata-doce, arroz integral, quinoa, cereais, milho, mel, tapioca²².

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CUPPARI, L. **Nutrição Clínica no Adulto. Guias de Medicina Ambulatorial e Hospitalar - Nutrição – Nutrição Clínica no Adulto**. 3ª Ed. 2014.
2. LOTTENBERG, A. M. P. Importância da gordura alimentar na prevenção e no controle de distúrbios metabólicos e da doença cardiovascular. **Arq Bras Endocrinol Metab**, v. 53, n. 5, p. 595-607, 2009.
3. TAIZ, L., ZEIGER, E. (2013) **Fisiologia vegetal**. 5. ed. ARTMED. 916p.
4. TAIZ, L.; ZEIGER, E. (2006) **Plant physiology**. 4. ed. Sunderland, Massachusetts: Sinauer Associates Inc.
5. FAHY, E.; COTTER, D.; SUD, M.; SUBRAMANIAM, S. Lipid classification, structures and tools. **Biochimica et Biophysica Acta**, 2011.
6. COSTA, N. M. B.; PELUZIO, M. C. G. **Nutrição Básica e Metabolismo**, 1ª edição p121, 2008.
7. ADAMS, G. G.; IMRAN, S.; WANG, S.; MOHAMMAD, A.; KOK, M. S.; GRAY, D. A.; CHANNELL, G. A.; HARDING, S. E.; Extraction, isolation and characterization of oil bodies from pumpkin seeds for therapeutic use. **Food Chemistry**. v. 134, n. 4, p. 1919-1925, 2012.

8. LOOKENE, A.; ZHANG, L.; HULTIN, M. O. G. Rapid subunit exchange in dimeric lipoprotein lipase and properties of the inactive monomer. **Journal of Biological Chemistry**. v. 279, n. 48, p. 22, 2004.
9. RADER, D. J.; JAYE, M. Endothelial lipase: a new member of the triglyceride lipase gene family. **Curr Opin Lipidol**. v. 11, n. 2, p. 41-7, 2000.
10. PEREIRA, L. O.; FRANCISCHI, R. P.; LANCHA JUNIOR, A. H. Obesidade: Hábitos Nutricionais, Sedentarismo e Resistência à Insulina. **Arq Bras Endocrinol Metabol**, v. 47, n. 2, p. 111-127, 2003.
11. MAHLEY, R. W.; HAVANG, Y. Atherogenic remnant lipoproteins: role for proteoglycans in trapping, transferring, and internalizing. **J Clin Invest**. v.1, n. 17, p. 94, 2007.
12. MANHÃES, L. R. T. Caracterização da polpa de buriti (Mauritia Flexuosa, Mart.): um potente alimento funcional. Dissertação de Mestrado – Seropédica – RJ – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 78 páginas, 2007.
13. PINHEIRO, R. V. R.; M. L. O.; SOUZA, A. C. G.; CASALI, W. D.; CONDÉ, A. R. Produtividade e qualidade dos frutos de dez variedades de goiaba, em Visconde do Rio Branco, Minas Gerais, visando ao consumo ao natural e à industrialização. **Revista Ceres**, Viçosa, v.31, n.177, p.360-387, 1984.
14. MAHAN, L. K.; STUMP, S. E.; RAYMOND, J. L. **Krause Alimentos, Nutrição e Dietoterapia**, 13ª edição, 2012.
15. COZZOLINO, S. M. F. **Biodisponibilidade de Nutrientes**, 5ª edição, 2016.
16. EVANGELISTA, J. **Alimentos: Um estudo abrangente**. Atheneu. p. 3, 2005
17. SANTOS, R. D. et al. I Diretriz sobre o consumo de gorduras e saúde cardiovascular. Arquivos Brasileiros de Cardiologia, Rio de Janeiro, v. 100, n. 1, p. 1-40, jan. 2013.
18. STRYER, L. **Bioquímica**. 4 ed. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 1996.
19. NELSON, D. L.; COX, M. M. **Lehninger Princípios de Bioquímica**. 3 ed. São Paulo: Sarvier, 2002.
20. BRASIL. Resolução ANVISA/MS RDC nº 269, de 22 de setembro de 2005. Regulamento Técnico sobre Ingestão Diária Recomendada (IDR) para Proteína, Vitaminas e Minerais. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 26 set. 2005.
21. FONTES, G. A. V.; MELLO, A. L.; SAMPAIO, L. R. **Manual de Avaliação Nutricional e Necessidade Energética de Crianças e Adolescentes**. Editora da Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2012.

22. FERREIRA, W.; SILVA, A. L. G. M.; REIS, N. T. Fontes Alimentares de Vitaminas, Minerais e outros Elementos. IN: Lima, L. C.; Gonzales, M. C. **Nutrição Clínica no Dia a Dia**. 2. ed. Castelo. Rio de Janeiro: Rubi, 2017. p. 215- 233.
23. MARTINS, T. J. G. et al. Diretriz Braspen de Terapia Nutricional no Envelhecimento. **Braspen Journal**. São Paulo, v. 34. p. 2- 58, 2019.

Micronutrientes

Clara dos Reis Nunes

Carluzi de Souza Gomes

Larissa Leandro da Cruz

Os micronutrientes são necessários para a manutenção do organismo, embora sejam requeridos em pequenas quantidades, que variam de microgramas a miligramas. Por serem nutrientes essenciais, devem estar presentes na alimentação diariamente¹.

Os micronutrientes conhecidos como vitaminas, classificadas como lipossolúveis ou hidrossolúveis, são essenciais para o organismo, pois são compostos orgânicos que participam de importantes processos celulares sendo essenciais para a manutenção das funções como crescimento, metabolismo e integralidade e para o funcionamento adequado do organismo humano e usadas em caráter estrutural¹⁻².

Assim como as vitaminas, os minerais também são micronutrientes presentes que atuam na regulação do metabolismo e a deficiência ou excesso deles no organismo podem causar diversas patologias³.

Há diversas causas para a deficiência de vitaminas e minerais, sendo a principal delas a dieta alimentar. Muitas pessoas não fazem uma alimentação saudável, equilibrada e diversificada, e o problema se agrava quando o sistema de atenção à saúde e educação são precários e faltam outros cuidados relacionados à saúde⁴.

Vitaminas

Vitaminas Lipossolúveis

As vitaminas lipossolúveis não apresentam valor energético e sua ingestão é necessária via alimentação, por meio da dieta diária. Precisam de lipídeos para a sua absorção adequada e dos quilomícrons para seu transporte. Algumas vitaminas lipossolúveis são transportadas por proteínas específicas, como por exemplo, as

vitaminas A e D, outras são ligadas a lipoproteínas, como por exemplo, as vitaminas E e K¹.

A vitamina A (retinóide) refere-se a compostos pré-formados que apresentam atividade metabólica: o retinol, o retinal ou retinaldeído e o ácido retinóico, os quais exibem atividade metabólica e sintética⁵. É pré-formada nos tecidos animais, enquanto nos tecidos vegetais os precursores são os carotenoides associados à clorofila, sendo transformados em vitamina A no organismo⁶.

Devido à estrutura molecular, é estável à luz e ao calor, perdendo-se muito pouco no cozimento. Contudo, é destruída por raios ultravioletas e processos oxidativos. O mais ativo dos carotenoides é o β -caroteno. Sendo uma vitamina lipossolúvel, é insolúvel em água e facilmente solúvel em gorduras e solventes orgânicos⁶.

Em seu processo de absorção, aproximadamente 80% a 90% dessa vitamina é absorvida no intestino delgado, enquanto a assimilação dos carotenoides em retinol é de apenas 50% a 60%. A conversão dos carotenoides em retinol é feita nas células do intestino delgado, passando para a linfa e depois para o sangue, chegando ao fígado cerca de 20% a 40% da vitamina A absorvida. Destaca-se que a vitamina A é essencial para o desenvolvimento e manutenção do tecido epitelial e das membranas mucosas, aos olhos, cérebro, intestino delgado, rins, pulmões, testículos e pele⁵⁻⁶.

A necessidade dessa vitamina foi determinada com base na ingestão que assegurasse uma reserva adequada. A RDA para homens adultos foi fixada em 900 mg/dia de equivalentes de retinol a sua recomendação mínima de EAR é de 627 mg/dia, ajustada para as diferenças no peso corporal médio. Recomenda-se, então, a ingestão necessária para manter um nível apropriado de reservas hepáticas. Ressalta-se que durante a gestação e lactação os níveis de vitamina A ficam elevados, garantindo que essa vitamina seja armazenada pelo feto e esteja presente no leite materno⁷.

Os carotenoides demonstram benefícios ao organismo, principalmente na redução de doenças crônicas, sendo encontrados tanto em alimentos de origem vegetal, como as frutas, hortaliças amarelas, vermelhas e verdes, como também em alimentos de origem animal, como por exemplo, fígado, gema de ovo, leite, atum, queijo e manteiga¹.

Já a vitamina D, conhecida como a vitamina da luz solar, também pode ser considerada um hormônio e apresenta-se na forma de vitamina D₂ (ergocalciferol) e vitamina D₃ (colecalfiferol). Sua principal função é manter as concentrações séricas de cálcio e fósforo em um estado normal capaz de propiciar condições à maioria das funções metabólicas, entre elas a mineralização óssea. Por estar envolvida no crescimento esquelético, a vitamina D torna-se essencial durante a infância e a adolescência⁸.

A regulação de cálcio e fósforo se dá pela eficiência desses minerais no intestino delgado, podendo contribuir com a mineralização óssea, sustentação das funções neuromusculares e com os processos celulares dependentes desses minerais¹.

As concentrações séricas normais de vitamina D promovem a absorção de 30% do cálcio dietético e de 60% a 80% em períodos de crescimento, devido à elevada demanda de cálcio. Sendo assim, a deficiência de vitamina D na infância pode gerar retardo de crescimento, anormalidades ósseas e aumento do risco de fraturas na vida adulta⁸.

A síntese de vitamina D ocorre através da ação dos raios ultravioletas na pele e, por isso, a exposição ao sol de forma controlada e em horários específicos é essencial para a saúde. A síntese de vitamina D na pele é a principal fonte deste nutriente essencial e, mesmo com as diferenças individuais de capacidade de síntese, a produção de vitamina D depende, especialmente, da exposição da pessoa à luz ultravioleta. Assim, os níveis de síntese variam consideravelmente em resposta a fatores geográficos, culturais e estilo de vida⁶.

Com a exposição à iluminação ultravioleta, os seres humanos são capazes de sintetizar a vitamina D3. Já a vitamina D2 é de origem vegetal e é encontrada nos cogumelos selvagens, por exemplo. Por um longo período de tempo pensou-se que as vitaminas D2 e D3 fossem equivalentes e intercambiáveis, porém, as duas formas ajudam a prevenir a deficiência de vitamina D⁸.

A vitamina D3 é sintetizada nos seres humanos quando a radiação ultravioleta da luz solar ou de fontes artificiais atinge as células da pele. Decorridas poucas horas da exposição, 7-deidrocolesterol, a vitamina precursora presente na pele, isomeriza a pré-vitamina D3 e, posteriormente, a vitamina D3. A vitamina D é transportada para o fígado e convertida em 25-hidroxivitamina D3 (calcidiol). Conforme a necessidade, a 25-hidroxivitamina D3 é convertida no rim ao seu ativo hormônio dihidroxivitamina 1,25-D3 (calcitriol) em um processo bem controlado, ou seja, para que possa realizar suas funções, a vitamina D se transforma na forma ativa, através de reações de hidroxilação que ocorrem no rim e fígado⁵.

Quando a produção de vitamina D na pele é insuficiente, as únicas fontes de vitamina D são os alimentos fornecidos por meio de uma dieta equilibrada ou pelo uso de suplementos. A obtenção da vitamina D pela dieta é limitada a um pequeno grupo de alimentos naturais que contém esta vitamina, tais como peixes gordurosos, gema de ovos e produtos lácteos. O leite humano e o leite de vaca não enriquecido tendem a ser fontes de vitamina D. Além disso, é encontrada também em leveduras e cogumelos comestíveis. Essa vitamina é muito estável e não se deteriora quando os alimentos são aquecidos ou armazenados por longos períodos de tempo⁵.

As recomendações nutricionais diárias de vitamina D são difíceis de estabelecer com precisão, visto que é produzida endogenamente e depositada no tecido adiposo por longos períodos e suas necessidades também dependem do consumo dietético de cálcio e fósforo, idade, sexo, pigmentação da pele e exposição solar⁸. A recomendação atual para a ingestão diária de vitamina D é de 200 UI ou 5µg (adultos) até 50 anos e de 400 UI ou 10 µg de acima de 50 até 70 anos. Em idosos recomenda-se uma atenção especial, pois sua capacidade é reduzida, sendo a ingestão de 600 UI/dia para aqueles com idade igual ou superior a 71 anos. O excesso dessa vitamina leva a toxicidade, hipercalcemia e calcificação de tecidos moles^{2, 9, 11, 14 - 5}.

A deficiência de vitamina D em crianças pode levar ao raquitismo, o qual se caracteriza por ossos amolecidos e sujeitos à deformidade. Também pode ocasionar osteomalácia em adultos, causando o enfraquecimento de ossos e dentes, os quais ficam mais suscetíveis a fraturas¹.

A vitamina E, por sua vez, também conhecida como α -tocoferol, é o principal antioxidante da membrana celular, sendo capaz de inibir a ação dos radicais livres e prevenir a propagação da peroxidação lipídica. Possui outras funções, além da sua indiscutível ação antioxidante. Essa vitamina é solúvel em lipídios e necessita desse macronutriente para ser absorvida pelo organismo. Sua via de excreção é a fecal através dos sais biliares e seu local de armazenamento é o tecido adiposo, sendo de extrema importância para o organismo⁵.

A deficiência de vitamina E pode causar anormalidades neurológicas, danos hepáticos e renais. Em humanos a deficiência é rara, mas pode ocorrer principalmente em crianças prematuras de baixo peso, podendo também ocorrer anemia hemolítica em pacientes com problemas de má absorção de lipídeos⁷.

Sua função antioxidante sugere que a vitamina E e os nutrientes a ela relacionados podem ser coletivamente importantes na proteção do organismo e no tratamento de doenças relacionadas ao estresse oxidativo. No entanto, deve-se ter muito cuidado com as afirmações abrangentes sobre os efeitos antioxidantes no organismo. Ressalta-se que essa vitamina é absorvida de forma ineficiente pelo intestino, sendo necessário para a sua absorção, a ação das lipases e da bile⁵.

Além disso, as principais fontes da vitamina E de origem vegetal são os óleos vegetais, os brócolis, o espinafre e o repolho, sendo também encontrada em alimentos de origem animal como os ovos, o leite e o fígado¹⁻².

A RDA de vitamina E é de 15 mg/d para adultos (a partir de 18 anos) de ambos os sexos e o UL é de 1000 mg/d. Não há evidências de efeitos adversos do consumo de vitamina E que ocorrem naturalmente nos alimentos. Entretanto, efeitos adversos de suplementos contendo vitamina E podem incluir toxicidade hemorrágica. O UL para

vitamina E se aplica a qualquer forma de α -tocoferol obtido de suplementos, alimentos fortificados ou uma combinação dos dois^{12, 15}.

A vitamina K foi descoberta como fator anti-hemorrágico e desempenha um papel importante na coagulação sanguínea, formação óssea e na regulação do sistema de enzimas. Se apresenta sob as formas de filoquinona (K_1 -predominante), dihidrofiloquinona (dK), menaquinona (K_2) e menadiona (K_3)¹⁶.

A Filoquinona está presente nos vegetais, sendo os óleos vegetais e as hortaliças suas fontes mais expressivas. A Dihidrofiloquinona é formada durante a hidrogenação comercial de óleos vegetais. A Menaquinona é produzida por bactérias, podendo variar de MK_4 a MK_{13} (série de vitaminas designadas MK_n , sendo n o número de resíduos isoprenoides) estando presente em produtos animais e alimentos fermentados e a Menadiona é um composto sintético a ser convertido em K_2 no intestino¹⁶.

As principais fontes de vitamina K são os vegetais e os óleos, os quais são responsáveis pelo aumento da absorção da filoquinona. Os alimentos folhosos verde-escuros, os preparados à base de óleo, oleaginosas e frutas como o kiwi, o abacate, a uva, a ameixa e o figo contêm teores significativos de vitamina K, enquanto os cereais, grãos, pães e laticínios possuem teores discretos^{2, 16}.

A biodisponibilidade da vitamina K é definida como a proporção da vitamina ingerida que sofre a absorção intestinal e aproveitamento pelo corpo. A absorção da filoquinona é um processo lento influenciado por fatores digestivos. Já a presença de gorduras na dieta possibilita um aumento na absorção (podendo conter de 30-60 μg de dK em 100 g do alimento), possivelmente pelo estímulo da secreção biliar e formação de micelas^{17 - 20}.

Trinta por cento do total do teor da vitamina K nos alimentos se apresentam sob a forma de dK, mas esta é menos ativa biologicamente que a filoquinona. A casca das frutas e dos vegetais parece conter maiores concentrações da vitamina que a polpa. As preparações vegetais secas e congeladas não diferem do conteúdo da vitamina em comparação aos vegetais frescos. A vitamina K presente nos óleos vegetais é estável ao calor, contudo é destruída pela luz, tanto natural quanto fluorescente. Por exemplo, foi verificado que o óleo de canola perde 87% da vitamina K após ser exposto por dois dias à luz solar^{18 - 21}.

O fígado é o principal local de armazenamento dessa vitamina e sua excreção se dá por via fecal⁵. Independentemente da dose consumida, aproximadamente 20% são excretadas pela urina em três dias, enquanto entre 40% e 50% são eliminadas pelas fezes. Esse catabolismo mostra a rápida depleção das reservas hepáticas em pessoas com dieta pobre em vitamina K¹⁶.

Os fatores que interferem em sua absorção são: má absorção gastrointestinal, secreção biliar, doenças específicas, estado nutricional, ingestão insuficiente das fontes dessa vitamina, uso de anticoagulantes cumarínicos, nutrição parenteral total e ingestão de megadoses de vitaminas A e E (antagonistas da vitamina K)¹⁶. A deficiência de vitamina K é rara, porém os recém-nascidos e os neonatos estão mais suscetíveis a essa deficiência que causa hemorragia¹.

A recomendação de AI para adultos é feita a partir de dados de consumo representativos da população norte-americana saudável. Foi estimada em 120 mcg/dia (homens) e 90 mcg/dia (mulheres) a partir de 19 anos. Como não existe registros de efeitos adversos associados ao consumo excessivo dessa vitamina, seja na forma de alimentos ou suplementos, a recomendação do UL ainda não foi definida^{2, 12, 15}.

No tratamento com anticoagulantes orais, o indivíduo deve ter uma ingestão equilibrada e regular da vitamina K. Considerando a idade do paciente, verifica-se nas tabelas de recomendação o total de microgramas de vitamina K indicado ou utiliza-se 1 µg/Kg de peso corpóreo ao dia, que é uma quantidade considerada segura e adequada, pela maioria dos estudos^{16, 19}.

Na Tabela 4 podem ser verificadas as recomendações das vitaminas lipossolúveis, bem como os alimentos fonte.

Tabela 4 - Recomendações de ingestão das vitaminas lipossolúveis e fontes alimentares.

	VITAMINA A	VITAMINA D	VITAMINA E	VITAMINA K
Recomendações de ingestão para gestante:	800 mcg	5 mcg	10 mg	55 mcg
Recomendação de ingestão para crianças:	1-3 anos: 400 mcg 4-6 anos: 450 mcg 7-10 anos: 500 mcg	1-10 anos: 5 mcg	1-6 anos: 5mg 7-10 anos: 7 mg	1-3 anos: 15 mcg 4-6 anos: 20 mcg 7-10 anos: 25 mcg
Recomendação de ingestão para adultos:	600 mcg	5 mcg	10 mg	65 mcg
Recomendação de ingestão para idosos:	Masc.: 900 mcg Fem.: 700 mcg	Masc.: 20 mcg Fem.: 20 mcg	Masc.: 15 mg Fem.: 15 mg	Masc.: 120 mcg Fem.: 90 mcg
Alimentos fonte:	Azeite de dendê; Fígado grelhado; Salsa; Alfafa; Cenoura cozida; Bertalha; Vagem; Caju; Agrião-da-terra; Pimentão-vermelho; Couve; Pêssego; Taioba; Pitanga; Requeijão; Ameixa-vermelha; Manga; Caqui; Óleo de peixe; Ovo de galinha; Brócolis; Espinafre cozido; Abóbora (folhas); Óleo de buriti.	Óleo de fígado de arenque; Gema de ovo; Óleo de fígado de bacalhau; Sardinha enlatada; Camarão; Bacalhau; Creme de leite; Fígado de porco; Manteiga; Queijo; Cereais; Leite.	Óleo de gérmen de trigo; óleo de semente de girassol; Óleo de amêndoa; Óleo de açafrão; Amêndoa seca; Avelã seca; Óleo de milho; Pasta de amendoim; Amendoim torrado seco; castanha-do-brasil seca; Pistache seco; Batata-doce; Abacate; Manga.	Folha de nabo; Óleo de soja; Espinafre cru; Lentilha; Couve-flor crua; Repolho cru; Brócolis; Alface cru; Fígado de boi; Fígado de porco; Farelo de trigo; Fígado de galinha; Aveia seca; Óleo de milho.

Fonte: Adaptado de BRASIL, 2005³⁰; FONTES *et al.*, 2012³¹; FERREIRA *et al.*, 2017³² e MARTINS *et al.*, 2019³³.

Em relação às vitaminas lipossolúveis, vale destacar que as vitaminas A e D, em altas quantidades, podem causar malefícios à saúde. A vitamina A pode se acumular nos tecidos lipídicos em níveis tóxicos e a vitamina D pode resultar em hipercalcemia. Por isso, atenção deve ser dada em casos de suplementação.

Vitaminas Hidrossolúveis

No que se refere ao conceito de vitaminas hidrossolúveis, englobam-se as vitaminas do chamado complexo B e a vitamina C, as quais são compostos essenciais, uma vez que essas substâncias funcionam como coenzimas das diversas rotas metabólicas do organismo. Como não são armazenadas em quantidades necessárias para o desempenho de suas funções, o seu consumo na dieta se faz necessário¹.

Das vitaminas do complexo B, a vitamina B1, conhecida como tiamina, fator antiberibérico e fator antineurítico, tem importante papel no metabolismo de carboidratos. Apresenta ampla distribuição nos alimentos, na maioria em quantidades relativamente baixas, sendo de extrema necessidade o consumo na dieta²².

Essa vitamina é armazenada em pequenas quantidades no organismo, sendo encontrada em grande variedade de alimentos. As fontes alimentares são o levedo, o fígado, as castanhas e a carne de porco magra fresca. Entretanto, os grãos integrais são considerados a fonte mais importante dessa vitamina, além de aves, peixes, gema de ovo, ervilhas, feijões secos, soja e amendoim que também são fontes excelentes da tiamina. Já o leite contém quantidades relativamente baixas dessa vitamina¹.

A deficiência dessa vitamina está associada ao beribéri que pode ou não estar associado à insuficiência cardíaca e edema. Um estado de deficiência é caracterizado por apatia, perda de memória e movimento rítmico dos globos oculares. Uma dieta pobre dessa vitamina associada ao uso prolongado de diuréticos para portadores de problemas cardíacos e hipertensão contribui para a deficiência dessa vitamina¹.

A RDA/AI para vitamina B1 é de 1,2 mg/d para homens adultos e 1,1 mg/d para mulheres adultas. Não se pode afirmar que não haja nenhum efeito adverso associado à tiamina proveniente de alimentos ou suplementos, principalmente em altas doses. Como os dados sobre os efeitos adversos da tiamina são limitados, deve-se ter cuidado ao suplementá-la. Pessoas em tratamento com hemodiálise ou diálise peritoneal, ou indivíduos com síndrome de má absorção podem ter as necessidades de tiamina aumentadas¹⁵.

Em relação às fontes dessa vitamina tem-se as leveduras, farelo de trigo, carnes, ovos, leite e peixes e vegetais folhosos verdes. A síntese dessa vitamina

é realizada por bactérias do cólon, porém seu aproveitamento para o organismo humano é pequeno.

As recomendações dietéticas diárias para vitamina B1 são de RDA/AI de 1,3 mg/d para homens adultos e 1,1 mg/d para mulheres adultas. Os dados sobre os efeitos adversos da riboflavina são limitados¹⁵.

A suplementação dessa vitamina tem influência sobre as retinopatias e as neuropatias do diabetes, sendo a quantidade mínima necessária de riboflavina entre 0,5 à 0,8 mg/dia. Em função do papel central das coenzimas de flavina no metabolismo gerador de energia, as referências de ingestão eram calculadas com base no gasto energético, entre 0,14 e 0,19 mg/MJ (0,6 e 0,8 mg/1.000 kcal). Sua excreção é por via urinária, na forma de glicosídeo. Acredita-se que essa vitamina tem múltiplas funções na produção de hemácias, na gliconeogênese e no crescimento celular²².

A deficiência dessa vitamina ocorre, geralmente, associada à deficiência de outras vitaminas do complexo B, sendo que ela se manifesta após vários meses de privação dessa vitamina e os sintomas incluem a perda da acuidade visual, dermatite, glossite, queilose, estomatite, dor de garganta, edema e hiperemia na orofaringe, rachaduras na pele e nos cantos da boca¹.

A vitamina B₃ ou niacina, por sua vez, foi descoberta em 1867 e está associada ao ácido nicotínico, produzido pela oxidação da nicotina. Sua função metabólica consiste na atuação como componente de coenzimas e na oxidação dos tecidos. Além disso, apresenta estabilidade às temperaturas mais elevadas e, conseqüentemente, não é destruída com o seu aquecimento²².

Os alimentos fonte dessa vitamina são, por exemplo, as carnes magras, carnes de aves, peixes, amendoins e leveduras de cerveja, grãos, cereais integrais, leite e os ovos¹⁵.

A ingestão de vitamina B₃ é essencial para suprir as necessidades diárias, sendo que a necessidade para homem é de 16 mg e 14 mg para mulheres. O consumo adequado dessa vitamina ajuda a diminuir as concentrações de colesterol no sangue e a controlar as concentrações de glicose. Não há evidências de efeitos adversos associados à forma natural de vitamina presente nos alimentos. Porém, os efeitos adversos dos suplementos contendo niacina podem incluir rubor e desconforto gastrointestinal. A UL (35 mg/d) para niacina se aplica a formas sintéticas obtidas de suplementos, alimentos fortificados ou uma combinação de ambos^{2, 15}.

A deficiência dessa vitamina pode ocorrer pela alimentação inadequada ou pelo consumo excessivo de álcool, e isso contribui para a fraqueza muscular, anorexia, ingestão e erupção cutânea. A deficiência grave leva à pelagra, caracterizada por dermatite, demência e diarreia, tremores e lingual amarga, podendo incluir o aparecimento

de lesões dermatológicas em partes do corpo que são expostas ao sol, além de diarreia frequente com evacuações líquidas e de pequeno volume. Perturbações mentais também estão presentes. A pelagra não tratada pode causar a morte^{1, 11}.

A vitamina B5 ou ácido pantotênico possui papel importante no metabolismo e foi identificada na década de 1930 como um fator necessário ao crescimento de leveduras. Atua na produção do colesterol, hormônios e hemácias¹.

O ácido pantotênico está presente nos tecidos vegetais e animais. As fontes mais importantes em dietas mistas são as carnes (principalmente fígado e coração), cogumelos, levedura, rim, coração, salmão, abacate, brócolis, gema de ovo, fermento, couve-flor, leite desnatado e batata-doce. Por causa da sua localização nas camadas externas dos grãos, cerca da metade da vitamina é perdida durante a moagem da farinha. As frutas são relativamente pobres nessa vitamina¹⁵.

O ácido pantotênico é essencial para o metabolismo de ácidos graxos, proteínas e carboidratos. Ele é absorvido independentemente da sua quantidade na dieta. Devido aos estudos insuficientes para a definição da necessidade de ácido pantotênico, apenas a AI foi estabelecida 5 mg/dia para ambos os sexos. Contudo, não foram estabelecidas as necessidades médias de EAR e RDA^{2, 15}.

A deficiência de ácido pantotênico pode ocasionar desordens no sistema nervoso, parestesia nos dedos e sola dos pés, febre, fadiga, depressão e prejuízo na síntese de lipídios e na produção de energia, porém como essa vitamina é bem distribuída, as deficiências são raras¹⁵.

A vitamina B6 exibe atividade biológica na forma de piridoxina, piridoxal e piridoxamina. É estável à luz e solúvel em água, atua como coenzima em reações enzimáticas e está envolvida no metabolismo de aminoácidos. É facilmente absorvida no jejuno e para que ocorra o seu metabolismo é necessário que a riboflavina participe²². Esta vitamina é amplamente distribuída entre alimentos e as principais fontes são amendoim, gema de ovo, banana, abacate, carnes, fígado, nozes e cereais de grão integral¹.

A recomendação dessa vitamina para EAR adulto é de 1,1 mg/dia para ambos os sexos e sua RDA foi estabelecida em 1,3 mg/dia (em adultos homens de 14 a 50 anos e em mulheres de 19 a 50 anos). A partir da faixa etária de 50 anos, a RDA para homens é de 1,7 mg/d e para mulheres é de 1,5 mg/d. Em relação a definição do UL foi determinado 100mg/dia, para adultos de ambos os sexos, considerando os efeitos adversos ocasionados pelo alto consumo dessa vitamina a partir de formas suplementares, que ocasionaram neuropatia sensorial^{2, 15}.

A deficiência dessa vitamina pode levar a anormalidades metabólicas como a uma maior excreção urinária de oxalato gerando cálculos renais. A deficiência grave

pode ocasionar anormalidades ao sistema nervoso central, principalmente epilepsia e pode afetar o metabolismo de aminoácidos²².

A vitamina B₇ ou biotina é conhecida como fortalecedora dos cabelos e das unhas, bem como está envolvida na síntese de ácidos graxos, sendo importante para o crescimento celular e para o metabolismo do ácido fólico, do ácido pantotênico e da vitamina B₁₂. Também está associada à redução da glicemia, o que pode auxiliar no controle do Diabetes Mellitus¹.

A vitamina B₇ pode ser obtida através de vários alimentos, sendo encontrada no leite (humano e de vaca), no fígado, nos cogumelos, nos amendoins, em proteína de soja e ovos (gema), em frutas e vegetais. O conteúdo de biotina não é normalmente relatado na tabela de composição de alimentos¹⁵.

A deficiência dessa vitamina é rara. Sua deficiência pode ocasionar enfraquecimento e queda do cabelo, doenças intestinais inflamatórias, alergia, formação de copos cetônicos e acloridria. A ingestão adequada dessa vitamina de acordo com a RDA é de 30 µg por dia para homens e mulheres adultos^{5, 15}.

No que se refere à vitamina B₉ ou Ácido Fólico, possui papel importante para o organismo, participando em várias reações responsáveis pela formação de proteínas e de hemoglobinas. Está metabolicamente relacionada à vitamina B₁₂, que tem ação na transferência de um carbono simples²².

No que se refere às fontes dessa vitamina, pode-se citar o fígado, os cogumelos e vegetais de folhas verde-escuras como o espinafre, o aspargo e o brócolis, a carne bovina magra, as batatas, grãos, a lentilha, o arroz, o suco de laranja, as nozes e os feijões secos⁵.

A ingestão adequada dessa vitamina de acordo com a RDA é de 400 µg por dia com UL de 1000 µg por dia, para homens e mulheres adultos. Como os dados sobre os efeitos adversos do folato são limitados, é necessário cautela quanto ao seu consumo. O UL para folato se aplica a formas sintéticas obtidas de suplementos e / ou alimentos fortificados^{1, 15}.

Tendo em vista as evidências que relacionam a ingestão de folato com defeitos do tubo neural no feto, é recomendado que todas as mulheres capazes de engravidar consumam 400 µg de suplementos ou alimentos fortificados, além da ingestão de fibra alimentar por meio de uma dieta variada. Presume-se que as mulheres continuarão consumindo 400 µg de suplementos ou alimentos fortificados até que sua gravidez seja confirmada e elas entrem no cuidado pré-natal, o que normalmente ocorre após o final do período periconcepcional, que é o momento crítico para a formação do tubo neural¹⁵.

Dessa forma, a suplementação de folato no início da gestação é de extrema importância, tendo como resultado a diminuição da incidência de defeitos no tubo neural e evitando complicações futuras⁷.

Em relação à sua deficiência, sabe-se que produz defeitos na reprodução celular e alterações na síntese de proteínas, reduzindo, assim, a divisão celular. Os sinais de deficiência em seres humanos incluem a hipersegmentação nuclear dos leucócitos, seguido de anemia megaloblástica, distúrbios gastrointestinais e, durante o desenvolvimento embrionário, pode acarretar danos irreversíveis⁷. Além disso, a deficiência da vitamina B₁₂ causa divisão celular prejudicada, anemia perniciosa ou megaloblástica e problemas neurológicos¹.

Por sua vez, o termo vitamina B₁₂ refere-se à família de substâncias compostas de cobalamina. Essa vitamina é um nutriente essencial para o organismo, está envolvida no metabolismo de lipídeos, carboidratos e proteínas. Além disso, é considerada fundamental para o corpo humano, pois funciona como duas coenzimas, a adenosilcobalamina e a metilcobalamina²².

As fontes mais conhecidas são o fígado, o leite, os ovos, os peixes e os queijos. Quantidades substanciais da vitamina são produzidas pela microbiota do rúmen de diversos animais na presença de quantidade suficiente de cobalto¹.

A ingestão adequada dessa vitamina de acordo com a RDA é de 2,4 µg por dia para homens e mulheres adultos. Para adultos acima de 51 anos recomenda-se a ingestão de alimentos fortificados, sendo a suplementação de extrema importância para os idosos, pois o nível de vitamina B₁₂ diminui de acordo com a idade^{2, 15}.

Já a vitamina C (ácido ascórbico) é, geralmente, adicionada a produtos alimentares para inibir a formação de metabólitos nitrosos carcinogênicos. Os benefícios dessa vitamina obtidos da utilização terapêutica incluem o efeito protetor contra os danos causados pela exposição às radiações e pelos medicamentos, e um possível papel de proteção no desenvolvimento de tumores em humanos^{23, 24}.

Também funciona como um agente que preserva a integridade dos produtos alimentícios, aumentando a sua data de validade e contribuindo como antioxidante. Sua ação principal está na neutralização de radicais livres, mas também é bastante utilizada na estabilização da cor e do sabor de uma ampla variedade de frutas e vegetais processados na forma de sucos, polpas e outras bebidas²⁵.

A vitamina C possui importância fisiológica, visto sua participação em vários eventos como a produção de hormônios e anticorpos, a biossíntese de aminoácidos e a prevenção de escorbuto. É considerada um antioxidante fisiológico versátil, pois exerce ação nos compartimentos intra e extracelulares²⁶.

O ácido ascórbico pode atuar como cofator ou co-substrato para diferentes enzimas. Participa na hidroxilação de prolina e lisina para a biossíntese de colágeno, é usado pela mitocôndria para transferência de elétrons na transmembrana na síntese de ATP, na síntese de norepinefrina, a partir da dopamina; e no metabolismo enzimático da tirosina, atua como um agente redutor para manter o ferro em seu estado ferroso. Além disso, tem ação na conversão do colesterol em ácidos biliares e no metabolismo iônico de minerais²².

A deficiência da vitamina C pode causar o escorbuto, que é caracterizado por fenômenos hemorrágicos, devido ao aumento da permeabilidade da parede de pequenos vasos sanguíneos, pelo decréscimo na excreção urinária, concentração plasmática e tecidual de vitamina C. Dentre os sintomas, pode-se mencionar sangramento, fraqueza, perda de apetite, anemia, edema, inflamação nas gengivas (podendo ocorrer perda dos dentes) e dor. Podem ocorrer também distúrbios neurológicos, como hipocondria, histeria e depressão. Os sintomas desaparecem rapidamente com a administração de doses terapêuticas¹.

Considerando as necessidades humanas quanto ao ácido ascórbico em diferentes idades e visando proporcionar proteção antioxidante, a RDA do adulto 90 mg/dia para homens e 75 mg/dia para mulheres. Por causa do aumento do estresse oxidativo e do *turnover* recomenda-se um adicional diário de 35 mg/dia para os fumantes. Nessas doses houve baixa excreção de metabólitos urinários. O UL foi fixado em 2.000 mg/dia, tornando como base o risco da diarreia osmótica².

Os efeitos adversos gerados pelo consumo excessivo incluem distúrbios gastrointestinais, cálculos renais e absorção excessiva de ferro¹⁵.

Na Tabela 5 podem ser verificadas as recomendações das vitaminas hidrossolúveis e os alimentos fonte.

Como a maior parte das vitaminas hidrossolúveis não é armazenada em quantidades consideráveis no organismo humano, a sua ingestão deve ser regular. Por isso, o nutricionista deve sempre estimular o seu consumo pelos pacientes e ficar atento à oferta destes micronutrientes nas refeições que são produzidas sob sua responsabilidade⁵.

Tabela 5 - Recomendações de ingestão das vitaminas hidrossolúveis e alimentos fonte

	VITAMINA B1	VITAMINA B2	VITAMINA B3	VITAMINA B5	VITAMINA B6	VITAMINA B7	VITAMINA B9	VITAMINA B12	VITAMINA C
Recomendações de ingestão para gestante:	1,4 mg	1,4 mg	18 mg	6 mg	1,9 mg	30 mcg	355 mcg	2,6 mcg	55 mg
Recomendação de ingestão para crianças:	1-3 anos: 0,5 mg 4-6 anos: 0,6 mg 7-10 anos: 0,9 mg	1-3 anos: 0,5 mg 4-6 anos: 0,6 mg 7-10 anos: 0,9 mg	1-3 anos: 6 mg 4-6 anos: 8 mg 7-10 anos: 12 mg	1-3 anos: 2 mg 4-6 anos: 3 mg 7-10 anos: 4 mg	1-6 anos: 0,5 mg 7-10 anos: 1,0 mg	1-3 anos: 8 mcg 4-6 anos: 12 mcg 7-10 anos: 20 mcg	1-3 anos: 95 mcg 4-6 anos: 118 mcg 7-10 anos: 117 mcg	1-3 anos: 0,9mcg 4-6 anos: 1,2 mcg 7-10 anos: 1,8 mcg	1-6 anos: 30 mg 7-10 anos: 35 mg
Recomendação de ingestão para adultos:	1,2 mg	1,3 mg	16 mg	5 mg	1,3 mg	30 mcg	240 mcg	2,4 mcg	45 mg
Recomendação de ingestão para idosos:	Masc.: 1,2 mg Fem.: 1,1 mg	Masc.: 1,3 mg Fem.: 1,1 mg	Masc.: 16 mg Fem.: 14 mg	Masc.: 5 mg Fem.: 5 mg	Masc.: 1,7 mg Fem.: 1,5 mg	Masc.: 30 mcg Fem.: 30 mcg	Masc.: 400 mcg Fem.: 400 mcg	Masc.: 2,4 mcg Fem.: 2,4 mcg	Masc.: 550 mg Fem.: 425 mg
Alimentos fonte:	Levedo de cerveja; Amendoim; Mingau de milho; Farelo de arroz; Biscoito doce (maizena); Presunto; Gérmen de trigo; Lombo de porco cozido; Farinha de trigo integral; Aveia em flocos crua; Farelo de milho; Costela de porco; Feijão-fradinho; Lentilha.	Fígado de boi; Amendoim; Açafrão; Cacau em pó; Farelo de arroz; Farinha láctea; Carne-seca; Coração de boi; Pão francês; Fubá de milho; Ovo de galinha; Castanha-de-caju torrada; Avelã; Amêndoa; Brócolis; Camarão seco; Abacate; Ameixa seca; Batata-inglesa assada; Farinha de mandioca crua.	Peito de frango; Mingau de milho; Amendoim; Coxa de frango assada; Cação (posta cozida); Pescada frita; Carne de boi magra grelhada; Açafrão em pó; Bacalhau; Aveia em flocos; Caju; Caldo de cana; Proteína de soja; Batata-doce cozida; Cenoura Cozida; Folha de abóbora.	Fígado de boi; Fígado de galinha; Farinha de soja; Ovo; Abacate; Farinha de aveia; Frango; logurte integral; Batata-doce; Mamão-papaia; Figos secos; Leite integral; Peru; Suco de laranja; Tomate.	Gérmen de trigo; Farinha de mandioca torrada; Amendoim cru em grãos; Nozes; Batata-inglesa assada; Banana; Alfavaca crua; Chocolate ao leite; Fígado de galinha cozido; Abacate; Soja; Lentilha; Acelga crua; Cenoura; Leite.	Fígado; Cogumelos; Amendoim; Soja; Ovos (gema), Frutas; Vegetais; Queijo; Sardinhas; Leite; Feijões-verdes; Nozes e Amêndoas.	Feijão-malhado; Fígado de galinha cozido; Gérmen de trigo; Feijão-fradinho cozido; Grão-de-bico cozido; Espinafre; Feijão-preto cozido; Feijão-branco cozido; Abacate; Aspargo cozido; Pão integral; Laranja	Fígado de boi; Mexilhões; Ostras cozidas no vapor; Cavala assada; Salmão assado; Carne bovina grelhada; Lombo grelhado; Queijo suíço; Ovo; Leite; Frango.	Pimentão-amarelo; Mandioca; Caju; Pimentão-verde; Manga; Pimenta-vermelha; Fruta-do-conde; Bertalha; Couve; Mamão; Goiaba; Brócolis; Abóbora; Suco de limão; Agrião.

Fonte: Adaptado de BRASIL, 2005³⁰; FONTES *et al.*, 2012³¹; FERREIRA *et al.*, 2017³², MARTINS *et al.*, 2019³³ e INSTITUTE OF MEDICINE³⁵.

Minerais

Os minerais constituem um grupo de elementos largamente distribuídos na natureza e que exercem importante papel em diversas funções do organismo humano²⁷.

Os minerais integram o corpo sob forma sólida por meio da rigidez do esqueleto e dos dentes, e nos tecidos moles e nos músculos atuam como cofatores em vários processos enzimáticos, e sob forma de sais solúveis nos líquidos orgânicos, agindo como eletrólitos, proporcionando a acidez ou a alcalinidade necessária. Logo, são imprescindíveis à manutenção de diversas funções de importância fisiológica, como, por exemplo, na contratilidade muscular, na função nervosa, na coagulação sanguínea, nos processos digestivos, no equilíbrio ácido-básico e no transporte de oxigênio²⁷.

Os minerais são nutrientes inorgânicos que podem ser agrupados em macro e microelementos de acordo com as quantidades requeridas pelo organismo. De todos os minerais presentes na natureza, nem todos são considerados essenciais para a nutrição humana. Essa categorização, entretanto, não reflete a sua importância no organismo^{1, 28}.

De acordo com a IDR (Ingestão Dietética de Referência), os macrominerais são necessários em concentrações superiores a 100 mg/dia para a população adulta e incluem cálcio (Ca), fósforo (P), magnésio (Mg), enxofre (S), sódio (Na), cloro (Cl) e potássio (K) ^{1, 28}.

Os microminerais são necessários em concentrações inferiores a 100 mg/dia para a população adulta e incluem elementos tais como o ferro (Fe), zinco (Zn), iodo (I), selênio (Se), manganês (Mn), cromo (Cr), cobre (Cu), molibdênio (Mo), flúor (F), boro (B), cobalto (Co), silício (Si), alumínio (Al), arsênio (As), estanho (Sn), lítio (Li) e níquel (Ni) ^{1, 28}.

O cálcio é um mineral abundante no organismo. Constitui aproximadamente 1% a 2% do peso corporal e 39% de todos os minerais do corpo. O cálcio é um dos eletrólitos do corpo, mas a maioria do cálcio no corpo não está ionizado¹.

Cerca de 99% do cálcio está nos ossos e dentes (embora os ossos também contenham magnésio, traços de estrôncio e flúor) e o restante pode ser encontrado nas células e no sangue. O cálcio é fundamental para a formação dos ossos e dentes, contração muscular, funcionamento normal de várias enzimas, coagulação sanguínea e ritmo cardíaco normal⁵.

O osso é um tecido dinâmico que devolve o cálcio e outros minerais para o sangue, quando necessário, para manter um nível estável de cálcio na corrente sanguínea. O cálcio presente nos dentes, ao contrário dos ossos, não pode ser mobilizado de volta para o sangue, visto que os minerais dos dentes estão fixados para a vida toda⁵.

Uma dieta com quantidades adequadas de cálcio é fundamental para a manutenção da massa óssea, além de fundamental na estrutura do organismo, na sustentação do esqueleto e na proteção dos órgãos internos^{5, 9, 11}.

O osso serve como reservatório de cálcio e de fósforo para manter as concentrações normais no plasma e no fluido extracelular. O cálcio tem funções fundamentais em todo o organismo, não ficando restrito apenas aos ossos. Aproximadamente 0,6% do cálcio total do organismo está nos tecidos moles (os quais incluem, por exemplo, os vasos sanguíneos, linfáticos, músculos, tecido gorduroso, aponeuroses, tendões, nervos e os tecidos sinoviais). Diversas metaloenzimas, como α -amilase e fosfolipase, contêm cálcio como parte fundamental do seu sítio catalítico. Além disso, a calbindina D é essencial para a absorção intestinal do cálcio e para a reabsorção do filtrado glomerular no rim¹.

O cálcio é absorvido no intestino delgado dos mamíferos por dois mecanismos gerais: um processo de transporte ativo transcelular, localizado principalmente no duodeno e no jejuno superior; e um processo paracelular passivo que funciona por todo o intestino. A absorção pela via de transporte celular envolve três etapas sequenciais: a entrada através da borda em escova, mediada por uma estrutura molecular denominada CaT1, a difusão intracelular, mediada em grande parte pela proteína de ligação do cálcio citosólica, a calbindina D, cuja síntese é dependente da vitamina D; e a extrusão, mediada em grande parte pela CaATPase. Na deficiência desta vitamina, o cálcio entra na célula, mas permanece na borda em escova^{1, 5}.

O cálcio é de suma importância na regulação da contração muscular, visto que a proteína troponina que regula a contratilidade de actina e miosina é dependente de cálcio. Além disso, tanto a hipo quanto a hipercalcemia levam a distúrbios no controle da contração muscular e tetania. Proteínas ligadoras de cálcio são também fundamentais para secreção de hormônios e neurotransmissores, para a adesão celular e para a função das proteínas do citoesqueleto²².

As principais fontes de cálcio são os leites e derivados como o queijo, o sorvete, o iogurte, o tofu, os peixes como salmão, sardinha com ossos, ostras, moluscos, e os vegetais como folhas de nabo e de mostarda, brócolis, couve, leguminosas e frutas desidratadas. As carnes, os cereais e as nozes são, em geral, fontes pobres de cálcio. Se este mineral for ingerido de acordo com as recomendações, evitam-se doenças como a osteoporose, a obesidade, o câncer de cólon e a hipertensão arterial¹.

As carências profundas em cálcio (hipocalcemias) são raras, porém as carências moderadas são frequentes. Os sintomas gerados pela hiperexcitabilidade neuromuscular incluem formigamentos, agulhadas, entorpecimento dos membros e contrações musculares. A nível ósseo, a diminuição da taxa de cálcio no organismo pode ser identificada por sinais de descalcificação, como raquitismo, retardamento do crescimento e osteoporose^{2, 5}.

A RDA de cálcio para adultos é de 1000 mg/dia até 50 anos e de 1200 mg/dia a partir dos 50 anos. A UL é de 1500 mg/dia. Os efeitos adversos do consumo excessivo incluem litíase renal, hipercalcemia e insuficiência renal^{9, 15}.

O fósforo é o segundo mineral em quantidade no organismo, depois do cálcio, e está presente em todas as membranas celulares, bem como integra a estrutura de ossos e dentes dando-lhes maior solidez e auxilia nas funções do sistema nervoso e no metabolismo muscular¹.

O fósforo também faz parte da estrutura química dos fosfolipídios, fosfoglicerídeos, fosfoproteínas, ácidos nucleicos e nucleotídeos, mas a maior concentração ocorre no metabolismo intermediário de açúcares²².

Este mineral está presente no código genético no ácido desoxirribonucleico (DNA) e no ácido ribonucleico (RNA), além de ser requerido para o equilíbrio ácido-base do organismo. Quando em excesso, pode ocasionar problemas como, por exemplo, má circulação sanguínea, hipertensão e sensação de cansaço em músculos e nas pernas. Quando há déficit desse mineral a tendência é apresentar sintomas como dor óssea, problemas metabólicos, taquicardia, perda de memória e resistência à insulina^{1, 2}.

O fósforo está intimamente associado ao cálcio na nutrição humana, visto que os fatores que favorecem ou dificultam a absorção do fósforo são praticamente os mesmos do cálcio. É preciso haver um equilíbrio sérico cálcio-fósforo. Entretanto, suplementos de cálcio ou mesmo elevadas ingestões de cálcio podem comprometer este equilíbrio e alterar a absorção do fósforo^{2, 5}.

O fósforo é encontrado amplamente distribuído nos alimentos. Cerca de 60% são provenientes dos derivados do leite, da carne bovina, dos ovos, das aves e dos peixes. Os alimentos vegetais como os cereais, nozes e leguminosas tem elevadas concentrações de fósforo, além das frutas, chás e café¹.

A RDA de fósforo para adultos é de 700 mg/dia e a UL é de 4000 mg/dia para adultos até 70 anos. Os efeitos adversos do consumo excessivo incluem calcificação metastática, porosidade esquelética e interferência com absorção de cálcio¹⁵.

O magnésio é encontrado em vários alimentos, como frutas, hortaliças, sementes, grãos e derivados. Os alimentos altamente processados têm um menor conteúdo

de magnésio⁵. Este mineral exerce muitas funções no nosso organismo e participa de diversos processos metabólicos, desempenhando um papel importante no normal funcionamento dos músculos (nomeadamente no seu relaxamento) e do sistema nervoso, bem como no batimento cardíaco, no sistema imunitário e na performance cognitiva⁵.

A deficiência dietética de magnésio é relacionada ao aumento da peroxidação lipídica, à diminuição da ação antioxidante, a distúrbios de absorção intestinal, à hiperexcitabilidade muscular e a convulsões⁵.

A RDA de magnésio para homens adultos é de 420 mg/dia e para mulheres é de 320 mg/dia, sendo a UL de 350 mg/dia para ambos os sexos. Não há evidências de efeitos adversos do consumo de magnésio pelo consumo de alimentos. Os efeitos adversos dos suplementos contendo magnésio podem incluir diarreia osmótica. O UL para magnésio representa a ingestão de um agente farmacológico apenas e não inclui a ingestão de alimentos e água¹⁵.

O ferro é reconhecido como nutriente essencial e como cofator para centenas de proteínas e enzimas. Entre os benefícios estão o de dar mais força e energia e auxiliar funções básicas do organismo, auxiliar na síntese de colágeno e de elastina e na manutenção do sistema imunológico².

Um adulto saudável possui cerca de 3,6 g de ferro no seu organismo. Sua deficiência absoluta ou funcional está associada com o comprometimento da síntese de hemoglobina, gerando anemia e redução da oxigenação tecidual. Com a utilização de suplementos de ferro, as altas ingestões podem aumentar o risco de surgimento de diversas doenças crônicas, ou seja, estoques aumentados de ferro são um risco e pode causar danos aos tecidos^{22, 29}.

Levando em conta que seres humanos não apresentam mecanismos para eliminar o excesso desse micronutriente, sua absorção intestinal deve ser muito bem regulada¹.

A hepcidina é um peptídeo rico em cisteína, sintetizado no fígado, envolvida na regulação do metabolismo de ferro⁵. Sua principal função é controlar o ferro plasmático, visto que em uma elevada expressão de hepcidina reduz a quantidade de ferro, enquanto sua baixa expressão eleva a concentração de ferro circulante. A hepcidina exerce sua função por meio da sua ligação à ferroportina, impedindo a saída de ferro das células. Após a formação do complexo hepcidina-ferroportina, este é internalizado e, após degradado nos lisossomas. A ferroportina também é um transportador de outros metais como manganês, zinco e cobalto, mas sua maior afinidade é com o ferro²⁹. Logo, a hepcidina é um peptídeo sintetizado principalmente pelos hepatócitos e, por meio da sua ligação com a ferroportina, regula a absorção de ferro no duodeno e sua liberação das células de estoque²⁹.

O organismo humano obtém ferro de duas maneiras: o ferro exógeno proveniente dos alimentos ingeridos, e o ferro endógeno decorrente da destruição das hemácias¹.

O ferro usado pelo organismo é obtido, principalmente, pela dieta e pela reciclagem de hemácias senescentes. A homeostase do ferro é regulada por dois mecanismos: um intracelular, de acordo com a quantidade de ferro presente na célula, e o outro sistêmico, no qual a hepcidina tem papel de destaque. A descoberta da hepcidina e de seu papel no controle da disponibilização do ferro para os tecidos contribuiu para melhorar a compreensão da fisiopatologia da deficiência de ferro^{5, 29}.

O processo de absorção é dividido em três fases. Na primeira, o ferro solúvel do lúmen é captado pela célula da mucosa, envolvendo receptores específicos, como transportador de metal bivalente para o ferro não heme, e receptores de ferro heme, que promove a absorção do ferro como metaloporfirina intacta. Na segunda fase, dentro da célula da mucosa, o ferro heme sofre ação da heme oxigenase, liberando o ferro da porfirina, e segue a incorporação em compartimentos funcionais ou de armazenamento, como a ferritina. Já na terceira etapa, o ferro é transportado para o plasma através da membrana basolateral (serosa), possivelmente envolvendo um homólogo da ceruloplasmina, ou é removido do organismo quando a célula intestinal é descamada²².

Existem dois tipos de ferro: o animal e o vegetal, heme e não heme. O heme é mais facilmente absorvido no organismo. A melhor fonte de ferro é o fígado, depois os mariscos, as ostras, os cortes bovinos, as aves, os peixes e os ovos. O ferro não heme não é prontamente absorvido pelo organismo, e alimentos como feijão, lentilhas, grão-de-bico, brócolis, espinafre, couve, uva-passa e damasco seco são as suas melhores fontes vegetais. Os produtos de soja também são boas fontes de ferro e de zinco. O leite e seus derivados possuem baixos teores de ferro¹.

Pessoas vegetarianas podem obter ferro suficiente na sua dieta à base de vegetais, porém precisam ingerir quantidades maiores de alimentos ricos em ferro¹. Isso ocorre porque a absorção de ferro não heme é menor para aqueles que consomem dietas vegetarianas do que para aqueles que comem dietas não vegetarianas. Portanto, foi sugerido que a necessidade de ferro para aqueles que consomem uma dieta vegetariana é aproximadamente 2 vezes maior do que para aqueles que consomem uma dieta não vegetariana. A ingestão recomendada assume que 75% do ferro seja de fontes de ferro heme¹⁵.

A RDA de ferro para adultos é de 8mg/dia para homens e de 18 mg/dia para mulheres de 19 a 50 anos e de 8mg/dia a partir de 50 anos. A UL é de 45 mg/dia para ambos os sexos. Os efeitos adversos do consumo excessivo incluem desconforto gastrointestinal¹⁵.

O zinco é considerado um mineral necessário para o funcionamento do sistema imunológico, para a nutrição e, conseqüentemente, para a saúde humana. O nosso organismo não produz zinco, sendo assim, são necessárias fontes externas para seu suprimento¹.

A primeira evidência descrita sobre a importância do zinco teve início em 1869, por meio da avaliação do crescimento de um tipo de fungo, o *Aspergillus niger*. Quarenta anos depois ele foi reconhecido como um nutriente essencial para plantas e animais. As principais características clínicas observadas pela carência desse mineral incluem a baixa estatura e o hipogonadismo, sendo este mineral essencial para crianças. A deficiência de zinco melhora após a suplementação com o mineral⁷.

O zinco é o elemento mais abundante no meio intracelular, depois do potássio e do magnésio, sendo encontrado no citosol, em vesículas, organelas e no núcleo. Sua geometria de coordenação flexível torna-o ideal para o centro ativo de enzimas, visto que essa propriedade contribui para reduzir a energia de ativação da reação enzimática. O zinco presente em altas concentrações nas células pode interferir com outros processos ou inibir proteínas¹.

Diariamente, cerca de 1% da quantidade de zinco corpóreo precisa ser repostada pela dieta, isto é, obtida através do controle estrito dos processos de absorção intestinal de zinco e perda endógena, mediante secreção pancreática e intestinal. Quando a dieta é deficiente em zinco, observa-se aumento marcante da sua absorção intestinal, bem como reduções nas perdas intestinais urinárias²².

O zinco desempenha três importantes papéis biológicos no organismo: catalítico, estrutural e regulatório. Por meio destes, o zinco tem papel crucial no sistema imune, atuando como anti-inflamatório, bem como no sistema de defesa antioxidante¹.

Também é importante na regulação genética e promove uma dobra nos aminoácidos ao seu redor na transição do fator de transcrição IIIA. O zinco, pela formação dessa dobra, permite que essa região se ligue à sequência de DNA na região promotora do gene. Portanto, sem o zinco, a transição do fator não poderia se ligar ao DNA e estimular a transição do gene. Logo, o zinco atua como componente essencial de enzimas responsáveis pela manutenção da integridade estrutural de proteínas e pela regulação da informação genética, entre outras funções importantes¹.

A RDA de zinco é de 11 mg/dia e 8 mg/dia para homens e mulheres, respectivamente⁷. A UL é de 40 mg/dia para ambos os sexos. A absorção de zinco é menor para os indivíduos que consomem dietas vegetarianas, sendo indicado a ingestão aproximadamente 2 vezes maior do que para aqueles que consomem uma dieta não vegetariana¹⁵.

O cobre tem funções orgânicas específicas por ser constituinte de enzimas antioxidantes, como a Cu-Zn superóxido dismutase, lisiloxidase, citocromo-c oxidase, dopamina β -hidroxilase e ceruloplasmina, entre outras. O envolvimento considerável do cobre no metabolismo esquelético, no sistema imunológico e na diminuição do risco de doenças cardiovasculares constitui a tríade de maior importância nas discussões relativas a este mineral e à nutrição humana²².

O cobre é componente de várias enzimas, as quais desempenham importantes funções no organismo. A EAR de cobre em adultos é de 700 mcg/dia e a RDA, 900 mcg/dia, o UL para adultos foi fixado em 10 mg/dia, considerando o risco de efeitos adversos², que incluem efeitos relacionados ao consumo excessivo como desconforto gastrointestinal e danos ao fígado¹⁵.

Os mariscos, as nozes, as leguminosas, o farelo e o germe de cereais e o fígado são exemplos de fontes de cobre. A maioria das carnes, dos cogumelos, dos tomates, das frutas secas, das bananas, das batatas e das uvas têm quantidades moderadas. Leite de vaca e produtos lácteos, galinha, peixes, frutas e hortaliças são pobres em cobre¹.

As concentrações séricas de cobre e de ceruloplasmina são importantes como biomarcadores para acessar o estado do cobre em populações. Indicadores da concentração de cobre mais sensíveis, como enzimas contendo cobre em células sanguíneas são necessários. No que tange à deficiência de cobre, esta é caracterizada por anemia, neutropenia e anormalidades esqueléticas, principalmente desmineralização. Também podem ocorrer hemorragias subperiosteais, despigmentação da pele e do cabelo e formação de elastina defeituosa. A neutropenia e a leucopenia são as melhores indicações precoces da deficiência de cobre em crianças⁵.

O selênio é um mineral essencial para o homem em microquantidade. O selênio foi descoberto em 1817 e, de início, foi considerado cancerígeno e altamente tóxico para a saúde humana²².

O selênio auxilia na defesa contra o estresse oxidativo e na regulação da ação do hormônio tireoidiano, bem como na redução e no estado de oxidação da vitamina C e outras moléculas¹⁵.

Como selenometionina ou selenocisteína é encontrado em proteínas que estão amplamente distribuídas no organismo. A glutathione peroxidase (GSH-Px) celular foi encontrada em quase todas as células. A GSH-Px atua juntamente com outros antioxidantes para diminuir os peróxidos celulares e os radicais livres em geral, na água e em outras moléculas não prejudiciais. Essa família de enzimas ajuda a fornecer uma reserva de selênio nas proteínas que pode ser removida quando necessário. Uma grande parte das alterações patológicas causadas pela deficiência de selênio pode ser explicada com base nas concentrações inadequadas de enzimas GSH-Px⁵.

O conteúdo de selênio nos alimentos varia de acordo com o teor desse mineral no solo onde a planta foi cultivada ou o animal foi criado, de forma que o mesmo alimento pode apresentar variações de até 10 vezes no seu conteúdo em selênio, dependendo da região onde foi produzido. As vísceras e os frutos do mar contêm cerca de 40 ug a 150 ug/100g desse mineral; as carnes vermelhas, de 10 ug a 40 ug/100g; os grãos e os cereais, de 10 ug a 80 ug/100g; os produtos lácteos, de 10 ug a 30 ug/100g; e as frutas e hortaliças, menos de 10 ug/100g. A castanha-do-brasil contém cerca de 1.200 ug/100g (12 ug/g), sendo uma das maiores fontes de selênio na alimentação¹.

A RDA para selênio é de 55 µg/d para adultos e a UL é de 400 µg/d. O consumo excessivo pode causar fragilidade e perda de cabelo e unhas^{10, 15}.

Em relação ao iodo, o corpo humano contém de 15 mg a 20 mg de iodo, dos quais 70% a 80% estão na glândula tireoide. A função nutricional primordial do iodo é como componente dos hormônios da tireoide, os quais são essenciais aos mamíferos, por regularem a taxa metabólica, calorigênese, termorregulação, crescimento, desenvolvimento de diversos órgãos, síntese proteica e atividade enzimática¹.

O iodo proveniente da dieta é necessário para a síntese de hormônios tireoidianos, é armazenado na glândula tireoide, na qual é utilizado na síntese de triiodotironina (T3) e na tiroxina (T4). O hormônio tireoidiano é degradado nas células-alvo e no fígado e o iodo é altamente conservado sob condições normais. O selênio é importante para o metabolismo de iodo devido à sua presença como enzima responsável pela formação de T3 ativa, a partir da tiroglobulina armazenada na glândula tireoide, quando o T4 plasmático diminui, a secreção de TSH (hormônio estimulador da tireoide) aumenta, consequentemente, a captação do iodo vai aumentar⁵.

Sua principal via de excreção é a urinária, que contém a maior parte do iodo vindo da dieta. O iodo está presente nos alimentos predominantes como íons iodeto, uma forma inorgânica. As fontes de iodo são os alimentos de origem marinha, mas em geral, são consumidos em pequenas quantidades. O sal iodado, o leite e os ovos são as principais fontes alimentares de iodo. As carnes e os cereais compreendem as fontes secundárias e os produtos vegetais são geralmente pobres em iodo²².

A RDA de iodo para adultos é de 150 µg/dia e a UL é de 1100 µg/dia para ambos os eixos. Os efeitos adversos do consumo excessivo incluem a elevação da concentração do TSH^{14, 15}.

Indivíduos com doença autoimune da tireoide, deficiência prévia de iodo ou bócio nodular são distintamente suscetíveis aos efeitos adversos da ingestão excessiva de iodo. Portanto, os indivíduos com essas condições podem não estar protegidos pelo UL para a ingestão de iodo pela população em geral¹⁵.

O cromo possui a absorção de suas formas orgânica e inorgânica de modo diferente. O cromo orgânico é prontamente absorvido e é rapidamente eliminado do organismo. Menos de 2% do cromo trivalente consumido é absorvido. O cromo influencia no metabolismo de carboidratos e sua absorção é intensificada pelo oxalato, sendo maior em animais deficientes em ferro do que em animais com estado nutricional de ferro adequado, sugerindo que ele possui algumas similaridades com a via de absorção de ferro⁵.

O cromo foi documentado primeiramente em 1977. Destaca-se que há uma associação entre diabetes tipo 2 e baixas concentrações de cromo nos cabelos e unhas²².

A quantidade de cromo nos alimentos é muito variável e dependente das condições geográficas. Esses fatores contribuem para a falta de informação nas tabelas de composição alimentar e, conseqüentemente, dificulta o conhecimento acerca do consumo alimentar de cromo¹.

Os cereais, as carnes, as aves e os peixes são exemplos de fontes de cromo. A RDA para homens é de 35 µg/dia (de 19 a 50 anos) e 30 µg/dia (acima de 50 anos) e para mulheres é de 25 µg/dia (de 19 a 50 anos) e 20 µg/dia (acima de 50 anos). Os efeitos adversos do consumo excessivo incluem insuficiência renal crônica¹⁵.

O molibdênio tem sido considerado como um micronutriente essencial, particularmente, devido à sua necessidade na enzima xantina oxidase⁵. Aparentemente atua como cofator de um número limitado de enzimas como a sulfito oxidase, xantina oxidase e aldeído oxidase. Essas enzimas estão envolvidas no catabolismo de aminoácidos sulfurados e compostos heterocíclicos, incluindo purinas e pirimidinas. A essencialidade do molibdênio é baseada no defeito genético que impede a síntese de sulfito oxidase. Como o sulfito não é oxidado para sulfato, ocorre um dano neurológico extremamente grave que pode levar à morte do recém-nascido²².

O conteúdo de molibdênio nos alimentos de origem vegetal varia com as condições do solo onde são produzidos. As leguminosas são as principais fontes de molibdênio, assim como os grãos e as nozes. Os produtos de origem animal e a maioria das frutas e hortaliças são pobres em molibdênio¹.

A RDA para adultos é de 45 µg/dia e a UL é de 2000 µg/dia. Os indivíduos com deficiência na ingestão de cobre na dieta ou com alguma disfunção no metabolismo do cobre que os torne deficientes em cobre podem apresentar risco aumentado de toxicidade por molibdênio¹⁵.

O flúor é um elemento natural encontrado em quase toda água potável e no solo, apesar de seu teor sofrer variações. A água de alguns poços, por exemplo, possui

mais flúor do que a de outros, de modo que as famílias que usam água de poço precisam monitorar as concentrações de flúor periodicamente para se certificarem de que não estejam ingerindo uma quantidade considerada tóxica. Apesar de o flúor não ser considerado um elemento essencial, este ânion é tido como importante para a saúde dos ossos e dentes⁵.

O papel do flúor é de grande importância na prevenção da cárie dental. O IOM (Institute of Medicine) e o FNB (Food and Nutrition Board) definiu a AI de flúor com base em seu efeito cariostático e a ingestão de populações norte-americanas que consomem água fluoretada. Para o adulto foi estimada em 4mg/dia e 3mg/dia para homens e mulheres, respectivamente. O UL (10mg/dia) foi determinado levando-se em conta o risco de fluorose².

A concentração de flúor na maioria dos alimentos é inferior a 0,05mg/100g, com exceção da água fluoretada (0,7 a 1,2mg/L), de bebidas e de fórmulas infantis preparadas ou reconstituídas com água fluoretada, além de chás (0,1 a 0,6mg/mL) e de alguns peixes marinhos (0,01 a 2,7mg/100g) ¹.

Quanto ao boro, ainda não foi estabelecida a essencialidade para os seres humanos, mas para os vegetais e animais é amplamente aceita. O boro, um elemento ultratraço, obtido a partir de alimentos como o borato de sódio, sendo rápido e quase completamente (90%) absorvido. As maiores concentrações de boro são encontradas no osso, no baço e na tireoide, embora esteja presente em todos os outros tecidos do corpo⁵.

O boro é encontrado em produtos e bebidas à base de frutas, tubérculos e leguminosas. Dependendo da localização geográfica, a água pode contribuir como fonte de boro para a alimentação. Teores muito baixos são encontrados em carnes e outros produtos de origem animal, bem como em grãos e condimentos¹.

Na Tabela 6 podem ser verificadas as recomendações para alguns minerais e os alimentos fonte.

Quanto a prescrição de minerais, seja por meio de alimentos fonte ou por meio de suplementos, o Nutricionista deve se atentar que minerais podem ter interações negativas entre eles, o que poderia afetar a absorção, transporte, utilização e armazenamento⁵.

Tabela 6 - Recomendações de ingestão de alguns minerais e alimentos fonte.

	CALCIO	FÓSFORO	MAGNÉSIO	VITAMINA B6	COBRE	ZINCO	IODO	POTÁSSIO
Recomendações de ingestão para gestante:	1200 mg	1025 mg	220 mg	27 mg	1000 mcg	11 mg	220 mcg	4,7g
Recomendação de ingestão para crianças:	1-3 anos: 500 mg 4-6 anos: 600 mg 7-10 anos: 700 mg	1-3 anos: 460 mg 4-6 anos: 500 mg 7-10 anos: 1250 mg	1-3 anos: 60 mg 4-6 anos: 73 mg 7-10 anos: 100 mg	1-6 anos: 6 mg 7-10 anos: 9 mg	1-3 anos: 340mcg 4-10 anos: 440 mcg	1-3 anos: 4,1 mg 4-6 anos: 5,1 mg 7-10 anos: 5,6 mg	1-3 anos: 75 mcg 4-6 anos: 110 mcg 7-10 anos: 100 mcg	1-3 anos: 3,0 g 4-8 anos: 3,8 g
Recomendação de ingestão para adultos:	1000 mg	700 mg	260 mg	14 mg	900 mcg	10 mg	130 mcg	4,7 g
Recomendação de ingestão para idosos:	Masc.: 20 mg Fem.: 20 mg	Masc.: 700 mg Fem.: 700 mg	Masc.: 420 mg Fem.: 320 mg	Masc.: 20 mcg Fem.: 20 mcg	Masc.: 20 mcg Fem.: 20 mcg	Masc.: 11 mg Fem.: 8 mg	Masc.: 150 mcg Fem.: 150 mcg	Masc.: 4,7 g Fem.: 4,7 g
Alimentos fonte:	Leite de vaca desnatado em pó; Queijo parmesão; Queijo prato; Queijo minas; Sardinha em latas (com óleo); Manjuba; Amêndoas; Gergelim; Sardinha; Aveia; Pescada frita; Corvina; Couve-manteiga; Avelã; Requeijão; Alface crua; Ricota; Leite fermentado; Manjerição; Castanha-do-brasil; Agrião.	Levedo de cerveja; Sementes de abóbora; Gérmen de trigo; Bacalhau; Castanha-do-brasil; Queijo parmesão; Farinha de soja; Queijo gorgonzola; Semente de linhaça; Sardinha assada; Castanha-de-caju; Farinha de centeio; Gema de ovo; Pescada frita; Requeijão; Fígado grelhado; Amendoim.	Salsa; Cebola; Semente de linhaça; Farinha de soja; Castanha-de-caju; Soja; Espinafre refogado; Figo; Ostra; Feijão-fradinho; Linguado; Amêndoa; Alfavaca; Cavalinha; Espinafre; Grão-de-bico; abacate; Tamarindo; Manjerição; Nozes; Quiabo; Fubá; Jaca; Uva-passa; Maracujá; Mamão-papaia; Merluza assada; Banana-ouro; Couve-manteiga.	Melado; Farinha de soja; Açaí; Farinha de rosca; Coração de frango grelhado; Folha de abóbora; Castanha-de-caju; Semente de linhaça; Aveia em flocos; Cereal matinal de milho com açúcar; Sardinha em lata (com óleo); Ovo de codorna; Picanha grelhada; Salsa; Folhas de beterraba; Pão de milho; Pimentão maduro cru; Ameixa em calda; Agrião; Beterraba crua.	Fígado grelhado; Castanha-de-caju; Farinha de soja; Semente de linhaça; Melado; Chocolate meio amargo; Farinha de centeio; Aipo; Chocolate ao leite; Coração de frango grelhado; Tamarindo; Farinha de milho; Farinha de rosca; Figo em calda; Salsa; Feijão-preto; Maracujá; Romã; Lentilha; Queijo parmesão; Kiwi; Uva-íthalia.	Ostra crua; Agrião; Farelo de trigo; Pasta de gergelim; Cogumelos frescos; Semente de abóbora; Broto de alfafa; Escarola; Farinha de arroz; Carne moída; Contrafilé grelhado; Salsinha fresca; Carne assada; Acelga; Lambari; Lentilha; Espinafre; Pão de trigo; Salsa; Aveia; Gema de ovo.	Ovo frito; Suflê de queijo; Creme de espinafre; Bolo de chocolate; Morango; Almôndega de carne frita; Purê de batata; Pêssego.	Farinha de Soja; Semente de linhaça; Tamarindo; Amêndoa torrada; Batata-baroa; Amendoim cru; Almôndega frita; Chicória; Romã; Sardinha; frita; Melão; Salmão cozido; Batata-inglesa; Beterraba crua; Almeirão; Merluza assada; Maracujá; Banana-prata; Abacate; Banana-d'água; Couve; Fígado de boi grelhado; Feijão-preto cozido; Carne moída; Brócolis cozido.

Fonte: Adaptado de BRASIL, 2005³⁰; FONTES *et al.*, 2012³¹; FERREIRA *et al.*, 2017³² e MARTINS *et al.*, 2019³³.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. COSTA, N. M. B.; PELUZIO, M. C. G. **Nutrição Básica e Metabolismo**, 1ª edição p121, 2008.
2. CUPPARI, L. **Nutrição Clínica no Adulto. Guias de Medicina Ambulatorial e Hospitalar - Nutrição – Nutrição Clínica no Adulto**. 3ª Ed. 2014.
3. PETTA, S. *et al.* Lowvitamin D serum level is related to severe fibrosis and low responsive ness to interferon-based therapy in genotype 1 chronichepatitis C. **Hepatology**, v. 51, n. 4, p. 1158–1167, abr. 2010.
4. LOBO, A. S.; TRAMONTE, V. L. C. Efeitos da fortificação e da suplementação de alimentos sobre a biodisponibilidade de minerais, **Rev. Nutr.**, Campinas, v.17, n. 1, p. 107-113, jan./mar. 2004.
5. MAHAN, L. K.; STUMP, S. E.; RAYMOND, J. L. **Krause Alimentos, Nutrição e Dietoterapia**, 13ª edição, 2012.
6. COSTA, E. A. **Manual de Nutrientes: prevenção das doenças através dos alimentos**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2002.
7. COZZOLINO, S. M. F. **Biodisponibilidade de Nutrientes**, 5ªedição, 2016.
8. BUENO, A. L.; CZEPIELEWSKI, M. A. A importância do consumo dietético de cálcio e vitamina D no crescimento. **Jornal de Pediatria**, v. 84, n. 5, p. 386-394, 2008.
9. INSTITUTE OF MEDICINE (US) STANDING COMMITTEE ON THE SCIENTIFIC EVALUATION OF DIETARY REFERENCE INTAKES *et al.* **Dietary reference intakes. In: Dietary Reference Intakes for Calcium, Phosphorus, Magnesium, Vitamin D, and Fluoride**. National Academies Press (US), 1997.
10. INSTITUTE OF MEDICINE. **Dietary reference intakes for vitamin C, vitamin E, selenium, and carotenoids**. Washington (DC): National Academy Press; 2000.
11. INSTITUTE OF MEDICINE. **Dietary reference intakes: applications in dietary planning**. Washington (DC): National Academy Press; 2003.
12. INSTITUTE OF MEDICINE. **Dietary reference intakes for thiamin, riboflavin, niacin, vitamin B6, folate, vitamin B12, pantothenic acid, biotin, andcholine**. Washington (DC): National Academy Press; 1998.

13. INSTITUTE OF MEDICINE. **Dietary reference intakes for water, potassium, sodium, chloride, and sulfate.** Washington (DC): National Academy Press; 2004.
14. INSTITUTE OF MEDICINE. **Dietary reference intakes: the essential guide to nutrient requirements.** Washington (DC): National Academy Press; 2006.
15. PADOVANI, R. M.; AMAYA-FARFÁN, J.; COLUGNATI, F. A. B.; DOMENE, S. M. A. Dietary reference intakes: application of tables in nutritional studies. **Rev. Nutr., Campinas**, v. 19, n. 6, p. 741-760, nov./dez., 2006.
16. KLACK, K.; CARVALHO, J. F. Vitamina K: metabolismo, fontes e interação com o anticoagulante varfarina. **Rev. Bras. Reumatol.**, São Paulo, v. 46, n. 6, p. 398-406, Dec. 2006.
17. BOOTH, S. L. Vitamin K: another reason to eat your greens. **USDA Agr Res Servv.** 48, p.16-7, 2000.
18. DORES, S. M. C.; PAIVA, S. A. R.; CAMPANA, A. O. Vitamina K: metabolismo e nutrição. **Rev Nutr v.** 14, p. 207-18, 2001.
19. DAMON, M.; ZHANG, N. Z.; HAYTOWITZ, D. B.; BOOTH, S. L. Pylloquinone (vitamin K1) content of vegetables. **J Food Compand An v.** 18, p. 751-8, 2005.
20. FERLAND, G.; SADOWSKY, J. A. The vitamin K1 (phylloquinone) content of edible oils: effects of heating and light exposure. **J Agr Food Chem v.** 40, p. 1869-73, 1992.
21. MOURÃO, D. M.; SALES, N. S.; COELHO, S. B.; SANTANA, H. M. P. Biodisponibilidade de vitaminas lipossolúveis. **Rev Nutr v.** 18, p. 529-39, 2005.
22. COZZOLINO, S. M. F. **Biodisponibilidade de Nutrientes**, 4ª edição p14, 2012.
23. ALBERTS, B.; JOHNSON, A.; LEWIS, J.; RAFF, M.; ROBERTS, K.; WALTER, P. **Biologia Molecular da Célula.** 5 ed. Porto Alegre: Artmed, 55 p. 2010.
24. MORAES, F. P.; COLLA, L. M. Alimentos Funcionais e Nutracêuticos: Definições, legislação e benefícios a saúde. **Revista Eletrônica de Farmácia.** v. 3, n. 2, 109-122, 2006.
25. RIGHETTO, A. M. **Caracterização físico-química e estabilidade de suco de acerola verde micro encapsulado por atomização e liofilização.** 2003 (Tese de Doutorado em Ciência da Nutrição). Universidade Estadual de Campinas, São Paulo 151p.
26. GONÇALVES, A. E. S. S. **Avaliação da capacidade antioxidante de frutos e polpas de frutas nativas e determinação dos teores de flavonoides e vitamina C.** Dissertação (Mestre em Ciência dos Alimentos). Universidade de São Paulo. Faculdade de Ciências Farmacêuticas. São Paulo, p.15, 2008.

27. FRANCO, G. **Tabela de Composição Química dos Alimentos**, 90ª edição, 2017.
28. SPADA, P. D. S.; BORTOLINI, G. V.; P. R. A, D.; SANTOS, C. E. I.; DIAS, J. F.; HENRIQUES, J. A.; SALVADOR, M. Macro and microminerals: are frozen fruits a good source. **An Acad Bras Cienc**. V. 82, n.4, p. 861, 2010.
29. ANTUNES, A. S.; CANZIANI, M. E. F. Hepcidina: um importante regulador do metabolismo de ferro na doença renal crônica. **J Bras Nefrol**, v. 38, n. 3, p. 351-5, 2016.
30. BRASIL. Resolução ANVISA/MS RDC nº 269, de 22 de setembro de 2005. Regulamento Técnico sobre Ingestão Diária Recomendada (IDR) para Proteína, Vitaminas e Minerais. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 26 set. 2005.
31. FONTES, G. A. V.; MELLO, A. L.; SAMPAIO, L. R. **Manual de Avaliação Nutricional e Necessidade Energética de Crianças e Adolescentes**. Editora da Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2012.
32. FERREIRA, W.; SILVA, A. L. G. M.; REIS, N. T. Fontes Alimentares de Vitaminas, Minerais e outros Elementos. IN: Lima, L. C.; Gonzales, M. C. **Nutrição Clínica no Dia a Dia**. 2. ed. Castelo. Rio de Janeiro: Rubi, 2017.p. 215- 233.
33. MARTINS, T. J. G. et al. **Diretriz Braspen de Terapia Nutricional no Envelhecimento. Braspen Journal**. São Paulo, v. 34. p. 2- 58, 2019.
34. PASCHOAL, V.; MARQUES, N.; BRIMBERG, P.; DINIZ, S. **Suplementação Funcional Magistral: dos nutrientes aos compostos bioativos**. São Paulo: Valeria Paschoal Editora Ltda, 2008. p.496.
35. INSTITUTE OF MEDICINE. **Food and Nutrition Board. Dietary Reference intakes for thiamin, riboflavin, niacin, vitamin B6, folate, vitamin B12, panthotenic acid, biotin and choline**. Washington: National Academy Press, 1998.

Substâncias Antioxidantes Naturais

Sílvia Menezes de Faria Pereira

Nas últimas décadas, com a transição epidemiológica e com novos padrões de consumo, um estilo de vida novo foi adotado¹.

Neste sentido, observou-se a necessidade de investir em estudos que visam descobrir maneiras sustentáveis de evitar doenças crônicas não-transmissíveis (DCNT), visto que houve um aumento do número de diagnósticos. Portanto, os alimentos, além de seguros e atrativos, ocupam um papel considerável na prevenção de doenças crônicas e na manutenção do bem-estar físico e mental¹.

O fato de que dietas ricas em vegetais, como a da população mediterrânea contemporânea e da população asiática, diminuem o risco das DCNT, conduziu estudos que identificaram substâncias nutrientes e não nutrientes, presentes em alvos fisiológicos específicos e que, conseqüentemente, interferem nos processos de patogênese dessas doenças. Essas evidências resultaram, entre outras ações, em alterações nas recomendações dos guias alimentares, os quais indicaram um consumo de maiores porções de frutas e de hortaliças na dieta. Alimentos de origem vegetal são fontes de energia, proteína, vitaminas e minerais e a única ou principal fonte de vitamina C, folato, fibras e compostos bioativos (CBAs), dos quais o metabolismo humano também é dependente.

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), do Ministério da Saúde, prescreve as considerações de propriedades funcionais admitidas para alimentos, com padronização das informações e propriedades anunciadas nos rótulos. Não é aceita alegação para o ingrediente do alimento, entretanto, é permitida para o produto que tenha tal ingrediente na formulação, devendo adequar-se às exigências da Resolução nº 18/1999, que contém as diretrizes básicas para análise e para a comprovação de propriedades funcionais em rotulagem de alimentos. Dentre as principais imposições está a comprovação da aplicabilidade da alegação para o produto em estudo, avaliando a formulação e características do mesmo, ou seja, para fazer uso

de alguma declaração dentre as aprovadas na lista da Anvisa a empresa necessitará solicitar aprovação no órgão. Adicionalmente, deve ser considerada a conformidade da concentração do ingrediente funcional na porção do alimento, concordante com a Resolução RDC nº359/2003².

Os alimentos funcionais, além de incluírem os nutrientes essenciais, possuem outros componentes não nutritivos que executam efeitos fisiológicos importantes, proporcionando a saúde aos indivíduos que os consomem. Os efeitos positivos, em sua maioria, estão relacionados à presença de substâncias bioativas com propriedades específicas, como: ações antioxidantes, anti-inflamatórias e imunomodulatórias³.

Desta forma, houve um considerável interesse pelas adversidades relacionadas ao estresse oxidativo e a geração de radicais livres, que podem ocasionar exacerbação e surgimento de diversas patologias por causarem a injúria celular⁴.

O estresse oxidativo é compreendido como um desbalanceamento de radicais livres, que sobrepõem a proteção antioxidante do organismo, causando prejuízos oxidativos às células. Esses danos podem proporcionar a formação de compostos mutagênicos e o desencadeamento de processos inflamatórios, entre outros aspectos que estão diretamente ligados ao desenvolvimento de patologias como câncer, diabetes e doenças cardiovasculares. Com o intuito de modificar ou eliminar os radicais livres e impedir seus efeitos maléficos, o organismo humano possui sistemas antioxidantes que agem sob diferentes mecanismos. Esses sistemas compreendem as vias endógenas, principalmente as enzimáticas, e as exógenas, constituídas basicamente pelos antioxidantes oriundos da alimentação⁵.

Com relação aos sistemas antioxidantes exógenos, adicionalmente ao entendimento dos mecanismos pelos quais as substâncias relacionam-se com os radicais livres, é relevante identificar as principais fontes alimentares dessas substâncias, ainda que seja um grande desafio, considerando a variedade de estruturas químicas e propriedades que compreendem. Pode ser útil para orientações que buscam entender, avaliar, otimizar e educar sobre as vantagens dessas substâncias para a saúde humana⁵.

Os radicais livres são espécies reativas de oxigênio e/ou nitrogênio que podem executar funções benéficas ou deletérias no organismo. No entanto, o excesso deles pode levar à diversas condições, como mutações, a ruptura da membrana celular e a morte celular, que são frequentemente associadas ao surgimento de DCNT e ao envelhecimento celular⁶.

Logo, a importância do estudo dos alimentos com capacidade de neutralizar os radicais livres e monitorar o estresse oxidativo. As moléculas antioxidantes apresentam a capacidade de capturar os radicais livres e impedir a propagação dos efeitos

deletérios. Os principais compostos descritos na literatura são as vitaminas C, E e A, os carotenoides e os flavonoides e a grande maioria dos antioxidantes naturais é encontrada em fontes de origem vegetal⁶.

O grupo de antioxidantes faz parte do sistema de defesa, favorecendo na manutenção da homeostasia oxidativa. São substâncias presentes em baixas concentrações, quando comparadas a do substrato oxidável, entretanto, possuem a capacidade de retardar ou impedir a oxidação, diminuindo as lesões causadas pelas espécies reativas nas células, sendo produzidos pela própria célula ou obtidos por meio da alimentação. A classificação mais recomendada divide os antioxidantes em dois sistemas: o enzimático e o não-enzimático⁷.

O sistema de defesa enzimático engloba as enzimas Superóxido Dismutase (SOD), a Catalase (CAT) e a Glutathione Peroxidase (GPx). Estas enzimas agem evitando, impedindo ou controlando a formação das espécies reativas ao oxigênio. O sistema de defesa não-enzimático compreende, especialmente, os compostos antioxidantes de origem dietética. Pode-se destacar a vitamina C, também denominada ácido ascórbico, e a vitamina E, por serem potencialmente antioxidantes⁸.

A vitamina C é um potente agente redutor que protege contra a peroxidação lipídica, a oxidação de proteínas, a oxidação de DNA, o declínio cognitivo e alguns tipos de câncer. O papel do estresse oxidativo na etiologia da Doença de Alzheimer tem sido exposto e os estudos têm direcionado sua atenção na redução desse dano por meio do consumo de antioxidantes⁹.

Adicionalmente da função antiescorbútica, a vitamina C é hidrossolúvel e participante de múltiplas funções biológicas, como na absorção do ferro dietético. É um forte agente redutor com capacidade de eliminar espécies altamente reativas de oxigênio, sendo naturalmente encontrado, em particular, em frutas cítricas. Sua administração oral está associada a uma restrição de risco para certos tipos de câncer, doenças cardiovasculares e cataratas, bem como na cicatrização de feridas e modulação do sistema imunológico. Já a forma tópica tem sido utilizada para prevenir os danos causados pelo sol e para o tratamento de melasma, de estrias e de eritema pós-operatório em pacientes tratados com laser. Também, auxilia as células do organismo a desenvolverem e permanecerem saudáveis, principalmente as células dos ossos, dentes, gengivas e dos vasos sanguíneos⁴.

Além disso, a vitamina C é importante no combate a infecções, pode atuar na absorção do ferro, diminuir o nível de triglicerídeos e de colesterol, como também fortalecer o Sistema imunológico (contra resfriados, por exemplo). São exemplos de alimentos com elevado teor de vitamina C: a goiaba, o caju, a manga, a laranja, entre outros⁴.

A vitamina E, denominada α -tocoferol, é o principal elemento de combate ao envelhecimento cutâneo. É um poderoso antioxidante lipossolúvel que atua nas camadas mais adiposas do tecido. Dessa maneira, ela pode agir na gordura do cérebro e do sangue, inativando os radicais livres que aceleram o processo de envelhecimento dos tecidos. Suas propriedades são inúmeras, podendo-se destacar o rejuvenescimento da imunidade, diminuição do envelhecimento geral do cérebro e do sangue, proteção da membrana contra peroxidação lipídica e proteção de doenças. É encontrada em alimentos como: o leite, o fígado e em óleos vegetais, como no óleo de gérmen de trigo. O dl-tocoferol é uma mistura de oito estereoisômeros¹⁰.

Sob o aspecto nutricional, apenas a forma α -tocoferol natural em conformação RRR é identificada pela proteína hepática transferidora de alfa-tocoferol (alfa-TTP), que diferencia e transfere essa forma da vitamina para o plasma, retirando da circulação todas as outras formas de vitamina E. Desta forma ocorre uma menor biodisponibilidade da vitamina E quando ingerida na forma sintética¹⁰.

Tocóis e tocotrienóis são substâncias presentes em alimentos como nos vegetais verdes, na gema de ovo, na manteiga e nas carnes. O papel destas substâncias é evitar a peroxidação da bicamada lipídica celular e das lipoproteínas de baixa densidade (LDL), principais responsáveis pelo transporte de colesterol do fígado para os tecidos periféricos. Portanto, são essenciais no retardo do desenvolvimento de aterosclerose e seu déficit está relacionado à neurodegeneração.

A pesquisa de fitoquímicos como os compostos fenólicos (CFs), em quantidades expressivas na natureza, vem sendo amplamente estudada. O consumo regular destes compostos por meio da alimentação tem se mostrado de grande importância na promoção da saúde e no provável auxílio no combate a essas doenças, por meio de diversos mecanismos, mas, principalmente, por terem grande poder antioxidante e diminuir ou impedir os danos causados ao organismo pelo estresse oxidativo, além de possuírem propriedades antimicrobianas e anti-inflamatórias. Nota-se que as vantagens trazidas à saúde pelo consumo de frutas, verduras e legumes, estão relacionadas principalmente à presença de CFs nestes alimentos¹¹.

O consumo de compostos fenólicos auxilia o organismo em diversas funções vitais. As principais propriedades bioativas dos compostos fenólicos incluem suas capacidades anti-inflamatória, antiviral, antioxidante, antisséptico, neuroprotetor, analgésico, cardioprotetor e anti-hipertensivo¹².

Estes CFs, sejam fenóis simples ou polifenóis (PFs), são metabólitos secundários produzidos pelas plantas e estão relacionados as respostas de defesa destas contra agressões externas, podendo também funcionar como atrativos ou repelentes a insetos, exercendo influência na cor, na estabilidade oxidativa e no sabor da

planta ou alimento¹³. A concentração dos CFs depende do tipo do vegetal, de fatores genéticos, da estação do ano, dos estádios de desenvolvimento e de maturação, da colheita, das condições de cultivo, do solo, do armazenamento depois de colhidos, entre outros fatores¹⁴.

Os polifenóis podem ser apontados como o principal grupo de compostos responsáveis pela atividade antioxidante de vegetais. Existem diferentes classes de compostos polifenólicos, divididas em quatro famílias: flavonoides (flavonas, flavanonas, catequinas e antocianinas), ácidos fenólicos, lignanas e estilbenos (resveratrol) sendo que cada uma apresenta um efeito antioxidante diferenciado. A distribuição e a quantidade destes compostos não ocorrem da mesma maneira nos vegetais, o que influencia a capacidade antioxidante de cada um dos tipos de antioxidantes¹⁵.

São sintetizados por meio de duas vias bioquímicas: a via do ácido malônico e a via do ácido chiquímico. A grande maioria dos compostos fenólicos secundários presentes nas plantas são derivados da fenilalanina (rota do ácido chiquímico), a partir da eliminação de uma molécula de amônia para a formação do ácido cinâmico¹⁶.

A capacidade antioxidante destes compostos está interligada a vários mecanismos, como a doação de hidrogênio, a neutralização ou captura de radicais livres, além de agirem como substrato para radicais livres hidroxil e superóxido¹⁶.

Quimicamente, são constituídos de anéis aromáticos ligados a uma ou mais hidroxilas. Ocorrem diferentes tipos de CFs e a maioria encontra-se na forma de ésteres ou glicosídeos. Podem ser divididos em diversas classes de acordo com suas estruturas moleculares, número de anéis aromáticos e de hidroxilas, ligações com outros grupamentos, dentre outras diferenciações, sendo classificados principalmente como flavonoides, ácidos fenólicos, estilbenos e lignanas¹⁷. Os flavonoides são os constituintes fenólicos com grande ocorrência nas plantas, apresentando-se principalmente nas folhas e cascas de frutos¹².

O amargor, adstringência, sabor, cor e estabilidade oxidativa dos frutos e hortaliças, são atribuídos aos compostos fenólicos e causam um efeito positivo na proteção da saúde⁵.

O consumo frequente de alimentos com elevado teor de carotenoides e compostos fenólicos, em geral, está relacionado à prevenção de diferentes tipos de doenças degenerativas. Tendo o conhecimento das concentrações de vitamina C, fenólicos totais e antocianinas de um fruto, por exemplo, é possível identificar sua capacidade antioxidante. Porém, as concentrações destes elementos podem alterar após processamento, por exemplo, comparando-se com o fruto *in natura*. Destaca-se que o teor de compostos bioativos em frutos depende diretamente de aspectos naturais como o próprio cultivar, região e maturidade do fruto¹⁸.

Os CFs são, geralmente, as maiores fontes de antioxidantes na alimentação humana, porém, para desempenhar esta função antioxidante e seus consequentes benefícios, é necessário que haja uma eficiente digestão, absorção e metabolização destes compostos¹³.

Nesta lógica, podem ser abordados os conceitos de bioacessibilidade e biodisponibilidade, sendo o segundo dependente do primeiro. A bioacessibilidade pode ser compreendida como a parte de compostos extraídos da matriz do alimento que é solubilizada durante o processo digestório, podendo, ou não, sofrer influência de métodos de cocção, tornando-se disponível para ser absorvida, ou seja, tornando-se bioacessível¹⁹.

Entretanto, a biodisponibilidade refere-se à parcela dos compostos bioacessíveis que foram efetivamente absorvidos e dispostos na circulação. É influenciada por muitos fatores físico-químicos como o tipo de composto bioativo, sua polaridade, a massa molecular, a matriz alimentar, a digestibilidade por enzimas gastrointestinais, a absorção pelos enterócitos, a ação de enzimas de fase II e a transformação por parte da microbiota, especialmente relevante no que tange à biodisponibilidade de CFs. Observa-se que o termo biodisponibilidade abrange inúmeras e complexas variáveis, adicionalmente somadas às diferentes metodologias utilizadas em sua determinação e à individualidade de cada organismo, tornando-o assim um amplo e complexo tema de pesquisa¹⁹.

A ingestão de alimentos que contêm flavonoides pode contribuir para a saúde humana devido aos efeitos neuroprotetores e cardiovasculares. A epicatequina, por exemplo, possui propriedades antidiabética, hepatoprotetora²⁰ e como suplementação dietética, contribui para a prevenção de alterações renais associadas à inflamação crônica, que foram testadas cientificamente em ratos²¹.

Os flavonoides estão incluídos em uma extensa classe de produtos naturais subdividida no reino vegetal, podendo estar em todas as partes das plantas, como nas raízes, flores e frutos, sendo encontrados nos vacúolos das células. Os flavonoides podem ocorrer na forma livre (aglicona) ou ligados a açúcares (glicosídeos). Podem ser distribuídos em 14 classes, dependendo da substituição e do nível de oxidação. Os que estão inclusos na dieta humana são divididos essencialmente em seis grupos: as flavanas; os flavonóis; as flavonas; as antocianidinas; os isoflavonoides e as flavanonas. Uma destas substâncias trata-se do flavonoide quercetina²¹.

Flavonas e flavonóis são alguns dos flavonoides mais presentes no reino vegetal, ocorrendo mais comumente na forma glicosilada, em que a glicose e a ramnose são as porções de açúcar mais ocorrentes. Quercetina e kaempferol são as agliconas de flavonóis mais comuns e, dentre suas fontes alimentares, algumas que se destacam

são as cebolas (amarelas), o alho-poró e o brócolis. Estes flavonóis tendem a concentrar nas áreas mais externas das plantas e frutos, como cascas e folhas, pois a luz estimula a biossíntese destes compostos, tanto que é possível observar diferenças de concentração de flavonóis em frutas de uma mesma árvore e até na mesma fruta, de acordo com a área que foi mais exposta à luz solar. Por isso, em exemplos como alface e repolho, observa-se maiores concentrações de glicosídeos nas folhas mais externas e verdes, quando comparado às folhas mais internas, de cor mais clara²².

As flavonas, ocorrem em menor quantidade que os flavonóis em frutas e vegetais, são constituídas principalmente por glicosídeos de luteolina e apigenina, sendo encontradas em salsa e salsa²³. A tangeritina, uma flavona polimetoxilada, é classificada como um dos flavonoides mais hidrofóbicos, sendo encontrada na polpa de frutas cítricas e, sobretudo, em suas cascas. Possui propriedades neuroprotetoras e antimicrobianas, além de induzir apoptose de certos tipos de células cancerígenas. Flavanonas são consideradas por glicosídeos como naringina e hesperidina, e por suas agliconas, como naringenina e hesperetina. São alguns dos flavonoides mais quantificados em frutas cítricas como algumas espécies de laranja e tangerina, tendo diferentes taxas absorptivas e oferecendo benefícios à saúde como efeitos antioxidante e anticancer²⁴.

Enquanto a maioria dos flavonoides possui o anel β ligado ao carbono 2 do anel C, as isoflavonas, particularmente, possuem o anel β ligado ao carbono 3 do anel C. Suas estruturas são similares ao estrogênio e podem se ligar a receptores deste hormônio, por isso, são classificadas como fitoestrógenos¹⁷. Sua maior fonte é a soja, onde encontram-se alguns dos principais compostos de isoflavonas, a genisteína e a daidzeína, existentes predominantemente na forma de glicosídeos (como genistina e daidzina) e cuja as concentrações nos alimentos fonte diferem-se de acordo com a variedade, sazonalidade, localização e métodos de processamento. A fermentação que ocorre em alimentos como *miso* e *tempeh*, resulta na hidrólise de glicosídeos em agliconas, que são resistentes ao calor. Efeitos quimiopreventivos, ocasionados pela modulação de genes relacionados ao controle de ciclo celular e apoptose, são atribuídos à genisteína²⁵.

A quercetina colabora para proteção de diabetes no organismo ao diminuir a concentração de glicose plasmática, reduzindo a absorção intestinal de glicose e incrementando a captação da glicose nos tecidos e órgãos, o que melhora a resistência à insulina²⁶.

É uma substância encontrada em diversas fontes naturais e que apresenta ação antioxidante, anti-inflamatória, anticarcinogênica, dentre outras. A cebola roxa do gênero *Allium Cepa* L. é uma das fontes desse composto. A cebola é uma fonte de diferentes fitonutrientes reconhecidos como componentes que são consideráveis na

alimentação humana, sendo utilizada principalmente para a prevenção e tratamento de diferentes doenças. Suas ações bioativas estão diretamente relacionadas aos compostos organossulfurados e flavonoides encontrados nessa hortaliça, sendo a cebola a principal fonte de quercetina na dieta humana, contribuindo com cerca de 30% dos flavonoides consumidos²⁷.

A quercetina, em especial, além de apresentar propriedade quelante e estabilizadora de ferro, também, sequestra espécies reativas de oxigênio (OH e O₂), inibe a xantina oxidase e a peroxidação lipídica. A ação antiobesogênica e antidiabética da quercetina tem sido estudada. Pesquisas que incentivam o aumento do tecido adiposo marrom têm sido utilizadas como estratégia favorável para a prevenção da obesidade. Em modelo animal, a quercetina, presente na casca da cebola, remodelou as características do tecido adiposo branco, ocasionando o escurecimento desses adipócitos, por meio da ativação da AMP-proteína quinase. Em relação ao seu efeito antidiabético, a suplementação de quercetina (10-50mg/kg ao dia) em ratos Alloxan diabéticos estabilizou a glicemia e o glicogênio hepático, além de reduzir colesterol sérico e LDL dos animais. Além disto, mostrou-se efetiva na diminuição da resistência à insulina, da hiperlipidemia e da inflamação em ratos Zuckerobesos. Pesquisas sugerem que mulheres que se alimentam com uma maçã por dia possuem em média 30% menos risco de desenvolver diabetes mellitus tipo 2 ²⁷.

As antocianinas são compostos que podem ser formados por um grupamento de açúcar, uma aglicona (antocianidina) e, condicionalmente, alguns ácidos. As agliconas mais importantes em alimentos são: a cianidina, a delphinidina, a pelargonidina e a malvidina, sendo que as três primeiras e seus derivados metilados podem constituir até 90% das antocianidinas encontradas em alimentos²⁸.

Difícilmente observam-se antocianidinas livres, sendo mais fácil encontrá-las nas formas glicosiladas, principalmente com glicose, ramnose, xilose, galactose, arabinose e frutose. As ligações podem se apresentar com mono, di e triglicosídeos ligados diretamente à aglicona, tornando a molécula mais estável em comparação às agliconas livres. Ainda é comum ocorrer uma ligação com ácidos como o p-cumárico, o ferúlico, ocafeico, o oxálico, entre outros ácidos, além da aglicona e da fração de açúcar²⁸.

A cor das antocianinas encontradas em frutos, flores, algumas folhas e até raízes, varia de diversas tonalidades de vermelho e de azul, até o roxo. Essa variação de tonalidades depende do pH, em que o vermelho prevalece em condições ácidas e o azul em condições básicas. Outros fatores que também influenciam na coloração são o grau de hidroxilação, o padrão de glicosilação e o padrão de metilação dos anéis aromáticos²⁸.

Os ácidos fenólicos são CFs não flavonoides que podem ser divididos basicamente em derivados de ácidos benzoicos e de ácidos cinâmicos. São encontrados em formas livres, como em frutas e vegetais, ou em formas conjugadas, mais comumente em grãos e sementes, que representam a maior parte dos compostos fenólicos. São clivados por hidrólise ácida ou alcalina e, por ação de enzimas. São amplamente distribuídos no reino vegetal (apesar de alguns também serem produzidos por fungos) e imensamente importantes nas interações entre plantas e microrganismos, agindo como moléculas de sinalização e de defesa. Ressalta-se que são derivados das mesmas vias de biossíntese dos flavonoides²⁹.

Ácidos hidroxibenzoicos compõem estruturas complexas como taninos hidrolizáveis presentes em algumas frutas como na manga (galotaninos) e em frutas vermelhas (elagitaninos), porém não são observados em quantidades elevadas em frutas e vegetais comestíveis, de forma geral³⁰.

O ácido clorogênico traz benefícios à saúde por ser capaz de diminuir as concentrações plasmáticas de glicose, de aumentar a atividade de enzimas antioxidantes, de diminuir as alterações histológicas no fígado e no rim, de reduzir o estresse oxidativo e de atenuar a hipertensão³¹. Também auxilia na redução de peso. Quando absorvido por meio de um alimento, o ácido clorogênico inibe a atividade da enzima glicose-6-fosfatase, responsável pela liberação de glicose ao corpo, o que limita a quantidade de glicose em circulação. Este fato leva o corpo a utilizar a gordura armazenada a fim de fornecer glicose, levando a uma redução nos depósitos de gordura em tecidos adiposos³².

Devido às suas duas hidroxilas nas posições 3 e 4 de sua molécula, o ácido cafeico é o que possui maior poder antioxidante. Reações de esterificação entre o ácido quínico e o ácido hidrocínâmico, produzem os ácidos clorogênicos e sua concentração no alimento varia de 70 a 550 mg de ácido clorogênico em 200 mL de café (uma xícara). Estudos *in vitro* em microssomas, em eritrócitos e em monócitos demonstraram significativamente a inibição de peroxidação lipídica pelo ácido cafeico e estudos *in vivo* apontaram que o ácido cafeico apresenta atividade antioxidante, mesmo após 2 horas de ingestão de café, incrementando em 16% as concentrações de glutathione pós a ingestão de 5 xícaras por dia, aumentando, assim, os níveis de oxidação celular, uma vez que, essa molécula é considerada importante nesse processo³³.

Os ácidos hidroxicinâmicos são mais comuns na alimentação de seres humanos e consistem, majoritariamente, em ácidos p-cumárico (para-cumárico), cafeico, ferúlico e sinápico. Com exceção de alguns alimentos que passaram por processos de congelamento, de esterilização ou de fermentação, estes ácidos são raramente

encontrados na forma livre, sendo mais comumente encontrados glicosilados ou esterificados²⁹.

O ácido cafeico é um dos ácidos mais abundantes e representa a maior parte de ácidos hidroxicinâmicos totais contidos em muitas frutas, principalmente nas partes mais externas de frutas maduras. O ácido ferúlico é abundantemente encontrado em grãos e em cereais, também, de forma geral, mais concentrado nas partes mais externas²⁹.

A estrutura química específica do resveratrol, baseada em um esqueleto de estilbeno hidroxilado, permite que este CF exerça funções benéficas ao organismo humano³⁴.

Encontrado principalmente nas cascas de uvas tintas e outras frutas vermelhas e roxas, é conhecido por suas propriedades anti-inflamatórias, por inibir fatores pró-inflamatórios como a enzima ciclooxigenase 2 (COX-2). Adicionalmente, exerce ação antioxidante e antiviral, além de ação quimiopreventiva, por modular a apoptose e a proliferação celular, além de regular certas vias que fazem parte de mecanismos oncogênicos³⁵.

Torna-se importante ressaltar que o fato de atenuar ou inibir mecanismos de inflamação pode contribuir também para o efeito anticâncer de fitoquímicos em geral, incluindo o resveratrol, uma vez que há forte ligação de processos inflamatórios crônicos e câncer via NF- κ B, por exemplo. Além de inibição de câncer por ação antioxidante, também é possível alcançar este efeito com fitoquímicos por ação pró-oxidante, especialmente quando em presença de alguns metais de transição, como cobre, ferro e zinco. Tal efeito pode ocorrer uma vez que a ação pró-oxidante poderá induzir apoptose em células cancerígenas. Estes efeitos (antioxidante / pró-oxidante) podem variar de acordo com a dose³⁶.

Lignanais são PFs que compõem estruturas celulares de plantas. São observadas em castanhas, frutas, sementes e alguns vegetais crucíferos. Uma das maiores fontes conhecidas, no entanto, é a semente de linhaça. Também são fitoestrógenos, como as isoflavonas, porém, as isoflavonas são mais comumente estudadas neste aspecto. A ingestão de lignanas foi associada com reduções significativas em risco de câncer colorretal³⁷.

Não existem relatos comprovados de que a ingestão de alimentos ricos em antioxidantes, no decorrer da vida, proporcione prejuízos à saúde. De outra forma, há evidências claras de que estejam diretamente relacionados a um processo de envelhecimento saudável e na melhoria da qualidade de vida. No entanto, estudos comprovam maior benefício advindo de fontes alimentares em comparação aos suplementos³⁸.

A biodisponibilidade é um ponto chave na utilização dos CFs para promoção de saúde. Os estudos demonstram potencial anti-inflamatório e antioxidante a partir de diversos CFs, mas a questão da biodisponibilidade ainda é inconclusiva. No que tange à interação de CFs com macronutrientes, como as proteínas, ocorrem variações de acordo com o tipo e a estrutura do CF, além da concentração. Isto pode, parcialmente, justificar os resultados divergentes entre estudos, além dos diversos métodos utilizados, em que pequenas diferenças podem provocar resultados bem distintos. No entanto, parece haver uma tendência à diminuição da biodisponibilidade de CFs, quando na presença de algumas proteínas analisadas, mas esta relação e suas variáveis ainda não são claras¹⁵.

Desta forma, uma alimentação fundamentada em consumo variado e regular de alimentos frescos, *in natura* e com grande diversidade de frutas e hortaliças apresenta-se indispensável no combate e prevenção à diversas doenças, especialmente às DCNT. Ademais, os compostos polifenólicos têm atraído atenção significativa devido aos seus efeitos de modulação nos inflamassomas³⁹. Este múltiplo complexo de proteínas, está associado à iniciação e progressão de distúrbios metabólicos e doenças crônicas, como câncer e doenças neurodegenerativas ⁴⁰.

Compreende-se a importância substancial de medidas dietoterápicas, como a ingestão apropriada de nutrientes com ação oxidante para o equilíbrio fisiológico e uma vida mais saudável¹.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. NERI-NUMA, I. A.; SANCHO, R. A. S.; PEREIRA, A.P. A.; PASTORE, G. M. Small Brazilian wild fruits: Nutrients, bioactive compounds, health-promotion properties and commercial interest. **Food Research International**, v. 103, n. October, p. 345–360, 2018.
2. BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 359 de 23 de dezembro de 2003**. Aprova Regulamento Técnico de Porção de Alimentos Embalados para fins de Rotulagem Nutricional. Diário Oficial da União: Brasília, 2003.
3. PISOSCHI, A. M.; POP, A. The role of antioxidants in the chemistry of oxidative stress: A review. **European Journal of Medicinal Chemistry**, v. 97, p. 55–74, 2015.
4. BARBOSA, D. N. Q.; SOUSA, F. M.; CLEMENTE, R. C. Ação antioxidante dos alimentos. **Revista Desafios**, v. 6, n. 4, 2019.

5. MENDES, A. P. A.; PEREIRA, R. C.; ANGELIS-PEREIRA, M. C. Estresse oxidativo e sistemas antioxidantes: conceitos fundamentais sob os aspectos da nutrição e da ciência dos alimentos. *Tecnologia de Alimentos: Tópicos Físicos, Químicos e Biológicos*, v. 2, 2019.
6. CERQUEIRA, F. M.; MEDEIROS, M. H. G.; AUGUSTO, O. Antioxidantes dietéticos: Controvérsias e perspectivas. *Química Nova*, v. 30, n. 2, p. 441–449, 2007.
7. CUNHA, A. L.; MOURA, K. S.; BARBOSA, J. C.; SANTOS, A. F. Fundamentos químicos da ação dos radicais no organismo. *Diversitas Journal*, n. 1, v. 1, p. 08-13, jan./abr. 2016.
8. BARBOSA, K. B. F. et al. Estresse oxidativo: conceito, implicações e fatores modulatórios. *Revista de Nutrição*, Campinas, v. 23, n. 4, p. 629-643, 2010.
9. ALIEV, G.; ALIEV G.; ASHRAF, M. D.; KAMINSKY, Y. G.; SHEIKH, I. A. Implicação dos fatores nutricionais e não nutricionais no contexto da preservação do desempenho cognitivo em pacientes com demência / depressão e doença de Alzheimer. *Am J Alzheimers Dis Other Deme*, v. 28 n. 7, p. 660-70, 2013.
10. DIMENSTEIN R.; LIRA, L.; MEDEIROS, A. C. P., CUNHA, L. R. F.; STAMFORD, T. L. M. Efeito da suplementação com vitamina E sobre a concentração de alfa-tocoferol no colostro humano. *Rev Panam Salud Publica*, v. 29, n. 6, 2011.
11. OZDAL, T.; SELA DA, XIAO J.; BOYACIOGLU, D.; CHEN, F.; CAPANOGLU, E. The Reciprocal interactions between polyphenols and gut microbiota and effects on bioaccessibility. *Nutrients*, v. 8, n. 2, p. 78, 2016.
12. FERREIRA, I. C.; MARTINS, N.; BARROS, L. Phenolic Compounds and Its Bioavailability. *Advances In Food And Nutrition Research*, p.1-44, 2017.
13. LIN, D.; XIAO, M.; ZHAO, J. et al. An overview of plant phenolic compounds and their importance in human nutrition and management of type 2 diabetes. *Molecules*, v. 21, n. 10, p. 1374, 2016.
14. BARBOSA, D. R. R.; BOYARSKI, D. R. S.; MACENA, T. F. S.; CLEMENTE, R. C. Quantificação de compostos fenólicos, poder antioxidante e teor de açúcares em infusão e extrato solúvel de hibiscus sabdariffa L. *Revista Desafios*, v. 7, n. 2, 2020.
15. ARNOSO, B. J. M.; COSTA, G. F.; SCHMIDT, B. Biodisponibilidade e classificação de compostos fenólicos. *Nutrição Brasil*, v. 18, n. 1, 2019.
16. TAIZ, L.; ZEIGERT, E. *Fisiologia Vegetal*. 6ª Ed. Porto Alegre: Artmed, 719 p., 2017.
17. NIEDZWIECKI, A.; ROOMI, M. W.; KALINOVSKY, T.; RATH, M. Anticancer efficacy of polyphenols and their combinations. *Nutrients*, v. 8, n. 9, p. 552, 2016.

18. STAFUSSA, A. P.; MACIEL, G. M.; RAMPAZZO, V.; BONA, E.; MAKARA, C. N.; DEMCZUK JUNIOR, B.; HAMINIUK, C. W. I. Bioactive compounds of 44 traditional and exotic Brazilian fruit pulps: phenolic compounds and antioxidant activity. **Int J Food Properties**, v. 21, n. 1, p. 106-18, 2018.
19. HOLANDA, A. C.; FREIRE, L. S.; ALENCAR, G. R. R.; MOURA, R. C.; TORRES, E. A. F. S. Bioacessibilidade dos polifenóis presentes no mesocarpo e na amêndoa do babaçu (Orbignyaphalerata Mart.) **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 4, p.19237-19247 apr. 2020.
20. BERNATOVA, I. Biological activities of (–)-epicatechin and (–)-epicatechin-containing foods: Focus on cardiovascular and neuro psychological health. **Biotechnology Advances**, v. 36, n. 3, p.666-681, maio 2018.
21. PRINCE, P. D. *et al.* Dietary (–)-epicatechin mitigates oxidative stress, NO metabolism alterations, and inflammation in renal cortex from fructose-fed rats. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 90, p.35-46, Jan. 2016.
22. OLIVEIRA, V. P.; ESPESCHI, A. C. R.; PELUZIO, M. G. Flavonoides e doenças cardiovasculares: Ação antioxidante, **Revista Médica de Minas Gerais**, v. 16, n. 4, 2020.
23. CAÑAS, G. J. S.; BRAIBANTE, M. E. F. A Química dos Alimentos Funcionais, **Química Nova**, v. 41, n 3, p. 216-223, 2019.
24. ERNAWITA, W. R.A.; HESSE, J.; HIPLER, U. C.; ELSNER, P.; BÖHM, V. In vitro lipophilic antioxidant capacity, antidiabetic and antibacterial activity of citrus fruits extracts from Aceh, Indonesia. **Antioxidants**, v. 6, n. 1, p. 11, 2017.
25. CUI, S.; WANG, J.; WU, Q.; QIAN, J.; YANG, C.; BO, P. Genistein inhibits the growth and regulates the migration and invasion abilities of melanoma cells via the FAK/paxillin and MAPK pathways. **Oncotarget**, v. 8, n. 13, p. 21674-91, 2017.
26. SHI, G. J.; LI, Y.; CAO, Q. H.; WU, H. X.; TANG, X. Y.; GAO, X. H.; YU, J. Q.; CHEN, Z.; YANG, Y. In vitro and in vivo evidence that quercetin protects against diabetes and its complications: A systematic review of the literature. **Biomedicine & Pharmacotherapy**, v. 109, p.1085-1099, Jan. 2019.
27. **GALDINO, T. P.** O papel da quercetina na saúde e na performance esportiva. *Revista suplementação*, v. 11, n. 55, 2019.
28. CEDRIM, P. C. A. S.; BARROS, E. M. A.; NASCIMENTO, T. G. Propriedades antioxidantes do açaí (Euterpe oleracea) na síndrome metabólica. **Brazilian Food Technology**, v. 21, e2017092, 2018.

29. DEUS, V. L.; SANTOS, A. P. C.; WALKER, J. F.; SANTANA NETA, L. G.; SOUZA, L. S. Compostos fenólicos em hortaliças cultivadas nos sistemas convencional e orgânico: uma revisão. **Brazilian Journal of Health and Pharmacy**. v. 1, n. 1, 2019.
30. ARNOSO, B. J. M.; COSTA, G. F.; SCHMIDT, B. Biodisponibilidade e classificação de compostos fenólicos. **Nutrição Brasil**, v. 18, n. 1, 2019.
31. CALDERÓN-OLIVER, M.; PONCE-ALQUICIRA, E. Fruits: A Source of Polyphenols and Health Benefits. **Natural And Artificial Flavoring Agents And Food Dyes**, p.189-228, 2018.
32. NAVEED, M. *et al.* Chlorogenicacid (CGA): A pharmacological review and call for further research. **Biomedicine & Pharmacotherapy**, v. 97, p.67-74, Jan. 2018.
33. LIMA, F. A. Café e saúde humana: um enfoque nas substâncias presentes na bebida relacionadas às doenças cardiovasculares. **Revista de Nutrição**, v. 23, n. 6, p. 1063-1073, nov, 2010.
34. BAHARE S.; ABHAY P. M.; MANISHA N.; BILGE S.; MEHTAP K.; MEHDI S.; PATRICK V. T. F.; NATÁLIA M.; JAVAD S.; Resveratrol: A Double-EdgedSword in Health Benefits. **Biomedicines**, v. 6, n. 91, 2018.
35. GAVRILAS, L.I.; IONES, C.; TUDORAN, O.; LISENCU, C.; BALACESCU, O.; MIERE, D. The role of bioactive dietary components in modulating miRNA expression in colorectal cancer. **Nutrients**, v. 8, n. 10, p. 590, 2016.
36. ZUBAIR H, AZIM S, AHMAD A, KHAN MA, PATEL GK, SINGH S, SINGH AP. Cancer chemoprevention by phytochemicals: nature's healing touch. **Molecules**, v. 22, n. 3, p. 395, 2017.
37. CRISÓSTOMO J. M.; RODRIGUES, L.A. R. L.; SANTOS, A. C. C. A.; SOUSA, R. R.; LAVÔR, L. C. C.; GONÇALVES, K. M. F. Elaboração de paçoquinha com linhaça dourada. **Demetra Alimentação, Nutrição e Saúde**, v.15, e44816, 2020.
38. PEREZ-VIZCAINO, F.; FRAGA, C. G. Research trends in flavonoids and health. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v. 646, n. March, p. 107–112, 2018.
39. OWONA, B.A.; ABIA, W.A.; MOUNDIPA, P.F. Natural compounds flavonoids as modulators of inflammasomes in chronic diseases. **Int. Immunopharmacol.** 84, 1–9, 2020.
40. ANAND, P.K. Lipids, inflammasomes, metabolism, and disease. **Immunol. Rev.** 1–15, 2020.

Prebióticos

João Batista Barbosa

Simone Vilela Talma

Eliane Maurício Furtado Martins

Maurílio Lopes Martins

Conteúdos e Definições

A expectativa de vida da população aumentou e, junto a ela, uma série de problemas relacionados à saúde. A sociedade necessita vencer novos desafios, seja por meio de novas descobertas científicas ou das novas tecnologias, que resultem em modificações relevantes no estilo de vida das pessoas, tornando-as mais saudáveis¹.

As pessoas vêm se preocupando com a qualidade de vida e bem-estar, por meio do cuidado com a sua alimentação. Desta forma, vem aumentando a procura por alimentos que proporcionem benefícios à saúde e, neste sentido, aparecem os alimentos funcionais². De acordo com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), a propriedade funcional é “aquela relativa ao papel metabólico ou fisiológico que o nutriente e/ou não nutriente tem no crescimento, desenvolvimento, manutenção e/outras funções normais do organismo humano”³.

Os probióticos e prebióticos se destacam entre os compostos bioativos dos alimentos funcionais⁴. O termo prebiótico é definido de acordo com a Associação Científica Internacional para Probióticos e Prebióticos (ISAPP) como “um substrato que é utilizado seletivamente por microrganismos hospedeiros que conferem um benefício à saúde”. Com a atualização da definição de prebióticos, além das fibras, outros compostos, como ácido linoleico, ácido graxo poli-insaturado, compostos fenólicos e fitoquímicos também podem ser candidatos a prebióticos. Essa nova definição também inclui a aplicação de prebióticos em outras partes do corpo (além do trato gastrointestinal) e em outras categorias, como em ração para o gado, aves e na aquicultura^{5,6}.

Os prebióticos, segundo a Organização Mundial de Gastroenterologia (WGO)⁷, são identificados como carboidratos não digeríveis, incluindo inulina, oligofrutose, galacto-oligossacarídeos, lactulose, oligossacarídeos do leite humano e diversos oligossacarídeos que fornecem carboidratos que as bactérias benéficas do cólon são capazes de fermentar^{1,8}.

Fibra alimentar pode ser caracterizada como a parte comestível das plantas ou carboidratos análogos que são resistentes à digestão e à absorção no intestino delgado humano, com fermentação completa ou parcial no intestino grosso. Inclui polissacarídeos, oligossacarídeos, lignina e substâncias vegetais associadas. As fibras alimentares promovem efeitos fisiológicos, incluindo laxação e/ou redução do colesterol no sangue e/ou atenuação da glicose no sangue⁴.

Dentre as principais fibras alimentares estudadas que atuam como prebióticos por promoverem seletivamente o crescimento e/ou as atividades de probióticos e a saúde do hospedeiro, destacam-se os frutanos, a inulina, os amidos resistentes, os β -glucanos, os α -galacto-oligossacarídeos e os arabinoxilanos (presentes na casca de "*Psyllium*"). Tais compostos são fermentados pelos probióticos em ácidos graxos de cadeia curta como butirato, propionato e acetato, que podem ser absorvidos no cólon para fornecer energia adicional ao hospedeiro⁹. Desta forma, os prebióticos agem intimamente relacionados aos probióticos, constituindo o alimento das bactérias probióticas^{10,11}.

Principais Grupos de Prebióticos

Os principais prebióticos disponíveis e utilizados pela indústria mundial de alimentos são os fruto-oligossacarídeos (FOS), galacto-oligossacarídeos (GOS), xilo-oligossacarídeos (XOS), isomalto-oligossacarídeos (IMO) e inulina¹².

As fibras prebióticas classificam-se como solúveis, insolúveis ou mistas, podendo ser fermentáveis ou não. As fibras de maior importância utilizadas como prebióticos, de acordo com a nova definição de fibras que inclui carboidratos não-digeríveis, são a inulina e o fruto-oligossacarídeo (FOS) ou simplesmente oligofrutose, formado a partir da hidrólise da inulina pela enzima inulase. Ambos são denominados frutanos, fibras insolúveis e fermentáveis, não degradados pela α -amilase e por outras enzimas hidrolíticas, como a sacarase, a maltase e a isomaltase, na parte superior do trato intestinal¹³.

Para que um ingrediente e/ou grupos de substâncias possam ser definidos como prebióticos, deve-se cumprir os seguintes requisitos: ser de origem vegetal; formar parte de um conjunto heterogêneo de moléculas complexas, não ser digerida por enzimas digestivas, nem absorvido na porção superior do trato gastrointestinal, ser seletivamente fermentado por uma colônia de bactérias potencialmente benéficas ao cólon do intestino, alterando para uma composição da microbiota mais saudável e ser osmoticamente ativo¹⁴.

Fruto oligossacarídeos (FOS)

Dentre os oligossacarídeos naturais, os FOS são os mais conhecidos e utilizados em alimentos, aos quais se atribuem propriedades prebióticas. Possuem características que permitem sua aplicação tecnológica na fabricação de diversos tipos de alimentos como sorvetes, sobremesas lácteas, fórmulas para diabéticos, produtos funcionais que promovam efeito nutricional adicional nas áreas de prebióticos, simbióticos, fibras dietéticas, em biscoitos e produtos de panificação, substituindo carboidratos e gerando produtos de teor reduzido de açúcar, em barras de cereais, sucos e néctares frescos, produtos de confeitaria, molhos, dentre outros¹⁵.

Além disso, apresentam em torno de 1/3 do poder adoçante da sacarose, sendo mais solúvel que ela, não cristalizam, não precipitam e não deixam sensação de secura ou presença de areia na boca. As principais fontes de FOS conhecidas são: o trigo, a cebola, a banana, a alcachofra, o alho e as raízes de chicória¹⁵.

Os fruto-oligossacarídeos (FOS) e a inulina são frutanos fermentáveis não digeríveis muito abordados em pesquisas científicas sendo os mais bem estabelecidos, para os quais a alegação de efeito na modulação da microbiota intestinal, no que diz respeito ao equilíbrio é permitida no Brasil^{1, 16, 17, 18}.

O termo genérico frutano é usado para descrever todos os oligossacarídeos ou polissacarídeos de ocorrência natural em vegetais e refere-se a qualquer hidrato de carbono em que uma ou mais ligações frutossil-frutose predominam dentre as ligações glicosídicas. Os frutanos são polímeros de frutose linear ou ramificada unidos por ligações β (2 $\rightarrow$ 1) presentes na inulina ou β (2 $\rightarrow$ 6) em frutanos do tipo levanos. São os polissacarídeos não estruturais com maior abundância na natureza, após o amido e estão presentes em uma grande variedade de vegetais e em algumas bactérias e fungos^{1, 13}.

Em relação aos frutanos do tipo inulina, estes são classificados, geralmente, em dois grupos: a inulina e os compostos a ela relacionados – oligofrutose e os fruto-

oligossacarídeos. Entretanto, esses prebióticos são quimicamente similares quanto à estrutura básica (ligações β (2 $\rightarrow$ 1) de unidades frutose, algumas vezes, terminadas em uma unidade glicosil), diferenciando-se sinteticamente apenas quanto ao grau de polimerização, ou seja, o número de unidades individuais de monossacarídeos que compõem a molécula^{1, 13}.

Inulina

A inulina é constituída por uma mistura de cadeias de oligômeros e polímeros com número variável de subunidades de frutose, unidas por ligações β (2 $\rightarrow$ 1) que, normalmente, também incluem uma molécula de glicose terminal na cadeia e apresentando um grau médio de polimerização de dez ou superior^{13, 19}.

A chicória (*Cichoriumintybus*) e a alcachofra de Jerusalém (*Helianthus tuberosus*) são as principais fontes de inulina e oligofrutose utilizadas na indústria de alimentos²⁰.

A oligofrutose é uma inulina de cadeia curta obtida a partir da hidrólise enzimática parcial da inulina nativa, apresentando um grau de polimerização inferior a dez, com média oscilando entre dois e sete²⁰. O termo oligofrutose é mais frequentemente utilizado para referir-se à inulina de cadeia curta obtida por hidrólise parcial da inulina de chicória, enquanto o termo FOS descreve frutanos do tipo inulina de cadeia curta sintetizados a partir da sacarose^{1, 13}.

Lactulose

A lactulose é um dissacarídeo sintético usado para o tratamento da constipação e da encefalopatia hepática. A oligofrutose prebiótica está presente naturalmente em muitos alimentos como trigo, cebolas, bananas, mel, alho e alho-poró. A oligofrutose também pode ser extraída da raiz de chicória ou sintetizada por via enzimática a partir da sacarose⁷.

A fermentação da oligofrutose no cólon resulta em um grande número de efeitos fisiológicos, incluindo:

- Aumento do número de bifidobactérias no cólon;
- Aumento da absorção de cálcio;

- Aumento do peso fecal;
- Encurtamento da duração do trânsito gastrointestinal;
- Possível efeito hipolipemiante.

O aumento das colônias de bifidobactérias é considerado benéfico para a saúde humana devido à sua produção de compostos que inibem os microrganismos patógenos, reduzindo as concentrações sanguíneas de amônio e produzindo vitaminas e enzimas digestivas⁷.

Eles não são absorvidos no intestino delgado de pessoas saudáveis, mas são posteriormente fermentados pela microbiota natural do cólon, produzindo ácidos graxos de cadeia curta. A fermentabilidade das fibras alimentares como beta-glucanos da aveia, goma da linhaça e goma do fenacho (ou feno grego) a ácidos graxos de cadeia curta reforça seus potenciais prebióticos na qualidade de vida da saúde humana. Recentemente, oligossacarídeos ricos em mananas presentes na parede celular de leveduras também demonstraram potencial para serem prebióticos⁷.

Da mesma forma que os probióticos, os prebióticos agem modulando a resposta imunológica, mas as evidências a respeito são bem mais modestas. Pelo fato de serem substâncias não digeríveis, a ação dos prebióticos se dá por meio da estimulação do crescimento ou atividade das bactérias intestinais benéficas. A promoção do “efeito bifidogênico” relacionado à ação das bifidobactérias levaria a efeito semelhante ao descrito para os probióticos²².

Principais Fontes de Prebióticos

De acordo com a Sociedade Brasileira de Diabetes (SBD)²³ as principais fontes de prebióticos são:

- ⇒ Os fruto-oligossacarídeos, que são concentrados em alimentos de origem vegetal tais como cebola, alho, tomate, banana, cevada, aveia, trigo, mel.
- ⇒ A inulina, que é um polímero da glicose que está presente principalmente na raiz da chicória e também no alho, na cebola, no aspargo e na alcachofra. A inulina extraída da chicória é produzida comercialmente e pode ser consumida por diabéticos como substituto do açúcar e contém de 1 a 2 kcal/g.
- ⇒ A pectina, que pode ser encontrada nas frutas cítricas, na maçã, cenoura, farelo de aveia, soja, lentilha e na ervilha.

Além disso, os prebióticos podem incluir féculas, fibras dietéticas, outros açúcares não absorvíveis, álcoois do açúcar e oligossacarídeos, sendo o último encontrado como componente natural de vários alimentos, como frutas, vegetais, leite e mel. Embora os probióticos e os prebióticos possuam mecanismos comuns de atuação, especialmente quanto à modulação da microbiota endógena, eles diferem em sua composição e em seu metabolismo, sendo o destino dos prebióticos no trato gastrointestinal (TGI) mais conhecido do que o dos probióticos¹⁵.

Os efeitos benéficos atribuídos aos prebióticos incluem o efeito bifidogênico, o aumento de absorção de cálcio, a diminuição da translocação bacteriana, a diminuição do risco de câncer de cólon, o efeito fibra, dentre outros. Adicionalmente, os prebióticos podem inibir a multiplicação de microrganismos patogênicos, garantindo benefícios adicionais à saúde do hospedeiro, por agir estimulando o crescimento dos microrganismos endógenos, como as bifidobactérias e os lactobacilos^{24,25}. Diante disso, o consumo de prebióticos tem sido relacionado com a redução do risco de determinadas enfermidades que acometem os seres humanos^{1,26}.

Para que uma substância ou grupo de substâncias possam ser definidas como prebióticos, elas devem ser de origem vegetal, fazer parte de um conjunto heterogêneo de moléculas complexas, não ser digerida pelas enzimas digestivas, ser parcialmente fermentada pelas bactérias colônicas e ser osmoticamente ativa²⁷.

As principais fontes de prebióticos são alguns açúcares absorvíveis ou não, fibras, peptídeos, proteínas, álcoois de açúcares e os oligossacarídeos¹⁰, sendo que desses últimos, os fruto-oligossacarídeos e a inulina são os mais empregados¹.

A maioria dos prebióticos são utilizados como ingredientes na fabricação de alimentos, como pães, biscoitos, sucos e produtos lácteos, além de fórmulas infantis, sendo o pó a forma mais comum de sua comercialização. A suplementação de prebióticos em fórmulas infantis ou de forma isolada tem aumentado significativamente nos últimos anos, impulsionando a indústria alimentícia a destacar esses nutrientes nos rótulos dos alimentos e difundir recomendações junto aos profissionais de saúde para a utilização de seus produtos no dia-a-dia²⁸.

Ao ser incorporado em alimentos, os prebióticos devem ser estáveis às condições de processamento e não devem alterar as características sensoriais do produto²². Doses diárias de 5 g a 20 g de inulina e/ou oligofrutose, administradas durante pelo menos 15 dias, são eficientes para garantir benefícios, como o estímulo da multiplicação de bifidobactérias no cólon¹. Segundo a ANVISA, a recomendação diária mínima de FOS e inulina é de 3 g para alimentos sólidos e 1,5 g para alimentos líquidos²⁹.

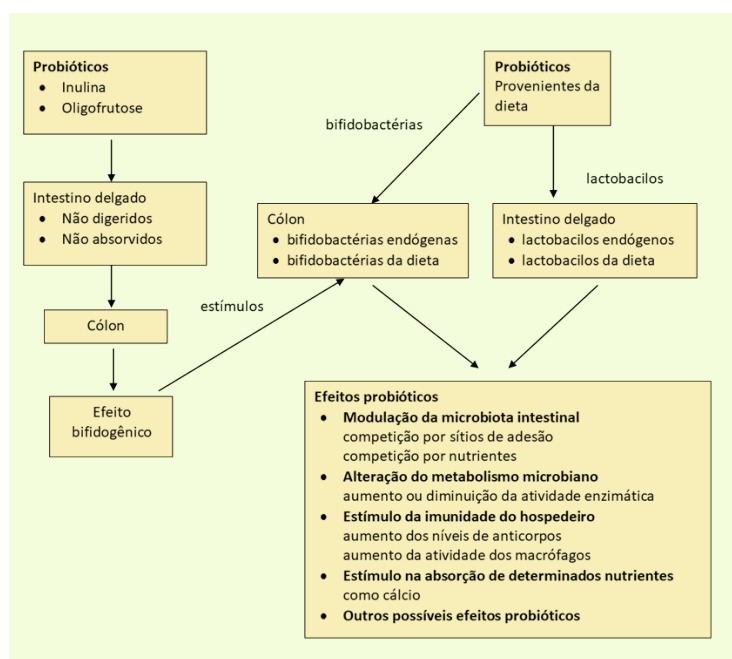
Efeitos do Consumo dos Prebióticos para Saúde Humana

De acordo com a Sociedade Brasileira de Diabetes (SBD)²³, os prebióticos têm como benefícios:

- Auxiliam na manutenção da microbiota intestinal;
- Estimulam o crescimento das bifidobactérias (responsáveis por suprimir a atividade de bactérias putrefativas, ou seja, que podem formar substâncias tóxicas);
- Facilitam o trânsito intestinal;
- Contribuem com a consistência normal das fezes (prevenindo a diarreia e a constipação, por alterarem a microflora colônica por uma microflora saudável);
- Colaboram para que somente sejam absorvidas pelo intestino as substâncias necessárias, eliminando, assim, o excesso de glicose (açúcar) e colesterol, favorecendo, então a diminuição do colesterol e triglicérides totais no sangue;
- Aumentam a absorção de minerais como cálcio, ferro, zinco e magnésio.

Na Figura 1 pode ser observado o destino dos probióticos e dos prebióticos no organismo humano, os prebióticos como fatores bifidogênicos e os principais mecanismos de atuação dos probióticos¹⁵.

Figura 1 - Os prebióticos como fatores bifidogênicos e os mecanismos de atuação dos probióticos.



Fonte: FOOD INGREDIENTS BRASIL^{1, 15}.

Alguns efeitos atribuídos aos prebióticos estão relacionados com a modulação de funções fisiológicas importantes, como a absorção de cálcio e, possivelmente, o metabolismo lipídico, a modulação da composição da microbiota intestinal, a qual exerce um papel primordial na fisiologia gastrointestinal, e a redução do risco de câncer de cólon¹.

A estrutura molecular dos prebióticos pode determinar os efeitos fisiológicos e quais espécies de microrganismos serão capazes de utilizá-los como fonte de carbono e de energia. As bifidobactérias são as mais envolvidas nessa resposta, os mecanismos pelos quais os probióticos promovem a proliferação desses microrganismos ainda não estão esclarecidos, contudo, diversas hipóteses podem ser citadas^{30, 31}.

- As bifidobactérias podem utilizar uma ampla variedade de oligossacarídeos e carboidratos complexos como fontes de carbono e de energia;
- Na presença de oligossacarídeos não digeríveis, as bifidobactérias exibem taxas de multiplicação superior àquelas observadas em bactérias putrefativas ou potencialmente patogênicas no intestino;
- As bifidobactérias se multiplicam mais eficientemente sendo tolerantes aos ácidos graxos de cadeia curta e a acidificação do ambiente intestinal, geralmente não hidrolisam de forma extracelular os oligossacarídeos não digeríveis, uma vez que possuem permeases que internalizam esses substratos antes de hidrolisá-los e metabolizá-los, minimizando, assim, a liberação de açúcares simples que podem ser consumidos por outras bactérias intestinais.

A ação principal dos prebióticos consiste em estimular o crescimento e/ou a ativação do metabolismo de muitos grupos de bactérias benéficas no trato intestinal dos seres humanos. Além disso, outra vantagem dos prebióticos, em relação aos alimentos funcionais, está relacionado com sua utilização ampla na indústria alimentícia, na fabricação de iogurtes, leite, queijos, confeitos, cereais em barra e cereais infantis¹¹.

A característica de promover seleção positiva entre as bactérias resistentes no intestino também pode ser atribuída aos prebióticos. Essa fermentação seletiva, realizada por lactobacilos e bifidobactérias, decorre da presença de enzimas específicas nessas bactérias capazes de hidrolisar os prebióticos³⁰.

Destaca-se o papel bifidogênico da inulina e dos fruto-oligossacarídeos. Esses prebióticos estimulam o crescimento intestinal das bifidobactérias que, por efeito antagonista, suprimem a atividade de outras bactérias putrefativas³².

Outros estudos relacionam a ingestão de substâncias prebióticas com o aumento na absorção de cálcio, uma vez que, ao serem fermentadas no cólon pela micro-

biota local, especialmente as bifidobactérias e bacteroides, diminuem o pH do lúmen intestinal, o que ocasiona aumento da concentração de minerais ionizados, como consequência há aumento da solubilidade do cálcio e um subsequente estímulo à sua difusão passiva e ativa^{33, 34}.

Alguns autores atribuíram também ao consumo de FOS, a redução da potencialidade de várias enfermidades que acometem os seres humanos. Normalmente são associadas com o alto número de bactérias intestinais patógenas, como doenças autoimunes, câncer, acne, cirrose hepática, constipação, intoxicação alimentar, diarreia associada a antibióticos, distúrbios digestivos, alergias e intolerâncias a alimentos e gases intestinais^{35, 36}.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. SAAD, S. M. I. Probióticos e prebióticos: o estado da arte. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**. v. 42, n. 1, p. 1-16. 2006.
2. WENDLING, L. K.; WESCHENFELDER, S. Probióticos e Alimentos Lácteos Fermentados. **Revista Inst. Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, v. 68, n. 395, p. 49-57, Nov/Dez 2013.
3. BRASIL, Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução n. 19, de 30 de abril de 1999. **Aprova o Regulamento Técnico de Procedimentos para Registro de Alimentos com Alegação de Propriedades Funcionais e/ou de Saúde em sua Rotulagem**. Brasília, 1999.
4. AACC, AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. The definition of dietary fiber. **Cereal Food Word**, v. 46, p.112-126, 2000.
5. CRUZ, A. G.; ALVES, A. T. S.; PRUDÊNCIO, E. S.; ESMERINO, E. A.; SPADOTI, L. M.; SILVA, L. C.; MESSORA, M. R.; ZACARCHENCO, P. B.; PIMENTEL, T. C. **Probióticos e prebióticos (livro eletrônico) - desafios e avanços**. São Paulo: Setembro Editora, 2020, PDF, 372p.
6. GIBSON, R.; HUTKINS, R.; SANDERS, M. E.; PRESCOTT, S. L.; REIMER, A.; SALMINEN, S. J.; *et al.* Expert consensus document: The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of prebiotics. **Nat Rev Gastroenterol Hepatol.**, v. 14, n. 8, p. 491–502, 2017.
7. WGO, World Gastroenterology Organisation, Diretriz Mundial da WGO. **Probióticos e Prebióticos**. 2017, 35p.

8. FORSSTEN, S. D.; SINDELAR, C. W., OUWEHAND, A. C. Probiotics from an industrial perspective. **Anaerobe**, v. 17, p. 410-413, 2011.
9. BULTOSA, G. Functional Foods: Dietary Fibers, Prebiotics, Probiotics, and Synbiotics. **Encyclopedia of Food Grains**. 2016.
10. VARAVALLO, M. A.; THOMÉ, J. N.; TESHIMA, E. Aplicação de Bactérias Probióticas para Profilaxia e Tratamento de Doenças Gastrointestinais. **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**, Londrina, v. 29, n. 1, p. 83-104, Jan/Jun 2008.
11. RENHE, I. R. T. et al. Prebióticos e os benefícios de seu consumo na saúde. **Revista Brasileira de Nutrição Clínica**, São Paulo, v.23, n.2, p.119-126, 2008.
12. KOLIDA, S.; GIBSON, G. R. Synbiotics in Health and Disease. **Annu. Rev. Food Sci. Technol.** v. 2, p. 373-393, 2011.
13. CARABIN, I. G.; FLAMM, W. G. Evaluation of safety of inulin and oligofructose as dietary fiber. **Regul Toxicol Pharmacol.** v. 30, p. 268-82, 1999.
14. HAULY, C. O. M.; MOSCATTO, J. A. INULINA E OLIGOFRUTOSES: uma revisão sobre propriedades funcionais, efeito prebiótico e importância na indústria de alimentos. **Semin Cienc Exatas Technol.**v. 23, n. 1, p. 105-18, 2002.
15. FOOD INGREDIENTS BRASIL. Probióticos, prebióticos e simbióticos. **Revista Food Ingredients Brasil**. São Paulo, n. 17, p. 58-65, 2011.
16. SIRÓ, I.; KÁPOLNA, E.; KÁPOLNA, B. LUGASI, A. Functional food. Product development, marketing and consumer acceptance—a review. **Appetite**. v. 51, n. 3, p. 456-67, 2008.
17. DOMINGUEZ, A. L.; RODRIGUES, R. R.; LIMA, N. M.; TEIXEIRA J. A. An overview of the recent developments on fructooligosaccharide production and applications. **Food and Bioprocess Technology**, v. 7, n.2, p. 324-337, Feb. 2014.
18. BRAGA, H. F.; CONTI-SILVA, A. C. Papaya nectar formulated with prebiotics: Chemical characterization and sensory acceptability. **LWT – Food Science Technology**, v. 62, p. 854-860, 2015.
19. VILLEGAS, B. et al. Optimising acceptability of new prebiotic low-fat milk beverages. **Food Quality and Preference**, v. 21, n. 2, p. 234–242, Mar. 2010.
20. DRABINSKA, N.; ZIELINSKI, H.; KRUPA-KOZAK, U. Technological benefits of inulin-type fructans application in gluten-free products – A review. **Trends in Food Sciences & Technology**, v. 56, p. 149–157, 2016.
21. TÁRREGA, A.; ROCAFULL, A.; COSTELL, E. Effect of blends of short and long chain inulin on the rheological and sensory properties of prebiotic low-fat custards. **LWT - Food Science and Technology**, v. 43, n. 3, p. 556–562, Apr. 2010.

22. SOUZA, F. S.; COCCO, R. R.; SARNI, R. O. S.; MALLOZI, M. C.; SOLE, D. Prebióticos, probióticos e simbióticos na prevenção e tratamento das doenças alérgicas. **Rev Paul Pediatría**, v. 28, n. 1, p. 86-97, 2010.
23. SBD, Sociedade Brasileira de Diabetes. **Alimentos Funcionais na Prevenção de Doenças**. 24 de Outubro de 2014. Disponível em: <https://www.diabetes.org.br/publico/temas-atuais-sbd/924-alimentos-funcionais-na-prevencao-de-doencas#:~:text=Prebi%C3%B3ticos%3A%20pela%20Legisla%C3%A7%C3%A3o%20Brasileira%20s%C3%A3o,de%20bact%C3%A9rias%20Probi%C3%B3ticas%20no%20intestino%2C>. Acesso em: 30 Jan. 2021.
24. ROBERFROID M. Prebiotics: the concept revisited. **J. Nutr.** v. 137, Suppl 2, p. 830S-7S, 2007.
25. CHARALAMPOPOULOS D., RASTALL R. A. Prebiotics in foods. **Curr Opin Biotechnol.** v. 23, n. 2, p. 187-91, 2012.
26. SAAD, S. M. I.; CRUZ, A. G.; FARIA, J. A. F. **Probióticos e Prebióticos em Alimentos: fundamentos e aplicações tecnológicas**. 1 ed. São Paulo: Livraria Varela, 2011, cap. 8, p. 195-222.
27. REIG, A. L. C.; ANESTO, J. B. Prebióticos y probióticos, una relación beneficiosa. **Revista Cubana de Alimentación y Nutrición**. v. 16, n. 1, p. 63-68. 2002.
28. MILLANI, E.; KONSTANTYNER, T.; TADDEI, J. A. A. C. Efeitos da utilização de prebióticos (oligossacarídeos) na saúde da criança. **Rev. paul. pediatr.**, São Paulo, v. 27, n. 4, p. 436-446, 2009.
29. BRASIL. ANVISA. Agência nacional de Vigilância Sanitária. **Lista de alegações de propriedade funcional aprovadas**. 2008. Disponível em http://www.anvisa.gov.br/alimentos/comissoes/tecno_lista_alega.htm. Consulta em 30/01/2021.
30. PEREIRA, A. A. R.; LUSNE, A. P. I. Probióticos e prebióticos na prevenção e tratamentos de doenças. **Revista Brasileira Multidisciplinar - ReBraM**, v. 2, n. 3, 2019.
31. MARTINEZ, R. C. R. **Atualidades em Ciências de Alimentos e Nutrição para Profissionais da Saúde**. São Paulo, Varela, p. 59-103, 2015.
32. SALGADO, J. M. *et al.* Impacto dos alimentos funcionais para a saúde. **Nutrição em Pauta**. São Paulo. n. 48, p. 10-18, 2001.
33. CAPRILES, V. D.; SILVA, K. E. A.; FISBERG, M. Prebióticos, probióticos e simbióticos: uma nova tendência no mercado de alimentos funcionais. **Nutrição Brasil**. Rio de Janeiro. v. 4, n. 6, p. 327-355, 2005.

34. SANTOS, E. F. *et al.* Alimentos Funcionais. **Revista de Pesquisas Biológicas da UNIFEV**. São Paulo, n. 1, p. 13-19, 2006.
35. ROBERFROID, M. *et al.* Prebiotic effects: metabolic and health benefits. **Br J Nutr.** v. 104, Suppl 2, p. S1-63, 2010.
36. BINNS, N. Probiotics, prebiotics and the gut microflora. **ILSI Europe**. p. 1-33, 2013.

Probióticos

João Batista Barbosa

Simone Vilela Talma

Eliane Maurício Furtado Martins

Maurílio Lopes Martins

O termo probiótico provém do grego, que quer dizer “para a vida” e foi primeiramente utilizado por Lilly e Stillwell em 1965¹.

Diversas definições de probióticos já foram publicadas, no entanto, a aceita internacionalmente, segundo a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação e Organização Mundial da Saúde (FAO/WHO), é que eles são microrganismos vivos que, quando administrados em quantidades adequadas, conferem benefícios à saúde do hospedeiro^{2,3}.

Após aproximadamente 12 anos da publicação das diretrizes para os cientistas e para a indústria pela FAO/WHO, um painel de especialistas foi convocado em outubro de 2013 pela Associação Científica Internacional para Probióticos e Prebióticos (ISAPP) para discutir e reexaminar o conceito de probióticos, sendo a definição já publicada pela FAO/WHO², reforçada e entendida como suficiente⁴.

Os probióticos consistem, majoritariamente, de bactérias que favorecem a recolonização e restauração da simbiose da microbiota do trato intestinal, sendo veiculados em alimentos funcionais⁵. Além de serem veiculados em alimentos, o mercado de probióticos abrange também a farmacologia e a cosmetologia⁶.

De acordo com Komatsu, Buriti e Saad⁷, existem alguns critérios para que um microrganismo seja classificado como probiótico para uso em seres humanos, como:

- ser de origem do trato intestinal humano ou serem isolados de fontes alimentares;
- não apresentar patogenicidade;

- resistir aos processos tecnológicos;
- possuir adesão aos tecidos epiteliais;
- persistir no ambiente gastrointestinal;
- ser estável na presença de ácidos, enzimas e sais biliares; entre outros.

As bactérias láticas, particularmente os lactobacilos (predominantes no intestino delgado) e as bifidobactérias (predominantes no intestino grosso)⁸, são conhecidas por resistir à acidez do estômago, aos sais biliares e enzimas pancreáticas, além de aderir à mucosa e colonizar o intestino^{9,10}, sendo, então, consideradas como principais representantes dos probióticos em alimentos e amplamente empregados como ingredientes funcionais^{11,12}.

As bactérias láticas são cocos ou bastonetes Gram-positivos que não apresentam motilidade ou apresentam em raras ocasiões, são fermentadoras de açúcar produzindo ácido lático, ácido acético, etanol e CO₂. São encontradas em diferentes nichos ecológicos como em produtos de laticínios, vegetais, carnes (principalmente *Lactobacillus* e *Pediococcus*), mucosa humana ou animal (basicamente *Streptococcus*) e no trato digestivo (*Streptococcus* e *Lactobacillus*). Além disso, podem apresentar-se como anaeróbios, anaeróbios facultativos ou microaerofílicos e são considerados microrganismos fastidiosos e basicamente sacarolíticos¹³.

De acordo com Settanni e Corsetti¹⁴, as bactérias láticas têm sido empregadas na fabricação de diversos alimentos por contribuírem significativamente para as características sensoriais como sabor, textura e, em muitos casos, para o valor nutricional dos alimentos. Além disso, exercem papel importante na preservação e segurança microbiológica de alimentos fermentados, uma vez que a sua principal função é acidificar os alimentos a um pH de aproximadamente quatro, impedindo a multiplicação de bactérias deterioradoras e patogênicas devido à produção de ácidos orgânicos, majoritariamente, ácido lático. Isso promove um maior tempo de conservação dos alimentos fermentados, comparado aos produtos em que a matéria-prima não foi submetida ao processo de fermentação¹³.

Principais Microrganismos Probióticos

As principais espécies bacterianas probióticas utilizadas em alimentos são *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus reuteri*, *Lactobacillus rhamnosus*, *Bifidobacterium bifidum*, *Bifidobacterium breve*, *Bifidobacterium infantis*,

Bifidobacterium longum e *Enterococcus faecium*⁸. Além destes, outros microrganismos como *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus paracasei*, *Bifidobacterium lactis*, *Bifidobacterium adolescentis*, *Propionibacterium freudenreichii* e *Akkermansia muciniphila* têm sido frequentemente estudados¹⁵.

Destes microrganismos, aqueles dos gêneros *Lactobacillus* e *Bifidobacterium* são os mais usados e comercializados mundialmente^{12,16,17}, por serem provenientes do trato gastrointestinal de indivíduos saudáveis. Esses microrganismos colonizam o intestino, sendo que o íleo terminal e o cólon parecem ser, respectivamente, o local preferido dos lactobacilos e das bifidobactérias¹⁸.

De acordo com Soccol *et al.*¹⁰, existem relatos de espécies de *Bacillus*, como *Bacillus subtilis*, e de leveduras do gênero *Saccharomyces*, como *Saccharomyces cerevisiae* e *Saccharomyces cerevisiae* var. *boulardii* serem utilizadas como probióticas. O potencial probiótico das leveduras tem sido relatado, uma vez que elas são capazes de tolerar o baixo pH e a bile, além de proteger o organismo de infecções bacterianas. Ainda segundo os mesmos autores, o potencial probiótico de diferentes estirpes bacterianas pode diferir apesar de elas pertencerem à mesma espécie. Assim, diferentes estirpes da mesma espécie são sempre únicas e podem ter diferentes áreas de aderência, com sítios específicos, promovendo efeitos imunológicos diferenciados e, conseqüentemente, ações sobre a saúde.

O consumo de probióticos é indicado no tratamento ou na prevenção de infecções gastrointestinais provocadas por vírus e bactérias. No mercado brasileiro esses microrganismos encontram-se nos produtos Probiatop (Invictus), Enterogermina (Sanofi), Tamarine Probiom (Hypera), 20 BI (Momenta), Simbioflora (Invictus), Provance (Aché), Prolive (Aché), Physioflor (Laboratoires IPRAD), Leiba (União Química), Floratil (Merck), Probid (Apsen farmacêutica), entre outros, e estão disponíveis em cápsulas, comprimidos, flaconetes e sachês.

Principais Gêneros de Bactérias Probióticas: *Lactobacillus* e *Bifidobacterium*

Lactobacillus é o principal gênero dentro do grupo das bactérias lácticas¹⁹. São considerados microrganismos de grande importância para a indústria de alimentos, sendo usados em muitas fermentações e, embora seu uso nas indústrias de laticínios seja de particular importância econômica, eles também são essenciais na produção de alimentos não lácteos, como salame e conservas vegetais²⁰.

Para identificação de *Lactobacillus* características fenotípicas como morfologia, coloração de Gram, arranjo, motilidade, catalase, temperatura máxima e mínima de crescimento e fermentação de diferentes tipos carboidratos²¹, são as mais utilizadas.

De acordo com Burity e Saad²², no *Bergey's Manual of Determinate Bacteriology*, o gênero *Lactobacillus* é apresentado como um grupo heterogêneo de bastonetes regulares, Gram-positivos e não esporulados. Possuem morfologia celular variando de bastonetes longos e finos até, algumas vezes, como bastonetes curvados e pequenos, podendo apresentar-se na forma de cocobacilos isolados, aos pares ou formando correntes curtas. Não são formadores de esporos e são catalase negativos²⁰. Gomes e Malcata²³ reportaram que este gênero compreende 56 espécies oficialmente reconhecidas.

Os lactobacilos são anaeróbios facultativos ou microaerófilos e, quando cultivados em meios sólidos, geralmente o crescimento é maior em anaerobiose ou pressão de oxigênio reduzida. Nos meios usuais de crescimento, eles raramente produzem pigmentos que, quando presentes, são amarelados, laranja-ferrugem ou vermelho-tijolo²⁰. Além disso, apresentam temperatura ótima de crescimento entre 35 °C a 40 °C, são acidúricos, com pH ótimo entre 4,5 e 6,4 e a taxa de crescimento é frequentemente reduzida quando o pH atinge 3,6 a 4,0²⁴.

Algumas bactérias lácticas fermentam a glicose predominantemente a ácido láctico, quando realizam a homofermentação, como é o caso de *L. acidophilus*; ou em ácido láctico, CO₂ e etanol e/ou ácido acético no caso da heterofermentação, realizada por *L. rhamnosus* e *L. plantarum*, por exemplo^{10, 20}.

A fermentação pode ser entendida como um processo metabólico que libera energia de um açúcar ou outra molécula orgânica e não requer oxigênio²⁵. De acordo com Ferreira¹³, os microrganismos envolvidos na produção de alimentos atuam parcialmente sobre um ou mais dos componentes básicos presentes no produto, como carboidratos, proteínas e lipídios, mas nunca de forma total. Assim, a degradação destes nutrientes resulta na formação de ácidos orgânicos, etanol e energia, que contribuem para o aumento da vida de prateleira dos produtos.

O segundo gênero de maior importância entre os microrganismos probióticos é *Bifidobacterium*, que é caracterizado por bactérias Gram-positivas que apresentam pleomorfismo nas formas V, Y, palissadas e numa variedade de formas cocoides e alongadas¹⁰. São anaeróbios, não formadores de esporos, não móveis, catalase negativa e são sensíveis a ambientes ácidos com pH abaixo de 5,0. Além disso, metabolizam a glicose com formação de acetato e lactato, sem formação de CO₂. Mais de 35 espécies são incluídas no gênero *Bifidobacterium*, sendo *B. bifidum*, *B. infantis*, *B. longum*, *B. breve* e *B. adolescentis* utilizadas principalmente como probióticos em

alimentos. Bactérias bífidas em níveis elevados estão relacionadas à microbiota intestinal saudável em todas as fases da vida²⁰, principalmente nos recém nascidos¹⁰.

Bifidobacterium é um gênero popular por estimular o sistema imunológico e auxiliar no restabelecimento da microbiota após tratamento com antimicrobianos²⁶.

Segundo Ferreira e Silva⁸, as bifidobactérias não são práticas de serem empregadas como probióticos em alimentos, uma vez que são difíceis de serem isoladas e manipuladas por exigirem condições de anaerobiose e serem intolerantes a ambientes ácidos, o que dificulta sua utilização em produtos lácteos fermentados, carreadores de bactérias probióticas. Assim, a melhor estratégia para o aumento do número desse grupo microbiano no cólon é o consumo de prebióticos ou de alimentos simbióticos, que, além de um microrganismo probiótico, fornecem fibras prebióticas que estimularão as bifidobactérias já presentes no cólon.

Nova Nomenclatura do Gênero *Lactobacillus*

Um estudo publicado em abril de 2020 por Zheng et al.²⁷ criou novos gêneros e alterou a nomenclatura de muitas espécies de probióticos já conhecidos. Até março de 2020, 261 espécies com diferentes fenótipos, genótipos e ecologia fazem parte do gênero *Lactobacillus*.

O estudo do genoma de cada espécie de *Lactobacillus* contou com a participação de cientistas de diferentes países e instituições, sendo proposto segundo Zheng et al.²⁷ que as espécies do gênero *Lactobacillus* se estendam por 25 gêneros, incluindo aqueles adaptados ao organismo do hospedeiro, divulgados como do grupo *L. delbrueckii* e *Paralactobacillus* além de 23 novos gêneros: *Acetilactobacillus*, *Agrilactobacillus*, *Amylolactobacillus*, *Apilactobacillus*, *Bombilactobacillus*, *Companilactobacillus*, *Dellaglioia*, *Fructilactobacillus*, *Furfurilactobacillus*, *Holzapfelia*, *Lacticaseibacillus*, *Lactiplantibacillus*, *Lapidilactobacillus*, *Latilactobacillus*, *Lentilactobacillus*, *Levilactobacillus*, *Ligilactobacillus*, *Limosilactobacillus*, *Liquorilactobacillus*, *Loigolactobacillus*, *Paucilactobacillus*, *Schleiferilactobacillus* e *Secundilactobacillus*.

A Associação Científica Internacional para Probióticos e Prebióticos (ISAPP) afirmou que, embora os nomes dos gêneros tenham sido alterados em alguns casos, as partes que indicam as espécies não foram alteradas²⁸, como pode-se observar para os probióticos mais consumidos (Tabela 7).

Avaliando a nova abordagem, verifica-se também que os novos gêneros começam com a letra “L”, podendo a abreviação “L.” adicionada ao nome da espécie ser usada.

Tabela 7 - Nomenclatura das principais e mais consumidas espécies de *Lactobacillus* probióticos.

Nomenclatura usada anteriormente	Nova nomenclatura
<i>Lactobacillus casei</i>	<i>Lacticaseibacillus casei</i>
<i>Lactobacillus paracasei</i>	<i>Lacticaseibacillus paracasei</i>
<i>Lactobacillus rhamnosus</i>	<i>Lacticaseibacillus rhamnosus</i>
<i>Lactobacillus plantarum</i>	<i>Lactiplantibacillus plantarum</i>
<i>Lactobacillus brevis</i>	<i>Levilactobacillus brevis</i>
<i>Lactobacillus salivarius</i>	<i>Ligilactobacillus salivarius</i>
<i>Lactobacillus fermentum</i>	<i>Limosilactobacillus fermentum</i>
<i>Lactobacillus reuteri</i>	<i>Limosilactobacillus reuteri</i>
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	Sem alteração
<i>Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus</i> (<i>Lactobacillus bulgaricus</i>)	Sem alteração
<i>Lactobacillus crispatus</i>	Sem alteração
<i>Lactobacillus gasseri</i>	Sem alteração
<i>Lactobacillus johnsonii</i>	Sem alteração
<i>Lactobacillus helveticus</i>	Sem alteração

Fonte: Zheng et al.²⁷, com adaptações.

As bactérias do gênero *Bifidobacterium* ainda não sofreram alteração de nomenclatura, embora também sejam esperadas, segundo a ISAPP.

Benefícios do Consumo de Bactérias Probióticas para a Saúde Humana

O interesse pelos probióticos vem crescendo ano após ano, uma vez que os consumidores estão preocupados com a relação entre dieta, saúde intestinal e uma melhor qualidade de vida. Para Vandenplas, Huys e Daube²⁹, apesar do equilíbrio

no microbioma estar relacionado à saúde, o desequilíbrio está relacionado a vários problemas intestinais, como diarreia e doença inflamatória intestinal, e além do trato gastrointestinal, como obesidade, alergia dentre várias outras patologias e alterações metabólicas. Alterações negativas na microbiota intestinal acarretam desequilíbrio entre bactérias desejáveis (protetoras) e patogênicas, alteração essa conhecida como disbiose³⁰.

Dessa forma, manter uma dieta saudável regularmente contribui para o equilíbrio da microbiota intestinal, sendo que o consumo de produtos probióticos pode favorecer esse equilíbrio.

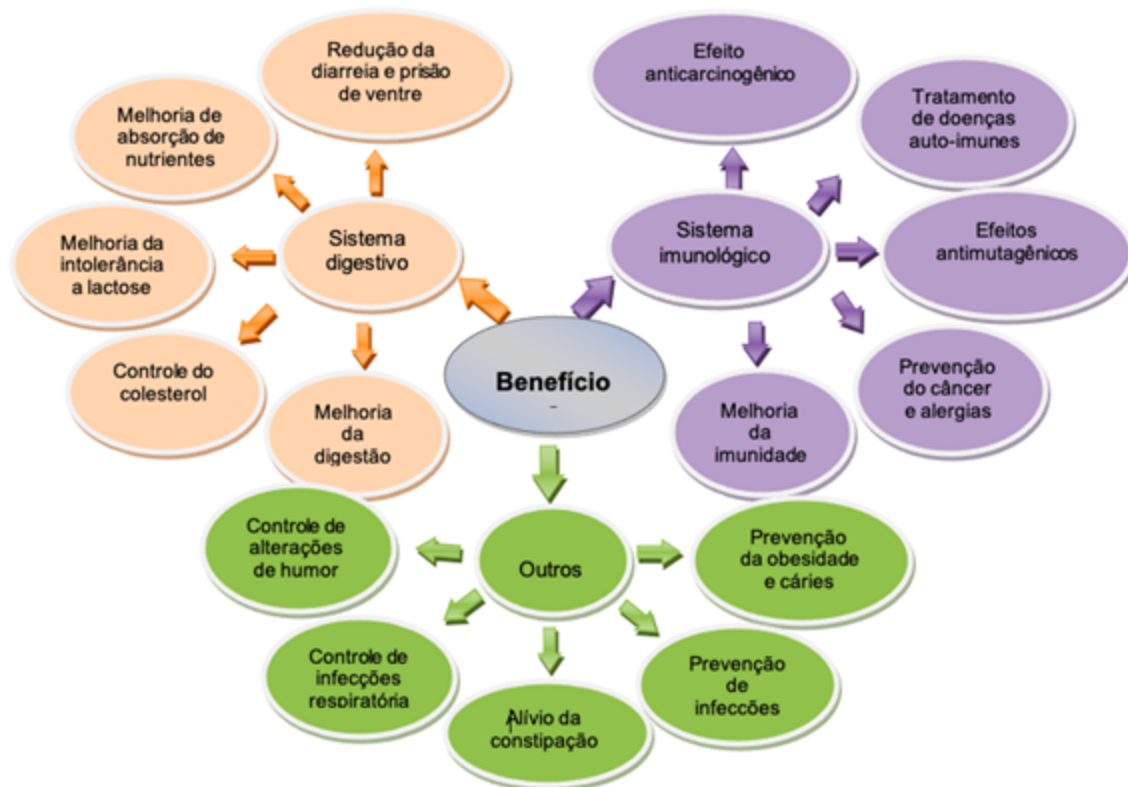
O número de estudos e publicações sobre os probióticos aumentou expressivamente nos últimos anos em função do interesse dos pesquisadores estimulados pelos benefícios promovidos por estes microrganismos, atribuídos à saúde, além da demanda dos consumidores por produtos funcionais ^{12, 31, 32}.

O uso de probióticos pode visar várias partes do corpo como boca, trato gastrointestinal, trato respiratório, trato urinário, pele, vagina, sendo que sua aplicação também pode atingir grupos específicos da população, desde pessoas saudáveis, crianças, gestantes, idosos, até indivíduos doentes e imunocomprometidos, entre outros²⁹.

Muitos são os benefícios à saúde atribuídos à ingestão desses microrganismos, tais como melhora da microbiota intestinal; estabilização da microbiota intestinal, após o uso de antibióticos¹⁰; promoção da resistência gastrointestinal à colonização por patógenos³³; competição por nutrientes; competição por sítios de adesão; promoção da digestão da lactose em indivíduos intolerantes a esse carboidrato; estimulação do sistema imune; alívio da constipação e aumento da absorção de certos nutrientes, como proteínas, minerais e ácidos graxos de cadeia curta^{8, 34}, entre outros.

Na Figura 1 estão apresentados os benefícios do consumo de microrganismos probióticos disponíveis na literatura.

Figura 1 - Benefícios do consumo de probióticos relatados cientificamente.



Fonte: Gueimonde e Salminen³⁵; Tripathi e Giri³⁶; Salminen, Kneifel e Ouwehand³⁷; Panghal et al.³⁸ com adaptações.

De acordo com Zychar e Oliveira³⁹, o problema de intolerância à lactose abrange, aproximadamente, 70% da população mundial. Algumas estirpes de bactérias lácticas, como *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus bulgaricus* e outras do gênero *Lactobacillus* presentes em produtos lácteos fermentados podem colaborar na digestão da lactose em indivíduos intolerantes a esse dissacarídeo, reduzindo a constipação e a diarreia infantil, uma vez que quando estas bactérias são lisadas por secreções biliares, a lactase liberada no lúmen intestinal age sobre a lactose ingerida, aliviando sintomas de má digestão que pode haver em decorrência da presença desse carboidrato. Assim, o consumo desses produtos pode ser uma boa forma de incorporar produtos lácteos e seus nutrientes à dieta de indivíduos com intolerância à lactose⁷. Além disso, os produtos lácteos fermentados apresentam redução do teor de lactose em decorrência da ação da enzima lactase produzida pelas bactérias lácticas.

Outros efeitos atribuídos às culturas probióticas são a redução do risco de câncer de cólon e de doença cardiovascular. Sugere-se também, o abaixamento das concentrações de colesterol plasmático e efeitos anti-hipertensivos^{40, 41}.

As doenças infecciosas ainda são o maior problema de saúde pública a ser resolvido no mundo. Infecções intestinais causadas pela ingestão de microrganismos

patogênicos presentes em água contaminada e alimentos são uma das maiores causas de morte. Diante dessas circunstâncias, o consumo de probióticos pode auxiliar o problema de infecções alimentares, como vem sendo relatado em alguns estudos^{10, 41}, uma vez que estes microrganismos competem com bactérias patogênicas por sítios de adesão, evitando a colonização por estirpes de *E. coli* e *Salmonella sp.*^{42, 43}.

Segundo Komatsu, Buriti e Saad⁷, os probióticos devem ser consumidos frequentemente, quando se deseja garantir um efeito continuado no organismo humano, entretanto, não existe uma legislação internacional que estabeleça um padrão de consumo para os alimentos com alegações probióticas⁴⁴, não havendo na literatura um consenso sobre a quantidade mínima de microrganismos probióticos a ser ingerida para garantir sua funcionalidade. Esta necessidade de padronização foi discutida por Martins *et al.*⁴⁵, que relatam não haver um consenso entre os pesquisadores quanto à ingesta mínima de microrganismos probióticos.

Enquanto alguns pesquisadores recomendam que o produto deve conter no mínimo 10^6 a 10^7 UFC.g⁻¹ de probióticos^{46, 47}, outros sugerem maiores concentrações. Segundo Prado *et al.*⁴⁸, quando se deseja garantir um efeito benéfico contínuo no organismo, os probióticos devem ser ingeridos regularmente em altos números, geralmente mais de 10^9 unidades formadoras de colônias (UFC) por dose.

Alterações desejáveis na composição dos microrganismos intestinais, capazes de assegurar a manutenção das concentrações fisiologicamente ativas (quantidade intestinal de 10^6 a 10^7 UFC.g⁻¹) *in vivo*, foram constatadas com doses de 100 g de produto contendo 10^8 a 10^9 unidades formadoras de colônias (UFC) de probióticos (10^6 a 10^7 UFC.g⁻¹ de bioproduto)⁴⁹. Para Shah²⁴, 10^8 UFC.g⁻¹ deve ser ingerido com o objetivo de compensar possíveis reduções do número destes microrganismos durante a passagem pelo trato gastrointestinal.

Com base na recomendação brasileira para alimentos probióticos da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), devem ser ingeridos no mínimo de 10^8 a 10^9 UFC.dia⁻¹ de microrganismos vivos na porção diária do produto⁵⁰, para se obter os efeitos funcionais.

Como o objetivo do consumo de produtos probióticos é obter uma microbiota intestinal equilibrada, a qual, por sua vez, terá um impacto positivo sobre a saúde do hospedeiro, uma correta seleção de estirpes deve ser conduzida para o processamento de alimentos probióticos⁸. Essa seleção objetiva manter a sobrevivência desses microrganismos pelo trato gastrointestinal, após a conservação de sua viabilidade no próprio produto-alvo, durante sua elaboração e armazenamento, bem como atribuir características tecnológicas adequadas a esse produto⁷.

Mecanismos de Ação dos Microrganismos Probióticos

Os probióticos interferem no ambiente intestinal, impulsionando os mecanismos imunológicos da mucosa, interagindo com microrganismos comensais ou potencialmente patogênicos, gerando ácidos graxos de cadeia curta e se comunicando com as células do hospedeiro por meio de sinais químicos⁵¹.

Três possíveis mecanismos de ação são vinculados aos probióticos:

- 1) a supressão do número de células viáveis por meio da produção de compostos com atividade antimicrobiana, a competição por nutrientes e a competição por sítios de adesão;
- 2) a alteração do metabolismo microbiano, por meio do aumento ou da diminuição da atividade enzimática;
- 3) o estímulo da imunidade do hospedeiro, por meio do aumento dos níveis de anticorpos e o aumento da atividade dos macrófagos³⁴.

Para Ng *et al.*⁵², os microrganismos probióticos também apresentam três principais mecanismos de ação (Tabela 8).

Tabela 8 - Mecanismo de ação dos probióticos.

Atividade antimicrobiana
Redução do pH do lúmen
Secreção de peptídeos antimicrobianos
Inibição da invasão bacteriana
Bloqueio da adesão bacteriana às células intestinais
Aumento da função de barreira
Aumento da produção de muco
Aumento da integridade da barreira
Imunomodulação
Efeito sobre as células epiteliais
Efeito sobre as células dendríticas
Efeito sobre monócitos e macrófagos
Efeito sobre os linfócitos: B linfócitos, células NK e células T

Fonte: Adaptado de Ng *et al.*⁵².

O primeiro mecanismo está relacionado à atividade antimicrobiana, seguido pelo aprimoramento da função de barreira/alteração do metabolismo microbiano e imunomodulação.

Simbióticos

Segundo Gonzalez, Adhikari e Sancho-Madriz⁵³, o termo simbiótico se refere à sinergia, sendo o produto, resultante da combinação de bactérias probióticas e ingredientes prebióticos. A interação entre o probiótico e o prebiótico *in vivo* pode ser melhorada por uma adaptação do probiótico ao substrato prebiótico previamente ao consumo⁵⁴. Isto pode resultar, em alguns casos, numa vantagem competitiva para o probiótico, caso ele seja consumido junto do prebiótico³⁴.

Dessa forma, tanto um produto contendo oligofrutose e bifidobactérias combinados quanto outro elaborado com oligofrutose e *Lactobacillus casei*, por exemplo, podem ser considerados simbióticos⁵⁵.

Produtos simbióticos de origem láctea já existem no mercado e estudos como o de Röble et al.⁵⁶ elaboraram maçãs minimamente processadas simbióticas, contendo ingredientes probiótico (*Lactobacillus rhamnosus* GG) e prebiótico (oligofrutose e inulina) e consideraram uma boa alternativa aos produtos lácteos disponíveis, uma vez que, após 14 dias de estocagem a 2 °C e 4 °C, a maçã continha entre 10⁷ a 10⁸ UFC.g⁻¹ da cultura probiótica. Todas as amostras simbióticas avaliadas neste estudo foram consideradas prebióticas ao longo dos 14 dias de armazenamento.

Produtos simbióticos são encontrados no mercado brasileiro, tais como Fiber Mais Flora (Nestle®), Atillus Caps (Myralis Pharma), Simbiotil (FQM), Qualipro (Bio World), LactoFos (FQM), Lactivos (Moryba), etc., sendo encontrados em cápsulas e sachês (com e sem sabor).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. LILLY, D.M., STILLWELL, R.H. Probiotics: growth promoting factors produced by microorganisms. **Science**, v.147, p. 747-748, 1965.
2. FAO/WHO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF UNITED NATIONS / WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Evaluation of Health and Nutritional Properties of**

Probiotics in Food including Powder Milk with Live Lactic Acid Bacteria. Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation, Córdoba, Argentina, 2001.

3. SANDERS, M. E. Probiotics: considerations for human health. **Nutrition Review**, v. 61, n. 3, p. 91-99, 2003.

4. HILL, C.; GUARNER, F.; REID, G.; GIBSON, G. R.; MERENSTEIN, D. J.; POT, B.; MORELLI, L.; CANANI, R. B.; FLINT, H. J.; SALMINEN, S.; CALDER, P. C.; SANDERS, M. E. Expert consensus document. The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic. **Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology**, v. 11, p. 506–514, 2014.

5. CHAUHAN, S. V.; CHORAWALA, M. R. Probiotics, prebiotics and synbiotics. **International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research**, v. 3, n. 3, p. 711-726, 2012.

6. EUSSEN, S. R. B. M.; VERHAGEN, H.; KLUNGEL, O. H.; GARSSSEN, J.; LOVEREN, H. van; KRANEN, H. J. van; ROMPELBERG, C. J. M. Functional foods and dietary supplements: Products at the interface between pharma and nutrition. **European Journal of Pharmacology**, v. 668, p. S2-S9, 2011.

7. KOMATSU, T.R.; BURITI, F.C. A.; SAAD, S.M.I. Inovação, persistência e criatividade superando barreiras no desenvolvimento de alimentos probióticos. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 44, n. 3, jul./set. 2008.

8. FERREIRA, C. L. L. F.; SILVA, A.C. Probióticos e Prebióticos na Saúde da Criança. In: COSTA, N.M.B.; ROSA, C.O.B. (ed.). **Alimentos Funcionais – componentes bioativos e efeitos fisiológicos**. Rio de Janeiro: Rubio, 2010. Cap. 6, p. 97-110.

9. FIORAMONTI, J.; THEODOROU, V.; BUENO, L. Probiotics: What are they? What are their effects on gut physiology? **Best Practice & Research Clinical Gastroenterology**, v. 17, p. 711-724, 2003.

10. SOCCOL, C.R.; VANDENBERGHE, L.P.S.; SPIER, M.R.; MEDEIROS, A.B.P.; YAMAGUISHI, C.T.; LINDNER, J.D.; PANDEY, A.; SOCCOL, V.T. The Potential of Probiotics. **Food Technology Biotechnology**, v. 48, p. 413–434, 2010.

11. RODGERS, S. Novel applications of live bacteria in food services: probiotics and protective cultures. **Trends in Food Science & Technology**, v. 19, p. 188–197, 2008.

12. SAAD, S.M.I.; KOMATSU, T.R.; GRANATO, D.; BRANCO, G.F.; BURITI, F.C.A. Probióticos e Prebióticos em Alimentos: Aspectos Tecnológicos, Legislação e Segurança no Uso. In: SAAD, S.M.I.; CRUZ, A.G.; FARIA, J.A.F. (ed.). **Probióticos e Prebióticos em Alimentos: fundamentos e aplicações tecnológicas**. São Paulo: Varela, 2011. Cap. 1, p. 23-49.

13. FERREIRA, C. L. L. F. **Produtos lácteos fermentados: aspectos bioquímicos e tecnológicos**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2008. 112p.
14. SETTANNI, L.; CORSETTI, A. Application of bacteriocins in vegetable food biopreservation. **International Journal of Food Microbiology**, v. 121, p. 123–138, 2008.
15. MORAIS, M.B.; JACOB, C.M.A. O papel dos probióticos e prebióticos na prática pediátrica. **Jornal de Pediatria**, v. 82, n. 5, 2006.
16. SAULNIER, D.M.A.; SPINLER, J.K.; GIBSON, G.R.; VERSALOVIC, J. Mechanisms of probiosis and prebiosis: considerations for enhanced functional foods. **Current Opinion in Biotechnology**, v. 20, p.135–141, 2009.
17. CHAMPAGNE, C.P.; ROSS, R.P.; SAARELA, M.; HANSEN, K.F.; CHARALAMPOPOULOS, D. Recommendations for the viability assessment of probiotics as concentrated cultures and in food matrices. **International Journal of Food Microbiology**, v. 149, p. 185–193, 2011.
18. BIELECKA, M.; BIEDRZYCKA, E.; MAJKOWSKA, A. Selection of probiotics and prebiotics for synbiotics and confirmation of their in vivo effectiveness. **Food Research International**, Amsterdam, v. 35, n.2/3, p. 125-131, 2002.
19. ANGELIS, M.; GOBBETTI, M. Lactic Acid Bacteria/Lactobacillus spp.: General Characteristics. **Encyclopedia of Dairy Sciences**, p. 78-90, 2011.
20. FERREIRA, C. L. L. F. Grupo de Bactérias Lácticas – Caracterização e Aplicação Tecnológica de Bactérias Probióticas. In: **Prebióticos e Probióticos: Atualização e Prospecção**. Viçosa: UFV, p. 07-33, 2003.
21. BOTELHO, L. **Isolamento e identificação de lactobacilos e bifidobacterias em alimentos probióticos disponíveis no mercado brasileiro**. 2005. 166f. Tese (Doutorado em Alimentos e Nutrição). Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Campinas, 2005.
22. BURITY, F.C.A.; SAAD, S.M.I. Bactérias do grupo *Lactobacillus casei*: caracterização, viabilidade como probióticos em alimentos e sua importância para a saúde humana. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, v. 57, p. 373-380, 2007.
23. GOMES, A. M. P.; MALCATA, F. X. Agentes probióticos em alimentos: aspectos fisiológicos e terapêuticos, e aplicações tecnológicas. **Biotechnologia Alimentar: Boletim de Tecnologia**, v. 101, p. 12–22. 2002.
24. SHAH, N.P. Functional cultures and health benefits. **International Dairy Journal**, v. 17, p. 1262-1277, 2007.
25. TORTORA, G.J., FUNKE, B.R.; CASE, C.L. **Microbiologia**. 8. ed. Porto Alegre: Artmed. 2007. 894p.

26. STÜRMER, E. S.; CASASOLA, S.; GALL, M. C.; GALL, M. C. A importância dos probióticos na microbiota intestinal humana. **Revista Brasileira de Nutrição Clínica**, v. 27, p. 264-272, 2012.
27. ZHENG, J.; WITTOUCK, S.; SALVETTI, E.; FRANZ, C. M.A.P.; HARRIS, H.M.B.; MATTARELLI, P.; O'TOOLE, P. W.; POT, B.; VANDAMME, P.; WALTER, J.; WATANABE, K.; WUYTS, S.; FELIS, G.E.; GÄNZLE, M.G.; LEBEER, S. A taxonomic note on the genus *Lactobacillus*: Description of 23 novel genera, emended description of the genus *Lactobacillus* Beijerinck 1901, and union of *Lactobacillaceae* and *Leuconostocaceae*. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**, v.70, p. 2782–2858, 2020.
28. SANDERS, M.E.; LEBEER, S. New names for important probiotic *Lactobacillus* species. In: **ISAPP Science Blog**, News. 2020. Disponível em <https://isappscience.org/new-names-for-important-probiotic-lactobacillus-species/>. Acesso em 02 dez. 2020.
29. VANDENPLAS, Y.; HUYS, G.; DAUBE, G. Probiotics: an update. **Jornal de Pediatria**, v. 91, p. 6-21, 2015.
30. CHAN, Y. K.; ESTAKI, M.; GIBSON, D.L. Clinical Consequences of Diet Induced Dysbiosis. **Annals of Nutrition and Metabolism**, v. 63, suppl. 2, p. 28-40, 2013.
31. WINTER, J. Probiotics: the potential of billions. 2008. Disponível em: <http://newhope360.com/probiotics-potential-billions>. Acesso em: 06 ago. 2020.
32. SANDERS, M.E.; BENSON, A.; LEBEER, S.; MERENSTEIN, D.J.; KLAENHAMMER, T. R. Shared mechanisms among probiotic taxa: implications for general probiotic claims. **Current Opinion in Biotechnology**, v.49, p. 207–216, 2018.
33. ZHANG, Y.; ZHANG, L.; DU, M.; YI, H.; GUO, C.; TUO, Y.; HAN, X.; LI, J.; ZHANG, L.; YANG, L. Antimicrobial activity against *Shigella sonnei* and probiotic properties of wild lactobacilli from fermented food. **Microbiological Research**, v. 167, p. 27– 31, 2011.
34. SAAD, S.M.I.; BEDANI, R.; MAMIZUKA, E.M. Benefícios à Saude dos Probióticos e Prebióticos. In: SAAD, S.M.I.; CRUZ, A.G.; FARIA, J.A.F. (ed.). **Probióticos e Prebióticos em Alimentos: fundamentos e aplicações tecnológicas**. São Paulo: Varela, 2011. Cap. 2, p. 51-84.
35. GUEIMONDE, M.; SALMINEN, S. Microbiota of the Intestine: Probiotics. **Encyclopedia of Human Nutrition**, Third Edition, p.175-181, 2013.
36. TRIPATHI, M. K.; GIRI, S. K. Probiotic functional foods: Survival of probiotics during processing and storage. **Journal of Functional Foods**, v. 9, p. 225-241, 2014.
37. SALMINEN, S.; KNEIFEL, W.; OUWEHAND, A. C. Probiotics: Application of Probiotics in Dairy Products: Established and Potential Benefits. **Reference Module in Food Science**, 2015.

38. PANGHAL, A.; JANGHU, S.; VIRKAR, K.; GAT, Y.; KUMAR, V.; CHHIKARA, N. Potential non-dairy probiotic products – A healthy approach. **Food Bioscience**, v.21, p. 80-89, 2018.
39. ZYCHAR, B.C.; OLIVEIRA, B.A. Fatores desencadeantes da intolerância à lactose: metabolismo enzimático, diagnóstico e tratamento. **Atas de Ciências da Saúde**, São Paulo, v.5, p. 35-46, 2017.
40. ISOLAURI, E.; SALMINEN, S.; OUWEHAND, A.C. Probiotics. **Best Practice & Research Clinical Gastroenterology**, v. 18, p. 299–313, 2004.
41. SINGH, K.; KALLALI, B.; KUMAR, A.; THAKER, V. Probiotics: A review. **Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine**, p. S287-S290, 2011.
42. SHERMAN, P.M.; JOHNSON-HENRY, K.C.; YEUNG, H.P.; NGO, P.S.C.; GOULET, J.; TOMPKINS, T.A. Probiotics reduce enterohemorrhagic *Escherichia coli* O157:H7 and enteropathogenic *E.coli* O127:H6 induced changes in polarized T84 epithelial cell monolayers by reducing bacterial adhesion and cyto-skeletal rearrangements. **Infection and Immunity**, v. 73, p. 5183-5188, 2005.
43. LIN, C.K.; TSAI, H.C.; LIN, P.P.; TSEN, H.Y.; TSAI, C.C. *Lactobacillus acidophilus* LAP5 able to inhibit the *Salmonella choleraesuis* invasion to the human Caco-2 epithelial cell. **Anaerobe**, v. 14, p. 251-255, 2008.
44. FOLIGNÉ, B.; DANIEL, C.; POT, B. Probiotics from research to market: the possibilities, risks and challenges. **Current Opinion in Microbiology**, v. 16, p. 284-292, 2013.
45. MARTINS, E. M. F.; RAMOS, A. M.; VANZELA, E. S. L.; STRINGHETA, P. C.; PINTO, C. L. O.; MARTINS, J. M. Products of vegetable origin: A new alternative for the consumption of probiotic bacteria. **Food Research International**, v. 51, p. 764–770, 2013.
46. DAVE, R. I.; SHAH, N. P. Viability of yoghurt and probiotic bacteria in yoghurts made from commercial starters cultures. **International Dairy Journal**, v. 7, p. 31-41, 1997.
47. VINDEROLA, C.G.; REINHEIMER, J.A. Enumeration of *Lactobacillus casei* in the presence of *L. acidophilus*, bifidobacteria and lactic starter bacteria in fermented dairy products. **International Dairy Journal**, v. 10, p. 271-275, 2000.
48. PRADO, F.C.; PARADA, J.L.; PANDEY, A.; SOCCOL, C.R. Trends in non-dairy probiotic beverages. **Food Research International**, v. 41, p. 111–123, 2008.
49. SHAH, N.P. Probiotic bacteria: selective enumeration and survival in dairy foods. **Journal Dairy Science**, 83, 894-907, 2000.

50. BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Alimentos com Alegações de Propriedades Funcionais e ou de Saúde, Novos Alimentos/Ingredientes, Substâncias Bioativas e Probióticos**. IX Lista de alegações de propriedade funcional aprovadas – Atualizada em julho/2008. Disponível em: http://www.anvisa.gov.br/alimentos/comissoes/tecno_lista_alega.htm. Acesso em: 16 dez. 2020.
51. DIRETRIZES MUNDIAIS DA ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE GASTROENTEROLOGIA. **Probióticos e prebióticos**. 2017. Disponível em <https://www.worldgastroenterology.org/UserFiles/file/guidelines/probiotics-and-prebiotics-portuguese-2017.pdf>. Acesso em 15 dez. 2020.
52. NG, S.C.; HART, A.L.; Kamm, M.A.; Stagg, A.J.; Knight, S.C. Mechanisms of Action of Probiotics: Recent Advances. **Inflammatory Bowel Disease**, v. 15, 2009.
53. GONZALEZ, N.J.; ADHIKARI, K.; SANCHÓ-MADRIZ, M.F. Sensory characteristics of peach-flavored yogurt drinks containing prebiotics and synbiotics. **LWT-Food Science and Technology**, v. 44, p. 158-163, 2011.
54. MONDRAGÓN-BERNAL, O.L.; RODRIGUES, M.I.; BOLINI, H.M.A.; FILHO, F.M. Desenvolvimento e Avaliação Sensorial de um Produto Simbiótico. In: SAAD, S.M.I.; CRUZ, A.G.; FARIA, J.A.F. (ed.). **Probióticos e Prebióticos em Alimentos: fundamentos e aplicações tecnológicas**. São Paulo: Varela, 2011. p.649-669.
55. SCHREZENMEIR, J.; VRESE, M. Probiotics, prebiotics and synbiotics – approaching a definition. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 73, 361S-364S, 2001.
56. RÖBLE, C.; BRUNTON, N.; GORMLEY, R.T.; ROSS, P.R.; BUTLER, F. Development of potentially symbiotic fresh-cut apple slices. **Journal of Functional Foods**, v. 2, p. 245-254, 2010.

SOBRE OS AUTORES

Organizadores:

Clara dos Reis Nunes

Bacharel em Nutrição (UniRedentor). Licenciada em Biologia (UENF). Especialista em Análises Clínicas e Gestão de Laboratórios (FMC). Mestre e Doutora em Produção Vegetal/Tecnologia em Alimentos (UENF). Docente do Centro Universitário Redentor Campos dos Goytacazes (Uni-Redentor). Docente da Faculdade Metropolitana São Carlos em Bom Jesus do Itabapoana (FA-MESC).

João Batista Barbosa

Tecnólogo em Laticínios (IF Sudeste MG Campus, Rio Pomba). Mestre e Doutor em Produção Vegetal/Tecnologia em Alimentos (UENF). Docente na área de Alimentos/Laticínios do Instituto Federal de Sergipe (IFS, Campus Glória).

Simone Vilela Talma

Tecnóloga em Laticínios (IF Sudeste MG Campus, Rio Pomba). Mestre e Doutora em Produção Vegetal/Tecnologia em Alimentos (UENF). Docente na área de Alimentos/Laticínios do Instituto Federal de Sergipe (IFS, Campus Glória).

Colaboradores:

Silvia Menezes de Faria Pereira

Bacharel em Química (UFRJ). Mestre em Produção Vegetal (UENF). Doutora em Engenharia e Ciência dos Materiais (UENF). Docente do curso de Farmácia da Faculdade de Medicina de Campos – RJ (FMC). Técnica de Nível Superior no Laboratório de Tecnologia de Alimentos (UENF).

Eliane Maurício Furtado Martins

Bacharel em Economia Doméstica (UFV). Mestre em Microbiologia Agrícola (UFV). Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos (UFV). Docente do Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos do Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais (DCTA - IF Sudeste Campus Rio Pomba).

Maurilio Lopes Martins

Tecnólogo em Laticínios (UFV). Bacharel em Tecnologia de Laticínios (UFV). Mestre e Doutor em Microbiologia Agrícola (UFV). Docente do Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos do Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais (DCTA - IF Sudeste Campus Rio Pomba).

Larissa Leandro da Cruz

Bacharel em Nutrição (UFOP). Especialista em Nutrição Clínica Funcional (UCZ/ VP Divisão de Ensino e Pesquisa, SP). Mestre em Saúde e Nutrição (UFOP). Doutora em Produção Vegetal/ Tecnologia em Alimentos (UENF).

Carluzi de Souza Gomes

Bacharel em Nutrição (UniRedentor).

